

Stadt Zürich

Netto-Null Treibhausgasemissionen Stadt Zürich

Grundlagenbericht
Zürich, 15. September 2020

Donald Sigrist, Rolf Iten, Stefan Kessler, Markus Maibach, Martin Peter, Damaris Bertschmann, Felix Weber, Stephan Hammer, Lena Windler (INFRAS)
Mireille Faist, Simon Gmünder, Corinne Schlierenzauer, Barbara Spiegel (Quantis)

Impressum

Grundlagenbericht

Zürich, 15. September 2020

SNN_Grundlagenbericht_200916.docx

Auftraggeberin

Stadt Zürich

Steuerungsgruppe

Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ): Rahel Gessler, Rainer Zah, Jonas Fricker (Projektleiter)

Energiebeauftragte Stadt Zürich: Silvia Banfi Frost

AWEL Kanton Zürich, Abteilung Luft: Nathalie Hutter, Niels Holthausen

Autorinnen und Autoren

Donald Sigrist, Rolf Iten, Stefan Kessler, Markus Maibach, Martin Peter, Damaris Bertschmann, Felix Weber, Stephan Hammer, Lena Windler (INFRAS)

Mireille Faist, Simon Gmünder, Corinne Schlierenzauer, Barbara Spiegel (Quantis)

INFRAS, Binzstrasse 23, 8045 Zürich, infras.ch

Quantis, Badenerstrasse 141, 8004 Zürich, quantis-intl.com

Danksagung

Wir danken herzlich den zahlreichen Vertreterinnen und Vertreter der Dienstabteilungen der Stadt, die die Erarbeitung des Grundlagenberichts auf vielfältige und konstruktive Weise unterstützt haben, insbesondere als Grundlagen- und DatenlieferantInnen, InterviewpartnerInnen, sowie TeilnehmerInnen an zwei grossen Workshops. Zudem haben wir viele Feedbacks zu Entwurfsversionen dieses Berichts erhalten, die zur Verbesserung der Qualität dieses Grundlagenberichts führten.

Für den Inhalt sind allein die Autorinnen und Autoren verantwortlich.

Inhalt

Impressum	2
Inhalt	3
Zusammenfassung	6
1. Einleitung	22
1.1. Ausgangslage	22
1.2. Ziele und Fragestellungen	24
2. Methodik	30
2.1. Systemgrenzen	30
2.2. Gliederung in Themenbereiche	34
2.3. Generische Wirkungsmodelle	35
2.4. Referenzentwicklung	40
2.5. Netto-Null-Szenarien	42
3. Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung	48
3.1. Einleitung	48
3.2. Referenzentwicklung für die energiebedingten Emissionen	49
3.3. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Zielbild	55
3.4. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: städtische Politikmassnahmen	60
3.5. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Auswirkungen	64
3.6. Szenarien «SNN 2030/2040 – energiebedingte Emissionen»	78
3.7. Szenario «SNN 2050 PLUS – Gesamtemissionen»	87
4. Personen- und Güterverkehr	99
4.1. Einleitung	99
4.2. Referenzentwicklung für die energiebedingten Emissionen	100
4.3. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Zielbild	105
4.4. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: städtische Politikmassnahmen	109
4.5. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Auswirkungen	117
4.6. Szenarien «SNN 2030/2040 – energiebedingte Emissionen»	127
4.7. Szenario «SNN 2050 PLUS – Gesamtemissionen»	129

5.	Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen, F-Gase – Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet	136
5.1.	Einleitung	136
5.2.	Referenzentwicklung	138
5.3.	Zielbild	139
5.4.	Handlungs- und Politikmassnahmenansätze	140
5.5.	Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen	142
6.	Luftverkehr	143
6.1.	Einleitung	143
6.2.	Referenzentwicklung	144
6.3.	Zielbild	146
6.4.	Handlungs- und Politikmassnahmenansätze	147
6.5.	Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen	150
7.	Entsorgung	152
7.1.	Einleitung	152
7.2.	Referenzentwicklung	153
7.3.	Zielbild	154
7.4.	Handlungs- und Politikmassnahmenansätze	156
7.5.	Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen	158
8.	Ernährung	159
8.1.	Einleitung	159
8.2.	Referenzentwicklung	161
8.3.	Zielbild	165
8.4.	Handlungs- und Politikmassnahmenansätze	166
8.5.	Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen	171
9.	Übrige Konsumbereiche	174
9.1.	Einleitung	174
9.2.	Referenzentwicklung	176
9.3.	Zielbild	181
9.4.	Handlungs- und Politikmassnahmenansätze	183
9.5.	Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen	187

10.	Gesamtüberblick über alle energie- und konsumbedingten Treibhausgasemissionen	189
10.1.	Referenzentwicklung_____	189
10.2.	Zielbilder für 2050_____	192
10.3.	Politikmassnahmen für Zielerreichung bis 2050_____	195
10.4.	Auswirkungen bei Zielsetzung 2050_____	200
10.5.	Szenarien «SNN 2030/2040 – energiebedingte und übrige Emissionen»_____	210
10.6.	Fazit_____	217
11.	Annex _____	224
11.1.	Übersicht der Anpassungen für die Szenarien SNN 2030/2040_____	224
11.2.	Vergleich der Ergebnisse zu den verschiedenen Szenarien nach Emissionsbereichen_	226
11.3.	Wirkungsmodelle _____	227
11.4.	Dokumentation zum Excel-Modell _____	230
11.5.	Beiträge UGZ, PKZH und UVZ zur Klimarelevanz der Finanzanlagen der Stadt_____	279
	Abkürzungsverzeichnis_____	292
	Glossar _____	293
	Literatur _____	298

Zusammenfassung

Ausgangslage und Ziel

Im Oktober 2018 veröffentlichte der Weltklimarat (International Panel on Climate Change IPCC) einen Bericht (IPCC 2018), der aufzeigt, dass die Erderwärmung auf maximal 1,5 Grad Celsius begrenzt werden muss und die notwendigen Emissionsreduktionspfade zur Erreichung dieses Ziels aufzeigt. Aus diesem Bericht geht hervor, dass die weltweite Treibhausgas-Neutralität bis 2050 erreicht werden muss. Verbleibende Treibhausgasemissionen müssen durch natürliche und technische Treibhausgasenken kompensiert werden («Netto-Null» Treibhausgasemissionen).

Der Stadtrat steht hinter dem Klimaschutzziel von Paris. Das hat er mit dem Stadtratsbeschluss 0001/2019¹ zur Interpellation 2018/284² und dem Stadtratsbeschluss 0426/2019³ zu den Forderungen klimastreikender Schülerinnen und Schüler deutlich gemacht, die er als Petition entgegengenommen hat. Übereinstimmend damit hat er auch die drei Vorstösse 2019/106⁴, 2019/107⁵ und 2019/135⁶ entgegengenommen und prüft eine Verschärfung des aktuellen Zürcher Klimaschutzziels (1 t CO₂ pro Kopf bis 2050).

Als Grundlage dafür wurde vorliegende Szenarioanalyse durchgeführt. Deren Grunddesign basiert auf der Erkenntnis, dass es bis Mitte des Jahrhunderts nur in stark beschränktem Umfang möglich sein wird, Treibhausgase der Atmosphäre zu entziehen und langfristig zu speichern (gemäss Infras/Perspectives 2020 liegen die sogenannten Senkenpotenziale im Bereich von 0,5 t CO₂-Äqu. pro Kopf). Konsistent dazu wurde für die zu untersuchenden Netto-Null-Szenarien vorausgesetzt, dass die Emissionen, die auf Stadtgebiet aus dem direkten Energieverbrauch entstehen, auf null reduziert werden müssen (Treibhausgasenken sollen nur für nicht vermeidbare Emissionen eingesetzt werden). Unter dieser Voraussetzung wurde im Rahmen der Szenarioanalyse untersucht,

- ob und mit welchen Massnahmen die Stadt Zürich ihre direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet bis 2030, 2040 sowie 2050 auf null senken könnte,
- welche ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen damit verbunden sind,

¹ Vgl. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/geschaefte-des-stadtrates/stadtratsbeschluesse/2019/Jan/StZH_STRB_2019_0001.html

² Vgl. Detailinformationen zur Interpellation GR 2018/284 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaeft?gld=48d905e7-ec8b-4749-bf8b-ac0fc6ec1961>

³ Vgl. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/geschaefte-des-stadtrates/stadtratsbeschluesse/2019/Mai/StZH_STRB_2019_0426.html

⁴ Zugewiesen an UGZ/EB; Detailinformationen zur Motion GR 2019/106 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaeft?gld=e72ab07f-f1a3-4d59-98c0-62ce473862a9>

⁵ Zugewiesen an GUD; Detailinformationen zum Postulat GR 2019/107 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaeft?gld=c3c60833-acbc-4159-8efd-7b6bb897149a>

⁶ Zugewiesen an GUD; vgl. Detailinformationen zum Postulat GR 2019/135 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaeft?gld=d60ea62b-51fe-43b7-a08c-86d28ffbfedd>

- mit welchen Handlungsansätzen und in welchem Ausmass (bis 2050) weitere Treibhausgasemissionen reduziert werden können, welche die Stadt Zürich (mit-)verantwortet – v.a. die Emissionen im Zusammenhang mit den Vorketten der Energienutzung, dem Luftverkehr und dem Konsum.

Methodik

Als Ausgangspunkt für die Analysen wurde die Systemgrenze der aktuellen städtischen Treibhausgasstatistik festgelegt, die auf der Methodik der 2000-Watt-Bilanzierung basiert und den Bemessungsrahmen für das bestehende 1-t-CO₂-Ziel bildet (Abbildung 1, links). Diese umfasst die direkten und indirekten energiebedingten Treibhausgasemissionen aus der Energienutzung auf dem Territorium der Stadt Zürich sowie aus dem Luftverkehr. Ergänzend werden für die Szenarioanalysen zum einen die Non-CO₂-Effekte⁷ des Luftverkehrs sowie die in Abbildung 1 genannten weiteren Treibhausgasemissionen berücksichtigt, die die Stadt Zürich (mit-)verantwortet.

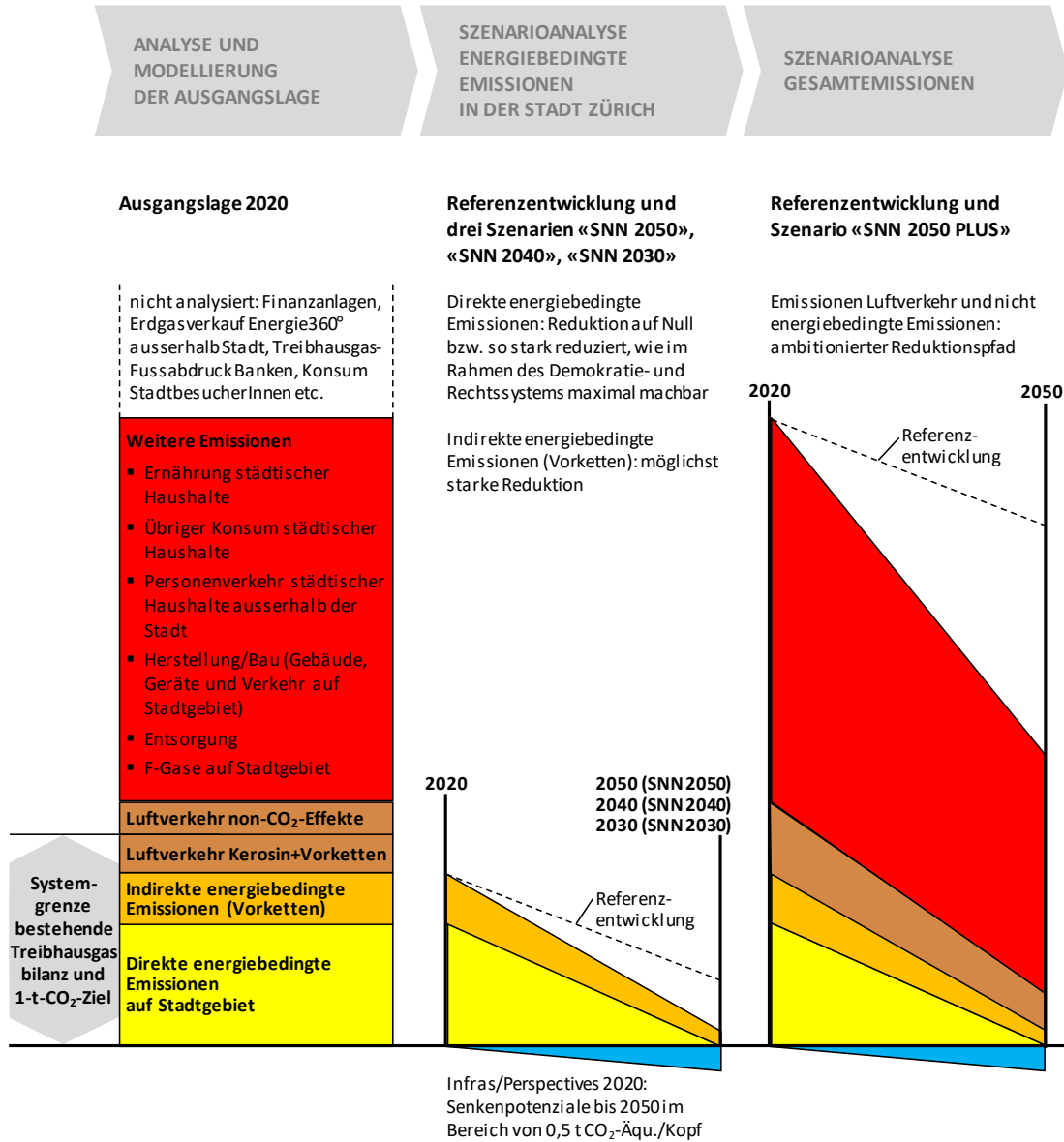
Als Grundlage für die Szenarioanalyse wurde für die Zeitspanne 2020 bis 2050 eine Referenzentwicklung skizziert, in der das Ambitionsniveau im Bereich des Klimaschutzes auf allen Ebenen (EU, Schweiz, Kanton, Stadt) stetig gesteigert wird (Abbildung 1, linkes Diagramm). Ausgehend von dieser Referenzentwicklung werden vier Szenarien analysiert:

- Drei Szenarien mit einer maximalen Reduktion der energiebedingten Emissionen auf dem Gebiet der Stadt Zürich bis 2050 («SNN 2050»), 2040 («SNN 2040») sowie 2030 («SNN 2030») (Abbildung 1, mittleres Diagramm). In diesen drei Szenarien werden die direkten Emissionen auf null bzw. soweit reduziert, wie dies im Rahmen des geltenden Demokratie- und Rechtssystems möglich ist. Eine maximal mögliche Senkung soll dabei auch für die indirekten Emissionen aus den Vorketten der Energienutzung erfolgen, so dass – unter Berücksichtigung verfügbarer Senkenpotenziale von 0,5 t CO₂-Äqu. bis 2050 (Infras/Perspectives 2020) – eine Reduktion der energiebedingten, in der Stadt Zürich erfolgten Emissionen auf Netto-Null möglich ist. Für diese drei Szenarien werden prioritäre Massnahmen (Schlüssel-massnahmen) der Stadt Zürich definiert, mit denen die entsprechenden Entwicklungen forciert werden können – inklusive einer vertieften Analyse der damit verbundenen ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen.

⁷ Non-CO₂-Effekte der Luftfahrt entstehen bei der Verbrennung von fossilem und synthetischem Treibstoff in grosser Höhe. Der Treibhausgaseffekt der Luftfahrt wird dadurch verdoppelt. Non-CO₂-Effekte können auch durch den Einsatz von synthetischen Kraftstoffen oder Wasserstoff nicht vermieden werden.

- Ein Szenario mit einer ambitionierten Reduktion der gesamten, in dieser Analyse quantifizierten Emissionen im Zeitraum zwischen 2020 und 2050 («SNN 2050 PLUS») (Abbildung 1, rechtes Diagramm). Zu diesem Szenario werden ausgewählte Handlungsansätze skizziert, mit denen auf entsprechend starke und umfassende Treibhausgasreduktionen hingewirkt werden könnte. Für dieses weitgehende Szenario wurde keine detaillierte Auswirkungsanalyse durchgeführt.

Abbildung 1: Schematische Übersicht zum Vorgehen und den untersuchten Szenarien



Die Darstellung ist nicht exakt massstäblich, bildet aber die Anteilsverhältnisse grob ab. Der vertikale Pfeil ganz links illustriert, welche Emissionen heute in der Energiestatistik und Treibhausgasbilanz der Stadt Zürich erfasst und ausgewiesen werden, die gleichzeitig den Bemessungsrahmen für das bestehende 1-t-CO₂-Ziel bilden. Der Farbcode zur Kennzeichnung der Emissionsteile wird nachfolgend in allen Grafiken identisch verwendet. Ergänzend dargestellt sind die gemäss Infraras/Perspectives 2020 bis ins Jahr 2050 realisierbaren Senkenpotenziale (blau).

Szenarien für die energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet

Um das Ziel zu erreichen, dass auf Stadtgebiet kein Erdgas, Heizöl, Benzin und Diesel mehr eingesetzt wird, ist die Stadt Zürich stark von der Entwicklung der Klimaschutzpolitik auf Ebene Bund und Kanton abhängig. Gleiches gilt in Bezug auf die Vorketten von Strom sowie Brenn- und Treibstoffen, die auf Stadtgebiet eingesetzt werden und soweit wie möglich gegen null gesenkt werden müssen. Die Stadt kann in ihrem eigenen Einflussbereich aber einen entscheidenden Klimaschutzbeitrag leisten – sowohl mit dem bestehenden Klimaschutzziel gemäss 2000-Watt- bzw. 1-t-CO₂-Gesellschaft, wie auch mit einem neuen Netto-Null-Ziel bis 2030, 2040 oder 2050. Für den Zeithorizont 2050 wurden Zielbilder für die energiebedingten Emissionen entwickelt, die in einer Übersichtstabelle im Anhang zusammengefasst sind. Strategische Stossrichtungen und städtische Schlüsselmassnahmen sind dabei weitgehend unabhängig vom Zeitpunkt der angestrebten Zielerreichung. Der Unterschied liegt in der Geschwindigkeit der Umsetzung.

Strategische Stossrichtungen nach Bereichen

Im **Gebäudebereich** wird Netto-Null erreicht, wenn Öl- und Gasheizungen durch erneuerbare Energiesysteme ersetzt und die dafür notwendigen Sanierungen der Gebäudehüllen erfolgen (Wärmedämmung und Fenstersersatz). Gleichzeitig muss der **Ausbau der Fernwärmenetze** forciert werden, damit im dichtbesiedelten Stadtraum auch jene Gebäude von fossilen Heizungen wegkommen, bei denen eine Wärmeversorgung mit lokalen erneuerbaren Energien nicht möglich ist. Alle diese Massnahmen führen auch unter Einbezug der zu «investierenden» grauen Emissionen nach nur wenigen Jahren zu einer Klimaschutzwirkung und sollten aus Sicht des Klimaschutzes so schnell wie möglich umgesetzt werden.

Im **Verkehrsbereich** soll der Umstieg auf batteriebetriebene Personenwagen so schnell wie möglich erfolgen. Bereits heute wird unter Berücksichtigung der CO₂-Emissionen aus der Fahrzeugherstellung (inkl. Batterie) bei Nutzung von vorwiegend erneuerbarem Strom bereits nach wenigen Jahren eine positive Klimaschutzwirkung erzielt. Allerdings sind für eine städtische Klimaschutzpolitik, die mit den internationalen Klimazielen konsistent ist, Massnahmen zur Förderung der Elektromobilität konsequent mit verkehrsvermeidenden und verkehrsverlagernden Massnahmen zu kombinieren. Ähnliches gilt beim Güterverkehr, bei dem letztlich nur eine Kombination aus Flottenumstellung und intelligenter City-Logistik zum Ziel führen kann – wobei die technologische Entwicklung heute wesentlich weniger absehbar ist als beim MIV.

Im Bereich der städtischen **Stromversorgung** ist der Fokus auf einen möglichst starken und möglichst schnellen Ausbau bei der gebäudegebundenen Photovoltaik auf Stadtgebiet zu legen. Die globalen Klimaszutzziele können nur dann erreicht werden, wenn die Städte ihren Beitrag an die Stromwende leisten. Mit dem Umstieg auf eine vollständige Elektrifizierung des

MIV und zahlreichen zusätzlichen Wärmepumpen akzentuiert sich die Dringlichkeit des Photovoltaikausbaus auf Stadtgebiet zusätzlich. Die weiteren mit der Stromwende zusammenhängenden Mega-Herausforderungen (u.a. die Stromspeicherung, Vergasung und Rückverstromung) werden nicht in der Stadt Zürich gelöst. Hier kann sich die Stadt Zürich und ewz aktiv an der grossräumigen Problemlösung beteiligen.

Schlüsselmassnahmen auf Ebene der Stadt Zürich

Folgende Massnahmen muss die Stadt Zürich schnell und umfassend umsetzen, wenn sie ein ambitioniertes Klimaziel erreichen will (im Anhang ist eine ausführliche Übersichtstabelle mit den Schlüsselmassnahmen zu finden):

- Fernwärmeausbau von heute rund einem Viertel des Stadtgebiets auf zwei Drittel des Stadtgebiets mit forcierter Anschlussentwicklung sowie vollständig erneuerbarer Spitzenlastdeckung; Gasverteilnetze für Raumwärme- und Warmwasserversorgung mit wenigen Ausnahmen (z.B. Altstadt) stilllegen, verbleibender Gasabsatz für die Fernwärme-Spitzenlastdeckung, Tankstellen und einzelne Prozessenergieverbraucher vollständig auf biogene und synthetische Gase umstellen.
- Verbindliche städtische Anforderungen bei Gas- und Ölheizungsersatz in Gebieten mit Fernwärmeerschliessung (als Ergänzung zu den neuen Regelungen seitens Kanton Zürich), d.h. neue Gas- und Ölheizungen nur noch als Übergangslösung; Neuanschlüsse von bestehenden Gebäuden an das Gasnetz prinzipiell unterbinden.
- Verpflichtung, dass Dach- und Fassadenflächen soweit sinnvoll maximal mit PV-Modulen belegt werden müssen, wo die Stadt direkt Einfluss nehmen kann (eigene Gebäude, Umnutzungen mit Sondernutzungsplanungen etc.). Verbesserung der Rahmenbedingungen für die PV-Installation durch Private.
- Städtische finanzielle Förderung im Bereich der Heizungs- und Gebäudesanierung (in Abstimmung auf das Gebäudeprogramm), im Bereich des PV-Ausbaus (z.B.: ewz-Rüchspeisetarife für PV-Anlagen erhöhen, Vorfinanzierung Einmalvergütung Bund, eigene direkte Förderbeiträge für die Installation von PV-Anlagen, z.B. in Kombination mit Dachsanierungen) sowie im Bereich der Stromeffizienz (z.B.: direkte Förderung ausgewählter Anlagen und Geräte) ausweiten und intensivieren.
- Förderung des Fussgänger- und Veloverkehrs durch die Aufwertung des öffentlichen Raums und Fusswegnetz, Verkehrsberuhigung und Begegnungszonen, Ausdehnung autofreie Zonen, Aufwertung Fusswegverbindungen und Flanierzonen. Velonetz-Ausbau massiv beschleunigen: Umwidmung Kapazitäten vom MIV im Strassenraum, Entflechtung und Priorisierung Velo an Knotenpunkten.

- Begrenzung des Parkraums und starke Abnahme der Parkplätze ab 2020, verschärfte Bewirtschaftung bestehender Parkplätze (Tarif, Nutzungsdauer, Beschränkungen für herkömmlich betriebene Fahrzeuge).
- Schaffung günstiger Rahmenbedingungen zum Bau von Elektrofahrzeug-Ladestationen durch Private.
- Stärkung der Vorbildwirkung der Stadt in allen Bereichen, insbesondere: beschleunigte Sanierung des eigenen Gebäudeparks (Gebäudehüllen, Heizungen, PV-Ausbau), beschleunigte Flottenmix-Transformation des eigenen Fahrzeugparks sowie Einführung und Umsetzung eines umfassenden Mobilitätsmanagements für die Stadt als Akteurin (Verwaltung, Werke, stadtnahe Betriebe).
- Lobbyarbeit auf übergeordneten Politikebenen mit Fokus auf den Gebäudebereich, die Energieversorgung und den Stadtverkehr stark intensivieren. Als zwingende Voraussetzung für eine Zielerreichung im Verkehrsbereich sind dabei insbesondere Rechtsgrundlagen auf Bundesebene zu fordern, dass die Entwicklung des Territoriums der Stadt Zürich zur Null-Emissionszone möglichst frühzeitig gestartet und schrittweise beschleunigt werden kann.

Auswirkungen auf die energiebedingten Treibhausgasemissionen

Geht man davon aus, dass die Klimaschutzpolitik auf Bundes- und Kantonsebene im Zeitverlauf 2020 bis 2050 stetig intensiviert wird und die oben beschriebenen städtischen Schlüsselmassnahmen frühzeitig und umfassend umgesetzt werden, ist eine Reduktion auf null direkte energiebedingte Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet bis 2050 machbar. Zu diesem Schluss kommt das in dieser Analyse skizzierte Szenario SNN 2050. Es verbleiben dann weniger als 0,3 t CO₂ pro Person aus den Vorketten im Zusammenhang mit dem Verbrauch von Strom sowie biogenen und synthetischen Brenn- und Treibstoffen auf Stadtgebiet (Abbildung 2).

Bei noch stärkerer Intensivierung der städtischen Anstrengungen könnten die direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet bis 2040 (SNN 2040) ebenfalls fast auf null gesenkt werden (Abbildung 2). Eine ähnlich starke Reduktion bis 2030 ist unter Berücksichtigung des heutigen Demokratie- und Rechtssystems in unserer Einschätzung aber nicht machbar. Bei einer maximal beschleunigten Umsetzung der städtischen Schlüsselmassnahmen könnten die direkten energiebedingten Emissionen auf etwas weniger als 1 t CO₂ pro Person gesenkt werden.

Tabelle 1: Notwendige Investitionen und deren Wirtschaftlichkeit

	SNN 2050		SNN 2040		SNN 2030	
	ganze Stadt	nur städt. Gebäude + Fahrzeuge	ganze Stadt	nur städt. Gebäude + Fahrzeuge	ganze Stadt	nur städt. Gebäude + Fahrzeuge
Restemissionen im Zieljahr¹⁾						
energiebedingte Emissionen im Zieljahr (kg CO ₂ -Äqu./Einwohner/Jahr)	250 direkt: 0 Vorkette: 250	15 direkt: 0 Vorkette: 15	660 direkt: 300 Vorkette: 360	25 direkt: 10 Vorkette: 15	1500 direkt: 880 Vorkette: 620	32 direkt: 16 Vorkette: 16
Ökonomische Auswirkungen²⁾						
Mehrinvestitionen ³⁾ , Mio. CHF/Jahr (durchschnittlich)	510	59	590	71	960	123
Annuität der kumulierten Mehrinvestitionen im Zieljahr ⁴⁾ , Mio. CHF/Jahr	590	69	450	54	310	40
Energiekosteneinsparung im Zieljahr ⁵⁾ , Mio. CHF/Jahr	-630	-65	-430	-34	-240	-14
Klimakosteneinsparung im Zieljahr ⁶⁾ , Mio. CHF/Jahr	-300	-21	-280	-21	-210	-21
jährliche Netto-Kosten im Zieljahr ⁷⁾ , Mio. CHF/Jahr (exkl. Klimakosten)	-32	+4	+20	+20	+69	+26
jährliche Netto-Kosten im Zieljahr ⁷⁾ , Mio. CHF/Jahr (inkl. Klimakosten)	-330	-17	-260	-1	-140	+5

1) Unter Wahrung von Demokratie und Rechtsstaat erreichbares Minimalniveau der energiebedingten Emissionen gemäss Berechnungsmethodik der bestehenden städtischen Treibhausgasbilanzierung.

2) Basis bilden Bottom-up-Modelle für den Gebäudepark sowie den Verkehr auf dem Territorium der Stadt Zürich sowie (als Teilmenge davon) für die Gebäude im städtischen Finanz- und Verwaltungsvermögen sowie die städtische Fahrzeugflotte inklusive städtischem ÖV (Tram und VBZ-Busse).

3) Im Durchschnitt zu tätigen in der Periode 2024-2050 (SNN 2050 / 27 Jahre), 2024-2040 (SNN 2040 / 17 Jahre) bzw. 2024-2030 (SNN 2030 / 7 Jahre). Als sehr optimistische Annahme eine unvermeidbare Vorlaufzeit von 3 Jahren berücksichtigt, um die tiefgreifenden Politikmassnahmen in Kraft zu setzen. Mit «Mehrinvestitionen» sind energiebedingte Mehrinvestitionen gemeint, d.h. Gesamtinvestitionen abzüglich der Investitionen für die reine Instandhaltung (Beispiele: beim Heizungsersatz die notwendigen Gesamtinvestitionen für den Heizsystemwechsel abzüglich der Investitionen, die für einen 1:1-Ersatz der bestehenden fossilen Heizung hätten getätigt werden müssen; bei der Fassadensanierung die Gesamtinvestitionen abzüglich der Investitionen für Verputzausbesserung und Neuanstrich). Zur Einordnung der Grössenordnung: Aktuell werden in der Stadt Zürich grob geschätzt jährlich energiebedingte Mehrinvestitionen in Gebäudehüllensanierungen, Heizungsersatz, Fernwärmeausbau, PV-Anlagen und Fahrzeuge mit alternativen Antrieben in der Grössenordnung von CHF 150 Mio. Fr. getätigt. Bereits für eine Entwicklung gemäss SNN 2050 bedeutet dies eine Erhöhung dieser Investitionen um Faktor drei bis vier.

4) Der grösste Teil der Mehrinvestitionen fällt im Gebäudebereich an, mit Lebenszyklen, die z.T. weit über das Zieljahr hinausgehen. Die damit verbundenen Jahreskosten steigen also kontinuierlich an und erreichen im Zieljahr den angegebenen Wert. Gerechnet mit 2,5% Verzinsung sowie typischen Lebensdauern je Massnahme (Infrastruktur 50-60 Jahre, Gebäudehülle 30-40 Jahre, Haustechnik 20-25 Jahre, Fahrzeuge 10-15 Jahre).

5) Die Energieeinsparungen ggü. Status-quo steigen analog zu den Mehrinvestitionen kontinuierlich an. Bewertet mit Energiepreisen 2050 exkl. Steuern/Abgaben (Einsparung = negatives Vorzeichen).

6) Einsparung energiebedingte Emissionen (direkte + Vorketten), bewertet bei 200 Fr./t CO₂-Äqu.

7) Annuität der kumulierten Mehrinvestitionen im Zieljahr minus Kosteneinsparungen im Zieljahr (ohne/mit Klimakosten). Negatives Vorzeichen = jährliche Einsparungen höher als Jahreskosten.

Tabelle und Modellierung INFRAS/Quantis

- Im Szenario SNN 2050 summieren sich die bis 2050 zu tätigen energiebedingten Mehrinvestitionen (Definition vgl. Bemerkung 3 zur Tabelle 1) auf insgesamt knapp CHF 14 Mia. Das entspricht im jährlichen Durchschnitt und bei einer angenommenen Vorlaufzeit von drei

Jahren für das Inkrafttreten der tiefgreifenden Politikmassnahmen rund CHF 510 Mio. Der grösste Teil dieses Investitionsbedarfs (rund zwei Drittel) geht auf die energetische Sanierung von Gebäuden zurück (Wärmedämmung, Fensterersatz), die notwendig ist, damit eine Wärmeversorgung ohne Öl- und Gas im dichten städtischen Gebiet bei limitierten, effektiv nutzbaren Potenzialen erneuerbarer Energiequellen überhaupt möglich ist. Der Rest ist für den Ersatz aller Öl- und Gasheizungen sowie den massiven Fernwärme- und PV-Ausbau aufzuwenden.

- Die jährlich im Durchschnitt zu tätigen Mehrinvestitionen liegen im Szenario SNN 2040 (590 Mio. Fr./Jahr) um knapp einen Fünftel höher als im Szenario SNN 2050 und summieren sich bis 2040 auf insgesamt CHF 10 Mia. Berücksichtigt ist dabei zum einen die Machbarkeitsgrenze innerhalb des Demokratie- und Rechtssystems (in unserer Einschätzung ist eine vollständige Dekarbonisierung des Gebäude- und Verkehrsbereichs im Stadtkontext bis 2040 nicht oder nur annähernd möglich). Andererseits liegen die spezifischen Kosten für die Dekarbonisierungsmassnahmen im Durchschnitt etwas höher als im Szenario SNN 2050, weil bei der beschleunigten Umsetzung mit Zieljahr 2040 zum Teil mit Überhitzungserscheinungen in der Baubranche gerechnet werden muss. Im Szenario SNN 2030 akzentuiert sich das überproportional stark, wenn im Rahmen der erwähnten Machbarkeitsgrenzen eine maximale Umsetzungsgeschwindigkeit forciert wird. So resultieren in den sieben Jahren ab 2024 bis 2030 maximal mögliche jährliche Mehrinvestitionen von knapp CHF 1 Mia. pro Jahr, entsprechend etwas weniger als insgesamt CHF 7 Mia. bis 2030.
- Die geschätzten Annuitäten (Jahreskosten als Summe aus Kapitalkosten und Abschreibungen) sind dagegen im Zieljahr des Szenarios SNN 2050 am höchsten, weil dann auch der aufgebaute Kapitalstock am grössten ist.
- Die Schätzungen zeigen weiter, dass SNN 2050 wirtschaftlich am besten abschneidet. Das Szenario weist 2050 einen knapp positiven Nettoeffekt auf, wenn die erzeugten rechnerischen Einsparungen bei den Energiekosten berücksichtigt werden. Zu beachten ist hier, dass die Annahme zur Entwicklung der Energiepreise eine wichtige Rolle spielt. Unterstellt sind 2020 bis 2050 kontinuierlich steigende Energiepreise⁸, was die Bilanz für SNN 2050 und SNN 2040 im Vergleich zu SNN 2030 verbessert.
- Angesichts der Unsicherheiten, welche bei diesen Schätzungen bestehen, folgern wir, dass SNN 2050 in dieser eingeschränkten quantitativen Bilanz leicht positiv und SNN 2040 – und noch mehr SNN 2030 – leicht negativ abschneiden dürften.

⁸ Die Projektionen der Energiepreise berücksichtigen keine Transfers (Abgaben an den Staat), da es sich um eine volkswirtschaftliche Betrachtung handelt.

- Die Bilanz verbessert sich weiter, wenn die erzeugten Reduktionen bei den Treibhausgasemissionen monetarisiert und die Klimakosteneinsparungen in die Bilanz einbezogen werden.

Weitere ökonomische und soziale Auswirkungen

Die weiteren Auswirkungen hängen stark von der konkreten Ausgestaltung der Massnahmen ab. Eine zentrale Rolle spielen die Massnahmen auf übergeordneter Ebene. Für das Szenario SNN 2050 halten wir folgende Punkte für besonders wichtig:

- Eine schrittweise steigende Lenkungsabgabe auf CO₂-Emissionen (zweckmässigerweise kombiniert mit einer Abgabe auf nicht erneuerbaren Strom) mit Rückverteilung der Erträge an die Haushalte und Unternehmen ist sowohl aus Verteilungs- als auch Effizienz­sicht der Königsweg zur Umsetzung der Netto-Null-Zielsetzung (vgl. Rausch et al. 2017, EcoPlan 2012 und EcoPlan 2015, Infrac 2019). Falls kein solches Lead-Instrument auf übergeordneter Ebene eingeführt bzw. weiter gestärkt wird, hängen die sozialen Verteilungswirkungen stark von der konkreten Ausgestaltung der Massnahmen auf Stadtebene ab. Gegebenenfalls sollten unerwünschte soziale Verteilungswirkungen über geeignete Begleitmassnahmen gemindert werden (z.B. durch ergänzende Vorgaben bei den Überwälzungsregeln im Mietrecht)
- Die Massnahmen verlangen hohe Investitionen vor allem seitens der Gebäudeeigentumschaften. Solange keine Sanierungspflicht besteht, ist – wie in den Netto-Null-Szenarien berücksichtigt – eine massive finanzielle Förderung notwendig. Die damit verbundenen direkten Verteilungswirkungen sind schwierig einzuschätzen. Soweit die Förderbeiträge aus dem allgemeinen Finanzhaushalt der Stadt finanziert werden, tragen höhere Einkommenshaushalte überdurchschnittlich zur Finanzierung bei, dürften aber auch überdurchschnittlich von den Förderbeiträgen profitieren. Prioritär berücksichtigt werden müssen die Auswirkungen auf die Mietzinse. Unerwünschte Verteilungswirkungen können über geeignete Begleitmassnahmen abgemindert werden (z.B. durch ergänzende Vorgaben bei den Überwälzungsregeln im Mietrecht (VMWG⁹)).
- Auch die Politikmassnahmen im Bereich Verkehr führen zu Verteilungswirkungen. Der Umstieg auf Elektromobilität belastet kurz- bis mittelfristig untere Einkommensschichten relativ. Fördermassnahmen begünstigen eher obere Einkommensschichten. Diese Zusatzbelastung verringert sich mit zunehmendem Angebot von E-Fahrzeugen und insbesondere Kleinfahrzeugen. Die unterstellten Massnahmen (Veloförderung, Parkraum) als Unterstützung der «Verkehrswende» ist hingegen sozialverträglich.
- Die Massnahmen – insbesondere im Bereich Gebäude – lösen eine hohe zusätzliche Investitionstätigkeit aus. Diese Investitionen führen dazu, dass der Import fossiler Energieträger

⁹ Verordnung über die Miete und Pacht von Wohn- und Geschäftsräumen

durch Investitionen in effizientere Gebäudehüllen, erneuerbare Heizsysteme, thermische Netze etc. auf Stadtgebiet ersetzt wird. Damit sind Chancen insbesondere für das lokale und regionale baunahe Gewerbe verbunden.

- Bei einer schrittweisen Transformation über eine Periode von 20 bis 30 Jahren schätzen wir die zusätzlichen finanziellen Belastungen durch die Massnahmen sowohl für die Haushalte und Unternehmen als auch die Stadt insgesamt gut verkraftbar ein. Die energetischen Mehrinvestitionen dürften im Bereich von 15 bis 20% der heutigen Bauausgaben liegen. Eine wichtige Rolle spielt, dass die Dekarbonisierung der direkten Emissionen des Gebäudeparks und des Verkehrs volks- und betriebswirtschaftlich rentabel sind.
- Insgesamt akzentuieren sich die finanziellen Belastungen, wenn die Reduktionsziele bis 2040 oder gar 2030 erreicht werden sollen. Wir gehen jedoch nicht davon aus, dass sich die generellen Tendenzen bei den sozialen Auswirkungen markant ändern.
- Schliesslich bleibt zu betonen, dass sich die Netto-Null-Strategie positiv auf die Umwelt- und Lebensqualität in der Stadt auswirkt und so zur Sozialverträglichkeit beiträgt.

Einflüsse und Unsicherheiten der unterstellten Annahmen

Die Ergebnisse unserer Analyse hängen von quantitativen und qualitativen Annahmen ab. Wir haben den Einfluss dieser Annahmen auf die Ergebnisse analysiert, mit folgenden wichtigsten Erkenntnissen:

- Bei Variation der Parameter zur Rahmentwicklung (Bevölkerung, Wirtschaftsentwicklung, Flächenbedarf pro Kopf bzw. pro Beschäftigte, MIV-Fahrleistungen pro Kopf etc.) in einem plausiblen Ausmass ergibt sich eine ungefähre Bandbreite der erzielbaren Reduktionen der energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet von $\pm 30\%$. Zentrale Voraussetzung für dieses Ergebnis ist, dass die erwähnten Schlüsselmassnahmen konsequent umgesetzt werden.
- Für SNN 2050 zeigt sich, dass alternative Annahmen zu den Energiepreisentwicklungen die Ergebnisse von einer schwarzen Null in eine rote Null ändern können (und umgekehrt), wenn ausschliesslich die Energiekosteneinsparungen berücksichtigt und die Klimakosteneinsparungen nicht einbezogen werden. Angesichts der generellen Unsicherheiten, welche naturgemäss mit solchen Szenarioanalysen verbunden sind, beurteilen wir diese Ergebnisse als genügend robuste Entscheidungsgrundlage für die Politik. Die Wirtschaftlichkeit verbessert sich deutlich, wenn zusätzlich die erzeugte Reduktion der CO₂-Emissionen monetär anhand der vermiedenen Schadenskosten bewertet wird. Natürlich bestehen auch hier Unsicherheiten und die Wahl eines sinnvollen Schadenskostensatzes für die Bewertung ist nicht unumstritten. Der von uns verwendete Kostensatz von CHF 200 pro Tonne CO₂ entspricht der aktuellen Empfehlung des deutschen Umweltbundesamtes. Eine Reduktion bzw. Erhöhung dieses Kostensatzes würde linear auf die geschätzten CO₂-Kosteneinsparungen durchschlagen.

Wir gehen davon aus, dass eine Anpassung des Kostensatzes die grundsätzlichen Aussagen unserer Analysen nicht in Frage stellen würde.

- Generell starken Einfluss haben die energie- und klimapolitischen Massnahmen von Bund und Kanton. Die abschätzbaren Rahmenbedingungen bis 2030 (v.a. anhand Entwurf CO₂-Gesetz post 2020, Vorschläge zur Revision des kantonalen Energiegesetzes) sind in Bezug auf eine städtische Null-Zielsetzung bis 2030 (SNN 2030) ungenügend (v.a. im Verkehrsbereich sowie in Bezug auf den beschleunigten Gasrückzug). Falls die Stadt den oben skizzierten SNN-2030-Pfad einschlagen möchte, würde das eine noch nie dagewesene Eingriffstiefe der städtischen Energie- und Klimapolitik bedingen. Die Rahmenbedingungen sind auch für die Szenarien SNN 2040 und SNN 2050 nicht optimal. Allerdings gehen wir ab den 2030er-Jahren von einer deutlichen Verschärfung der übergeordneten Energie- und Klimapolitik aus, so dass eine Null-Zielsetzung mit maximaler städtischer Anstrengung bis 2050 (SNN 2050) praktisch vollständig und bis 2040 (SNN 2040) weitgehend umgesetzt werden könnte.

Szenario für die Gesamtemissionen

Zusätzlich zu den energiebedingten Emissionen verantworten die Stadt Zürich und ihre Bewohnerinnen und Bewohner heute weitere mindestens 9 t CO₂-Äqu. pro Person und Jahr, wobei die Ernährung und der Luftverkehr (inkl. non-CO₂-Emissionen) als bedeutendste Einzelbereiche zusammen rund 40% ausmachen. Auch für diese Emissionsquellen wurden Zielbilder für den Zeithorizont 2050 entwickelt (vgl. Annex).

Handlungsansätze

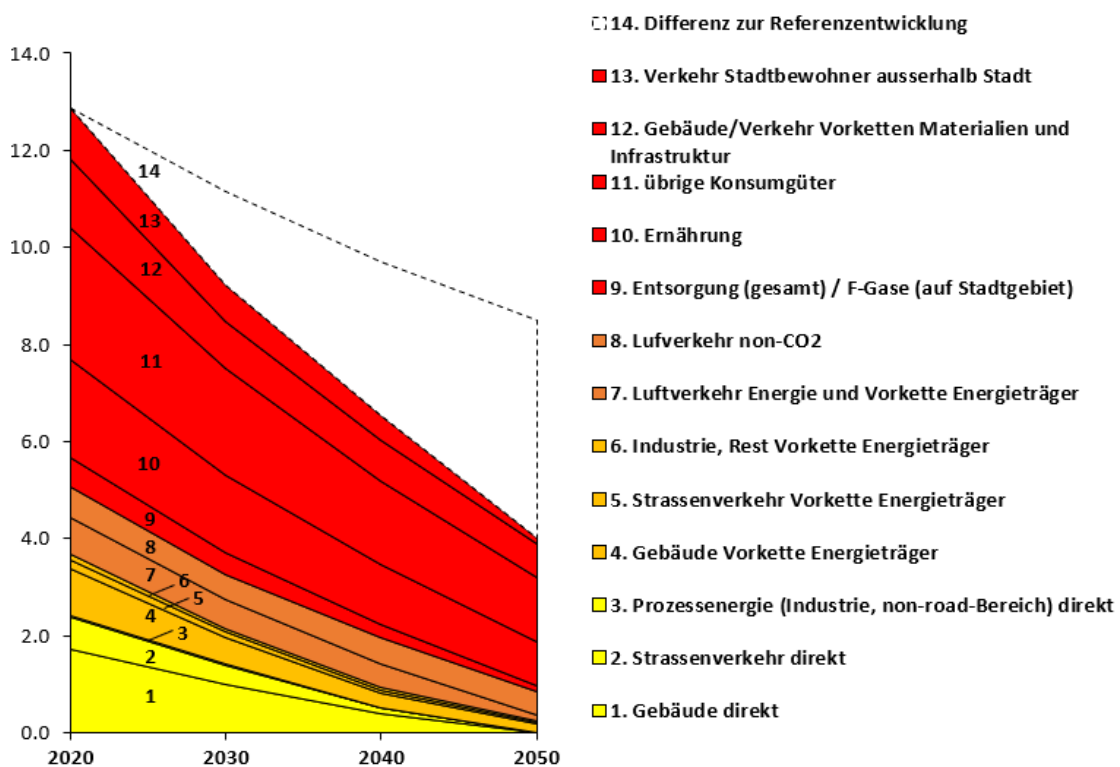
Damit die Ziele des Pariser Übereinkommens erreicht werden können, müssen in unserer Einschätzung dienstleistungsorientierte Länder (und Städte) ihre Klimaschutzpolitik möglichst schnell auf die Gesamtemissionen ausdehnen und ähnlich tiefgreifend ausgestalten. Erste sanfte staatliche Eingriffe im Luftverkehr gehen in die richtige Richtung. Sollen die Ziele gemäss Pariser Übereinkommen erreicht werden, müssen diese allerdings stark und möglichst schnell intensiviert und vor allem ausgeweitet werden – insbesondere auf die Ernährung, den übrigen Konsum sowie den Materialverbrauch im Gebäude- und Verkehrsbereich. Eine Beschränkung auf einen Soft-Policy-Mix (Sensibilisierung, Animation/Nudging, Information, Beratung etc.) ist aufgrund des Tempos, mit der die heutigen Lebensweisen grundlegend verändert werden müssen, nicht ausreichend. Tiefgreifende Politikmassnahmen (Vorschriften, starke finanzielle Anreize) in diesen Bereichen müssen auf übergeordneter Ebene (EU, Bund, Kanton) umgesetzt werden. Wichtig ist, dass die Stadt proaktiv und schnell Vorbildrolle übernimmt. Eine Übersicht möglicher Handlungs- und Politikmassnahmenansätze ist im Anhang zu finden.

Ambitionierter Reduktionspfad für die Gesamtemissionen

Unsere Analysen im Rahmen eines zusätzlichen Szenarios SNN 2050 PLUS zeigen, dass bereits eine Reduktion dieser übrigen Emissionen von 9 auf unter 4 t CO₂-Äqu. pro Einwohner bis 2050 tiefgreifende Veränderungen unserer Lebensweise bedingt, die aus heutiger Sicht noch nicht absehbar sind. Gleichzeitig erreichen wir auch in diesem Extremszenario bis 2050 nicht annähernd ein Emissionsniveau, das den sehr hohen Unsicherheiten und grossen Umsetzungshürden im Bereich der Treibhausgasemissionen gerecht würde. Dass wir bis in nur drei Jahrzehnten Emissionen im Bereich von 4 t CO₂-Äqu. pro Person mit Treibhausgasemissionen kompensieren können, halten wir aus heutiger Sicht für ausgeschlossen.

Abbildung 3: Entwicklung Treibhausgasemissionen im Szenario SNN 2050 PLUS

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen eines solch ambitionierten Reduktionspfads mit starker staatlicher Einflussnahme auf die Gesamtemissionen haben wir in dieser Analyse nicht vertieft untersucht. Sie hängen zum einen davon ab, innerhalb welches Zeithorizonts die erforderliche Transformation forciert werden muss (je länger man Zeit hat, desto besser ist eine soziale Abfederung möglich). Zum anderen wird entscheidend sein, wie stark die

Klimaschutzpolitik in anderen Ländern forciert wird, insbesondere von der EU sowie von weiteren wichtigen Handelspartnern der Schweiz.

Fazit

Szenarien für die energiebedingten Emissionen

Eine Zielsetzung Netto-Null 2050 (SNN 2050) entspräche in den Bereichen Gebäude und Verkehr vom Ambitionsniveau her in etwa dem bestehenden Ziel von 1 Tonne CO₂ pro Kopf und Jahr, das in der Gemeindeordnung verankert ist, aber massnahmensseitig noch grosse Lücken aufweist. Eine Entwicklung gemäss Szenario SNN 2040 entspricht im Vergleich bereits einer deutlichen Beschleunigung der Umsetzung. Unter optimalen Rahmenbedingungen und mit einer zeitnahen und tiefgreifenden städtischen Einflussnahme schätzen wir sie als umsetzbar ein, auch wenn die direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet bis ins Jahr 2040 wohl nicht ganz auf null reduziert werden können. Das akzentuiert sich im Szenario SNN 2030, bei dem unter den heute existierenden Rahmenbedingungen (ohne Notrecht) im Jahr 2030 auch mit maximaler Anstrengung seitens städtischer Politik die direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet deutlich über null liegen werden.

Aus dem Vergleich zwischen den Szenarien SNN 2050, SNN 2040 und SNN 2030 ziehen wir folgende Schlüsse:

- Die technische und politische Machbarkeit (Akzeptanz Bevölkerung) ist im Szenario SNN 2050 wesentlich besser als in den Szenarien mit noch stärker beschleunigter Emissionsreduktion. Der Transformationsprozess kann strategisch sorgfältig geplant und umgesetzt werden, sodass die Chancen gross sind, dass eine nachhaltige energiebezogene Infrastruktur und Energieversorgung im Gebäude- und Verkehrsbereich erreicht werden kann.
- Ebenfalls deutlich überlegen schätzen wir das Szenario SNN 2050 bezüglich Wirtschafts- und Sozialverträglichkeit ein, weil Spitzenbelastungen des Umbaus des Energie- und Konsumsystems besser über die Zeit verteilt und dadurch reduziert werden können.
- Nicht zuletzt schneidet das Szenario SNN 2050 in Bezug auf die volkswirtschaftlichen Kosten (aufgrund der Preiseffekte bei einer raschen Umsetzung), die notwendigen jährlichen personellen und finanziellen Umsetzungsressourcen sowie die städtischen Finanzen am besten ab.
- Auf der anderen Seite weisen das Szenario SNN 2030 und – in geringerem Ausmass – auch SNN 2040 den Hauptvorteil auf, dass die notwendigen Reduktionen der Treibhausgase und der lokalen Umweltbelastung (v.a. Luft und Lärm) früher erreicht werden können. Hierbei besteht allerdings das Risiko, dass technologisch Wege eingeschlagen werden, um rasch Emissionsreduktionen zu erzielen, die langfristig nicht – bzw. nur verzögert – zu einem

nachhaltigen Umbau der energiebezogenen Infrastruktur (z.B. im Bereich der Gasnetze und dem Ausbau der thermischen Netze) führen.

Insgesamt zeigt sich beim Entscheid für das «richtige» Reduktionsszenario somit ein klassischer Trade-off, der zu optimieren ist: Eine raschere Reduktion der Treibhausgasemissionen im Szenario SNN 2030 versus eine strategisch sorgfältiger geplante und für die Wirtschaft, die Bevölkerung und die Stadt besser verkraftbare Emissionsreduktion im Szenario SNN 2050. Denkbar ist, dass ein Szenario, das die Netto-Null-Zielsetzung für die energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet auf 2040 festlegt, letztlich der Optimierung dieses Trade-offs am nächsten kommt. Ergänzend könnte natürlich anvisiert werden, dass die Stadt in ihrem direkten Handlungsbereich das Netto-Null-Ziel schon früher erreicht.

Szenario für die Gesamtemissionen

Die Einflussmöglichkeiten der Stadt zur Reduktion der übrigen Emissionen sind beschränkt. Es bestehen starke Abhängigkeiten aufgrund der nationalen und internationalen Vorketten. Inwiefern diese Emissionen durch Effizienzverbesserungen und Konsistenzansätze reduziert werden können, liegt nicht im Handlungsbereich der Stadt.

Die Stadt kann allerdings durch Förderung der Suffizienz und des nachhaltigen Konsums die konsumierten Mengen und Qualitäten in allen Bereichen, vom Wohnen und Arbeiten, über den Konsum bis zum Luftverkehr beeinflussen. Zudem hat sie die Möglichkeit durch ein konsequentes Wahrnehmen der Vorbildfunktion beim Einkauf von Gütern die Treibhausgasemissionen zu senken.

Aufgrund unserer Erfahrung schätzen wir ganz grob, dass aufgrund von städtischen Massnahmen bis 2050 (v.a. im Bereich Suffizienz) die konsumbedingten Emissionen maximal um eine mittlere bis höhere einstellige Prozentzahl gesenkt werden könnten (was schon einen sehr hohen Beitrag leisten würde). Die vergleichsweise geringen Emissionen, die direkt im Verantwortungsbereich der Stadt entstehen, könnten natürlich früher und stärker reduziert werden.

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

1.1.1. Globaler Kontext

Im Dezember 2015 wurde mit dem Pariser Klimaübereinkommen von praktisch allen Ländern der Welt gemeinsam beschlossen, die Klimaveränderungen soweit abzuschwächen, dass die Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2°C und möglichst auf nicht mehr als 1,5°C gegenüber der vorindustriellen Zeit begrenzt wird.

Im Oktober 2018 veröffentlichte der Weltklimarat (International Panel on Climate Change IPCC) einen Bericht¹⁰, in dem er die Auswirkungen einer Klimaerwärmung um 1,5°C sowie die nötigen Emissionsreduktionspfade zur Erreichung dieses Ziels aufzeigt. Aus diesem Bericht geht hervor, dass die weltweite Treibhausgas-Neutralität bis 2050 erreicht werden muss. Die dann noch durch die menschlichen Aktivitäten erzeugten Treibhausgasemissionen müssen durch natürliche und technische Treibhausgasenken kompensiert werden (Netto-Null-Treibhausgasemissionen). Dies wird zum einen eine rasche und sehr starke Emissionsverminderung durch entsprechende Verhaltensänderungen und zum anderen den Einsatz von Technologien zur CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre bedingen.

Für strategische Überlegungen auf politischer Ebene zu konkreten Zielsetzungen und Politikmassnahmen sind die starke «Pfadabhängigkeit» und der anvisierte Zeitpunkt für das Erreichen des Netto-Null-Ziels zentral. Auch bei einer sofortigen Absenkung der globalen Netto-Treibhausgasemissionen (d.h. Emissionen abzüglich der Senkenleistungen) um beispielsweise 7% bis 8% pro Jahr¹¹ in der Periode 2030 bis 2050 müssen die globalen Netto-Treibhausgasemissionen anschliessend mit grosser Wahrscheinlichkeit über mehrere Jahrzehnte tief in den negativen Bereich gesenkt werden, um das 1,5°C-Ziel einzuhalten. Das akzentuiert sich, wenn berücksichtigt wird, dass die globalen Treibhausgasemissionen heute nach wie vor einen steigenden Trend aufweisen, die Staatengemeinschaft zur Umsetzung starker Reduktionen Zeit brauchen wird (u.a. zur gesetzlichen Verankerung) und es mit sinkendem absolutem Emissionsniveau womöglich immer schwieriger wird, zusätzliche Reduktionen zu erzielen. Zur Erreichung des 1,5°C-Ziels ist die Dringlichkeit für die Umsetzung von Vermeidungsmassnahmen sehr hoch. Länder und Städte müssen ihre eigenen Treibhausgasemissionen gleichzeitig und gleichermaßen stark und schnell senken, um – gemeinsam mit anderen Ländern und Städten – die globalen Ziele zu erreichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die realistischerweise ausschöpfbaren

¹⁰ IPCC, 2018: <https://www.ipcc.ch/sr15/>

¹¹ Gemäss UN Emissions Gap report 2019 ist mittlerweile eine jährliche Abnahme von 7,6% erforderlich um das 1.5°C Ziel zu erreichen (<https://www.unenvironment.org/interactive/emissions-gap-report/2019/>)

Potenziale natürlicher und technischer Treibhausgasen¹² aus heutiger Sicht bis 2050 mit grosser Wahrscheinlichkeit lediglich dazu ausreichen, kaum vermeidbare Restemissionen aus dem Luftverkehr, der Land- und Viehwirtschaft, der Zementherstellung und weiterer ausgewählter Industrieprozesse auszugleichen. Auch internationale Kompensationsleistungen¹³ aus Verminderungsprojekten können nur einen kleinen und temporären Beitrag an die Zielerreichung leisten.¹² Deren Nutzen liegt darin, dass ambitionierte, reiche Länder und Städte durch diese Investitionen einen zusätzlichen Beitrag zur Beschleunigung der auf globaler Ebene benötigten starken Absenkung leisten können.

1.1.2. Kontext Stadt Zürich

Am 7. Juli 2018 wurde der Stadtrat in der Interpellation 2018/284¹⁴ aufgefordert, zum 1,5°C-Ziel des Pariser Klimaübereinkommens und dessen Umsetzung Stellung zu nehmen. Rund fünf Monate später erfasste die weltweite Klimastreik-Bewegung auch die Schweiz (erster Klimastreik in Zürich am 14. Dezember 2018). Am 22. Mai 2019 wurden folgende drei Vorstösse mit grossen Mehrheiten überwiesen (Motion 75%, Postulate 90%):

- Die Motion 2019/106¹⁵ fordert, dass die Erkenntnisse der Wissenschaft (IPCC-Bericht 2018) und das von der Schweiz unterzeichnete Pariser Klimaübereinkommen (2015) in der Stadt Zürich umgesetzt werden. Sie verlangt, das Klimaschutz-Ziel in der Gemeindeordnung auf Netto-Null CO₂-Emissionen bis 2030 anzupassen.
- Das Postulat 2019/107¹⁶ will die Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft so überarbeiten, dass bei deren Umsetzung das Ziel «Netto-Null CO₂-Emissionen bis 2030» erreicht wird. Die Massnahmen und die Erreichung der Ziele sollen hinsichtlich der sozialen, ökologischen und ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit geprüft und bewertet werden.
- Das Postulat 2019/135¹⁷ verlangt, dass nach Departement gegliederte, konkret geplante, mögliche sowie notwendige Massnahmen zu den Zielsetzungen a) 1 Tonne CO₂ bis 2050 (gemäss Gemeindeordnung), b) Klimaneutralität bis 2050 (gemäss Gletscherinitiative) und c) Klimaneutralität bis 2030 aufgezeigt werden. Der Bericht soll zudem für jede Massnahme

¹² Vgl. separater Bericht der Arbeitsgemeinschaft INFRAS/Perspectives zuhanden UGZ/EB Stadt Zürich sowie AWEL Abteilung Luft des Kantons Zürich (Juni 2020).

¹³ Mit dem Instrument der *Kompensation* können Staaten und andere Akteure heute eigene Treibhausgasemissionen «kompensieren», indem sie einen finanziellen Beitrag an Emissionsverminderungsprojekte im Rest der Welt leisten (in der Regel über das dafür vorgesehene standardisierte Zertifikat-System).

¹⁴ Vgl. Detailinformationen zur Interpellation GR 2018/284 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaeftedetailansicht-geschaefte?gld=48d905e7-ec8b-4749-bf8b-ac0fc6ec1961>

¹⁵ Zugewiesen an UGZ/EB; Detailinformationen zur Motion GR 2019/106 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaeftedetailansicht-geschaefte?gld=e72ab07f-f1a3-4d59-98c0-62ce473862a9>

¹⁶ Zugewiesen an GUD; Detailinformationen zum Postulat GR 2019/107 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaeftedetailansicht-geschaefte?gld=c3c60833-acbc-4159-8efd-7b6bb897149a>

¹⁷ Zugewiesen an GUD; vgl. Detailinformationen zum Postulat GR 2019/135 unter <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaeftedetailansicht-geschaefte?gld=d60ea62b-51fe-43b7-a08c-86d28ffbfedd>

(auch anderer staatlichen Ebenen) die Netto-CO₂-Bilanz, die resultierenden Kosten und die direkten und indirekten sozialen Auswirkungen darlegen.

Der Stadtrat steht hinter dem Klimaschutzziel von Paris. Das hat er mit dem Stadtratsbeschluss 0001/2019¹⁸ zur Interpellation 2018/284¹⁴ und dem Stadtratsbeschluss 0426/2019¹⁹ zu den Forderungen klimastreikender SchülerInnen deutlich gemacht, die er als Petition entgegengenommen hat. Übereinstimmend damit hat er auch die drei Vorstösse 2019/106¹⁵, 2019/107¹⁶ und 2019/135¹⁷ entgegengenommen. In diesem Zusammenhang will der Stadtrat eine Verschärfung des aktuellen Zürcher Klimaschutzziels von einer Tonne CO₂ pro Kopf und Jahr bis 2050 prüfen. Dabei ist ihm wichtig, dass die Ziele unter Wahrung von Demokratie und Rechtsstaat erreicht werden können.

1.2. Ziele und Fragestellungen

1.2.1. Projekt «Netto-Null-Treibhausgasemissionen Stadt Zürich»

Als Basis für die Zielüberprüfung bzw. Zielverschärfung will der Stadtrat ein entsprechendes Netto-Null-Szenario erarbeiten. Dieses soll sich auf eine Szenario-Analyse stützen, die aufzeigt, in welchem Zeitraum, innerhalb welcher Systemgrenzen, unter welchen Rahmenbedingungen und mit welchen Konsequenzen ein entsprechendes Szenario in der Stadt Zürich umgesetzt werden kann. Vor diesem Hintergrund hat die Stadt Zürich (mit Federführung Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich und Energiebeauftragte Stadt Zürich) das Projekt «Netto-Null-Treibhausgasemissionen Stadt Zürich» mit folgenden Zielen gestartet:

- Das Projekt soll klären, mit welchen Massnahmen die Ziele von Netto-Null 2030, Netto-Null 2040 resp. Netto-Null 2050 erreicht werden können. Im Fokus stehen Massnahmen, die die Stadt Zürich umsetzen kann (der Gestaltungsspielraum der Stadt Zürich im Vergleich zu allen anderen Akteuren muss klar ausgewiesen werden). Ergänzend ist aufzuzeigen, welche Massnahmen auf Bundesebene, kantonaler Ebene und internationaler Ebene welchen Beitrag leisten können.
- Das Projekt soll zeigen, welche ökologischen, sozialen und ökonomischen²⁰ Auswirkungen die Umsetzung der Massnahmen bzw. der Ziele Netto-Null 2030, Netto-Null 2040 und Netto-Null 2050 hat. Dazu sind Chancen und Risiken bzw. Synergien und Zielkonflikte, die mit der Netto-Null-Zielsetzung bzw. deren Umsetzung verbunden sind, zu identifizieren und auszuweisen.

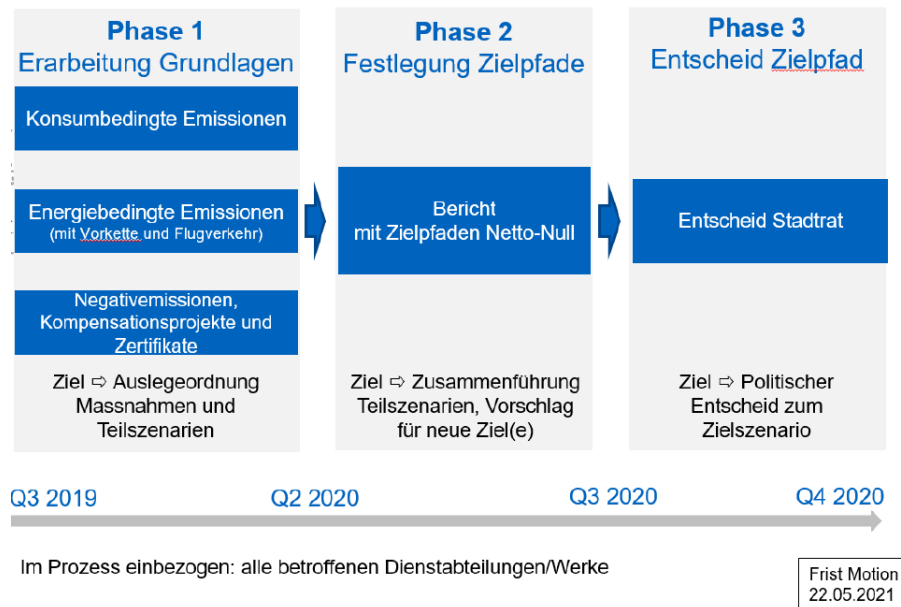
¹⁸ Vgl. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/geschaefte-des-stadtrates/stadtratsbeschluesse/2019/Jan/StZH_STRB_2019_0001.html

¹⁹ Vgl. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/geschaefte-des-stadtrates/stadtratsbeschluesse/2019/Mai/StZH_STRB_2019_0426.html

²⁰ Es sollen insbesondere die für die Umsetzung der Netto-Null-Szenarien notwendigen Investitionen und laufenden Kosten bzw. Nutzen im Vergleich zum Referenzszenario quantitativ geschätzt werden.

Wichtig ist, dass im Projekt das bisherige Ziel von 1 Tonne CO₂ pro Kopf bis 2050 gemäss dem Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft als Vergleichsbasis miteinbezogen werden soll. Das Projekt soll sich zudem inhaltlich in die drei Bereiche «energiebedingte Emissionen», «konsumbedingte Emissionen» sowie «Negativemissionen, Kompensationsprojekte und Zertifikate» und zeitlich in drei Phasen gliedern (Abbildung 4). In Phase 1 soll eine möglichst fundierte Auslegung aufgrund bestehender Grundlagen und Einschätzungen von verwaltungsinternen sowie externen ExpertInnen vorgenommen werden. In Phase 2 sollen aus den Bausteinen des Grundlagenberichts die Netto-Null-Szenarien zusammengeführt (Gesamtszenarien) werden. In Phase 3 folgen die politischen Entscheide, zuerst im Stadtrat, dann im Gemeinderat und – falls eine Zielanpassung in der Gemeindeordnung postuliert wird – durch das Stimmvolk.

Abbildung 4: Projekt «Netto-Null-Treibhausgasemissionen Stadt Zürich»

**«Energiebedingte Emissionen»**

Treibhausgasemissionen, die mit dem Endenergieverbrauch auf dem Territorium der Stadt Zürich sowie dem Luftverkehr zusammenhängen (inkl. Vorketten zur Förderung/Aufbereitung bzw. Erzeugung sowie Transport der Endenergieträger an ihren Einsatzort).²¹

«Konsumbedingte Emissionen»

Unter die konsumbedingten Emissionen fallen alle übrigen Treibhausgasemissionen (z.B. Emissionen, die mit der Ernährung sowie weiteren Konsumgütern zusammenhängen oder Emissionen aus der Gebäudeerstellung bzw. den vorgelagerten Emissionen anderer Investitionsgüter wie Infrastrukturen oder Fahrzeuge). Eine genaue Abgrenzungsmethodik ist für das Projekt «Netto-Null-Treibhausgasemissionen Stadt Zürich» nicht vorgegeben bzw. in dessen Rahmen festzulegen.²²

«Negativemissionen, Kompensationsprojekte und Zertifikate»

Dieser Bereich umfasst alle Aspekte der Treibhausgasemissionen (natürliche, technische) sowie der Kompensation von Treibhausgasemissionen mit Emissionsverminderungsprojekten im Ausland. Das Thema Negativemissionen ist integrierter Bestandteil dieses Projektes und wird in einem separaten Bericht behandelt (INFRAS/Perspectives 2020).

Quelle: UGZ/EB (Offertanfrage/Pflichtenheft vom 13. September 2019)

²¹ Details zur bestehenden Abgrenzungsmethodik, auf welche die «offizielle» Treibhausgasstatistik der Stadt Zürich zu den energiebedingten Emissionen abstützt vgl. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/2000-watt-indikatoren/treibhausgasbilanz.html sowie https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft/hintergrund/Konzept.html.

²² Eine mögliche Systematik zur Abgrenzung ist die «Konsumperspektive der stadtzürcher Haushalte» (vgl. dazu u.a. eine Grundlagenstudie der Energieforschung Stadt Zürich: https://www.energieforschung-zuerich.ch/fileadmin/berichte/Zusammenfassung_Bericht_Konsumperspektive_FP-1.1.pdf).

1.2.2. Phase 1: Grundlagen zu energie- und konsumbedingten Emissionen

In vorliegendem Grundlagenbericht dokumentieren wir die Analysen und die Ergebnisse der Phase 1 zu den energie- und konsumbedingten Emissionen. Dabei orientieren wir uns an den Zielsetzungen des Gesamtprojekts (vgl. Kapitel 1.2.1) und bearbeiten folgende Fragestellungen:

Energiebedingte Emissionen

Zielsetzung

- Was bedeutet eine Zielsetzung «Null Treibhausgasemissionen» auf dem Territorium der Stadt Zürich bis 2030, 2040 bzw. 2050 für die verschiedenen Bereiche Siedlung, Gebäude, Mobilität und Energieversorgung? Mit welchen Stossrichtungen im Rahmen der handlungsleitenden Prinzipien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz kann und soll diese Zielsetzung erreicht werden? Wie «sieht die Stadt Zürich aus», wenn diese Zielsetzung erreicht ist («Zielbild»)?
- Welche Chancen und Risiken bzw. Synergien und Zielkonflikte sind mit diesen Zielsetzungen bzw. diesen Zielbildern verbunden? In Bezug auf welche Aspekte sind bei der Festlegung differenzierter Ziele politische Entscheide erforderlich?
- Wie viele Treibhausgasemissionen fallen im Zieljahr (2030, 2040 bzw. 2050) im Rahmen der Vorketten der Energiebereitstellung sowie beim Luftverkehr noch an?
- Wie ist die bestehende städtische Zielsetzung 1 Tonne CO₂ bis 2050 im Vergleich dazu zu beurteilen?

Umsetzung

- Wie entwickeln sich die Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung bereits umgesetzter, geplanter sowie realistischerweise zu erwartenden Politikmassnahmen auf EU-, Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene bis 2050 (Referenzentwicklung)? Wie gross ist der Handlungsbedarf, der sich aus dem Vergleich dieser Referenzentwicklung mit dem Ziel Null Treibhausgasemissionen auf dem Territorium der Stadt Zürich bis 2030, 2040 bzw. 2050 ableitet?
- Welche Treiber und Hemmnisse sind für die Umsetzung der Ziele in den verschiedenen Bereichen Siedlung, Gebäude, Mobilität und Energieversorgung besonders relevant? Welches sind die wichtigsten Herausforderungen auf dem Weg zur Umsetzung? Wie können diese angegangen werden?
- Wie und wie stark kann die Stadt Zürich die Entwicklung in Richtung Null Treibhausgasemissionen auf dem Territorium der Stadt Zürich bis 2030, 2040 bzw. 2050 selbst vorantreiben (städtischer Gestaltungsspielraum)? Welche Rolle spielen Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebenen (Bund, Kanton, EU)?

- Wie ist die Umsetzung der bestehenden städtischen Zielsetzung 1 Tonne CO₂ bis 2050 im Vergleich dazu zu beurteilen?

Auswirkungen

- Welche konkreten quantitativen Absenkpfade ergeben sich bei den Treibhausgasemissionen? Welche Bedeutung haben dabei die Bereiche Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung sowie Personen- und Güterverkehr?
- Mit welchen volkswirtschaftlichen Mehrkosten bzw. Einsparungen gegenüber der Referenzentwicklung ist die Umsetzung der Zielsetzungen verbunden?
- Welche Mehrkosten bzw. Einsparungen resultieren in Bezug auf Investitionen der Stadt in eigene Gebäude, Infrastrukturen, Anlagen und Fahrzeuge, die für die Umsetzung der Zielsetzungen nötig sind? Wie hoch sind die «Mehrkosten» bzw. «Einsparungen» gegenüber der Referenzentwicklung im Bereich der städtischen Transferausgaben (Förderung etc.) sowie des eigenen Umsetzungsaufwands der Stadt Zürich?
- Welche weiteren ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen sind mit der Zielsetzung und ihrer Umsetzung verbunden? Welche Chancen und Risiken bzw. Synergien und Zielkonflikte sind dabei besonders relevant?

Konsumbedingte Emissionen

- Wie hoch sind die konsumbedingten Treibhausgasemissionen der Stadt Zürich heute? Wie verteilen sich diese auf die verschiedenen Konsumbereiche?
- Welches sind die wichtigsten Einflussgrößen für die Treibhausgasintensität der einzelnen Konsumbereiche (z.B. Strommix in den Produktionsländern, Trends in der landwirtschaftlichen Produktion, Technologieentwicklung etc.)? Welche weiteren wichtigen Aspekte haben hier einen Einfluss (z.B. Anteil tierische Produkte bei der nachgefragten Ernährung)?
- Welche Entwicklungen können für die exogenen Kontextfaktoren und die weiteren Aspekte bis 2050 realistischerweise erwartet werden? Welche Referenzentwicklung der konsumbedingten Treibhausgasemissionen bis 2050 hat dies zur Folge?
- Mit welchen Stossrichtungen in den Handlungsbereichen Suffizienz, Effizienz und Konsistenz könnten die konsumbedingten Emissionen bis 2050 «gegen Null» gesenkt werden? Welche Trends im Konsumbereich begünstigen bzw. hemmen die angestrebte Entwicklung in Bezug auf diese Stossrichtungen? Welche Chancen und Risiken bzw. Synergien und Zielkonflikte bezüglich ökologischer, sozialer und ökonomischer Aspekte müssen dabei beachtet werden? Wie und auf welchen Ebenen (Stadt, Bund bzw. Kanton, EU, international) könnten diese Stossrichtungen in konkrete Politikmassnahmen übersetzt werden?

- Mit welchen konkreten Massnahmen könnte die Stadt Zürich in ihrem eigenen Verantwortungsbereich einen messbaren Beitrag an die Reduktion der konsumbedingten Treibhausgasemissionen leisten? In welchem Umfang?

2. Methodik

2.1. Systemgrenzen

Die Zielsetzung des Pariser Klimaübereinkommens von Netto-Null Treibhausgasemissionen bezieht sich auf den globalen Kontext. Das Ziel ist erreicht, wenn die weltweiten Treibhausgasemissionen gleich hoch bzw. tief liegen wie die weltweiten natürlichen und technischen Treibhausgasenken. Schwieriger wird es, wenn einzelne Regionen betrachtet werden. Bereits auf Länderebene stellen sich komplexe Abgrenzungsfragen. Die Länder «lösen» diese, indem sie sich auf die offiziellen internationalen Bilanzierungsregeln berufen (im Wesentlichen auf das Territorial- bzw. Absatzprinzip), so auch die Schweiz (vgl. dazu z.B. das Hintergrundpapier des BAFU zum Ziel Netto-Null Treibhausgasemissionen bis 2050²³). Aus Sicht der internationalen Klimapolitik ist dieses pragmatische Vorgehen zweckmässig. Allerdings berücksichtigt es die politische Verantwortung von reichen und stark dienstleistungsorientierten Volkswirtschaften ungenügend. Die Treibhausgasemissionen des Konsums dieser Länder erfolgen grösstenteils nicht innerhalb der Systemgrenze, machen jedoch den grössten Teil ihres Fussabdrucks aus. Das gleiche gilt für die Folgewirkungen aufgrund der Finanzanlagen der Haushalte und der Unternehmen auf Landesgebiet sowie der Beschaffung bzw. der Produkte und Dienstleistungen dort ansässiger Unternehmen. Diese Problematik akzentuiert sich für eine international ausgerichtete Stadt wie Zürich zusätzlich. Eine technisch bzw. rechnerisch «korrekte» Lösung gibt es nicht, selbst wenn es seitens der internationalen Klimapolitik auch für Städte erste Standardisierungsempfehlungen gibt («GHG Protocol for Cities»²⁴). Die Definition der Systemgrenzen für eine städtische Netto-Null-Zielsetzung ist letztlich eine Frage der politischen Verantwortung: Wo bzw. in welchen Bereichen muss, kann oder will die Stadt Zürich politische (Mit-)Verantwortung übernehmen, und wo nicht?

Systemgrenzen vorliegender Analyse

Für unsere Analyse halten wir uns – zum Teil auftragsbedingt bzw. gegeben durch die bestehende städtische Treibhausgasbilanzierung – an folgende Abgrenzung und den im gesamten Bericht konsequent verwendeten Farbcode (vgl. dazu Abbildung 5):

- Direkte energiebedingte Emissionen auf Stadtgebiet (gelb): Emissionen aus Heizöl, Erdgas, Benzin und Diesel (andere fossile Energieträger spielen keine relevante Rolle), die auf Stadtgebiet eingesetzt werden (im Verkehr sind also ausschliesslich Fahrten auf Stadtgebiet erfasst).

²³ Vgl. <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/klimaziel2050-netto-null-treibhausgasemissionen-hintergrundpapier.pdf.download.pdf/Hintergrundpapier%20Netto-Null-Ziel%202050.pdf>

²⁴ Vgl. <https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>.

- Energiebedingte Emissionen im Zusammenhang mit den Vorketten der Energienutzung (orange): Praktisch vollständig ausserhalb der Stadt anfallende Emissionen aus den Vorketten der Energienutzung auf Stadtgebiet, v.a. aus den Vorketten von Strom, Erdgas, Heizöl, Benzin und Diesel (die Vorketten der Holz-Nutzung machen absolut einen geringen Anteil aus).
- Emissionen aus dem Flugverkehr (braun), hauptsächlich aus dem Kerosineinsatz (inkl. der Vorketten) sowie aufgrund klimaschädlicher non-CO₂-Effekte (vgl. dazu Kapitel 6).
- Alle übrigen, in dieser Analyse berücksichtigten Emissionen (rot):
 - Aus der «erweiterten Territorialperspektive» (Erläuterungen folgen unten): Emissionen ausserhalb des Stadtgebiets im Zusammenhang mit der Herstellung (Material, Herstellungsprozesse ausserhalb der Stadt) im Zusammenhang mit Gebäuden und Geräten sowie mit dem Verkehr auf dem Territorium der Stadt Zürich.
 - Aus der Perspektive der städtischen Haushalte: Emissionen im Zusammenhang mit dem Konsum der städtischen Haushalte (Ernährung und weitere Konsumgüter) und – zur Vervollständigung lediglich grob geschätzt – dem Personenverkehr städtischer Haushalte ausserhalb des Territoriums der Stadt Zürich.
 - Ergänzend sind die auf dem Territorium der Stadt Zürich emittierten F-Gase quantifiziert, die unter den übrigen Treibhausgasen den mit Abstand grössten Anteil ausmachen (Methan und Lachgas spielen im städtischen Kontext kaum eine Rolle).

Gemäss Vorgabe bzw. in Abstimmung mit der Stadt Zürich nicht in diese Analyse einbezogen wird der Treibhausgasfussabdruck

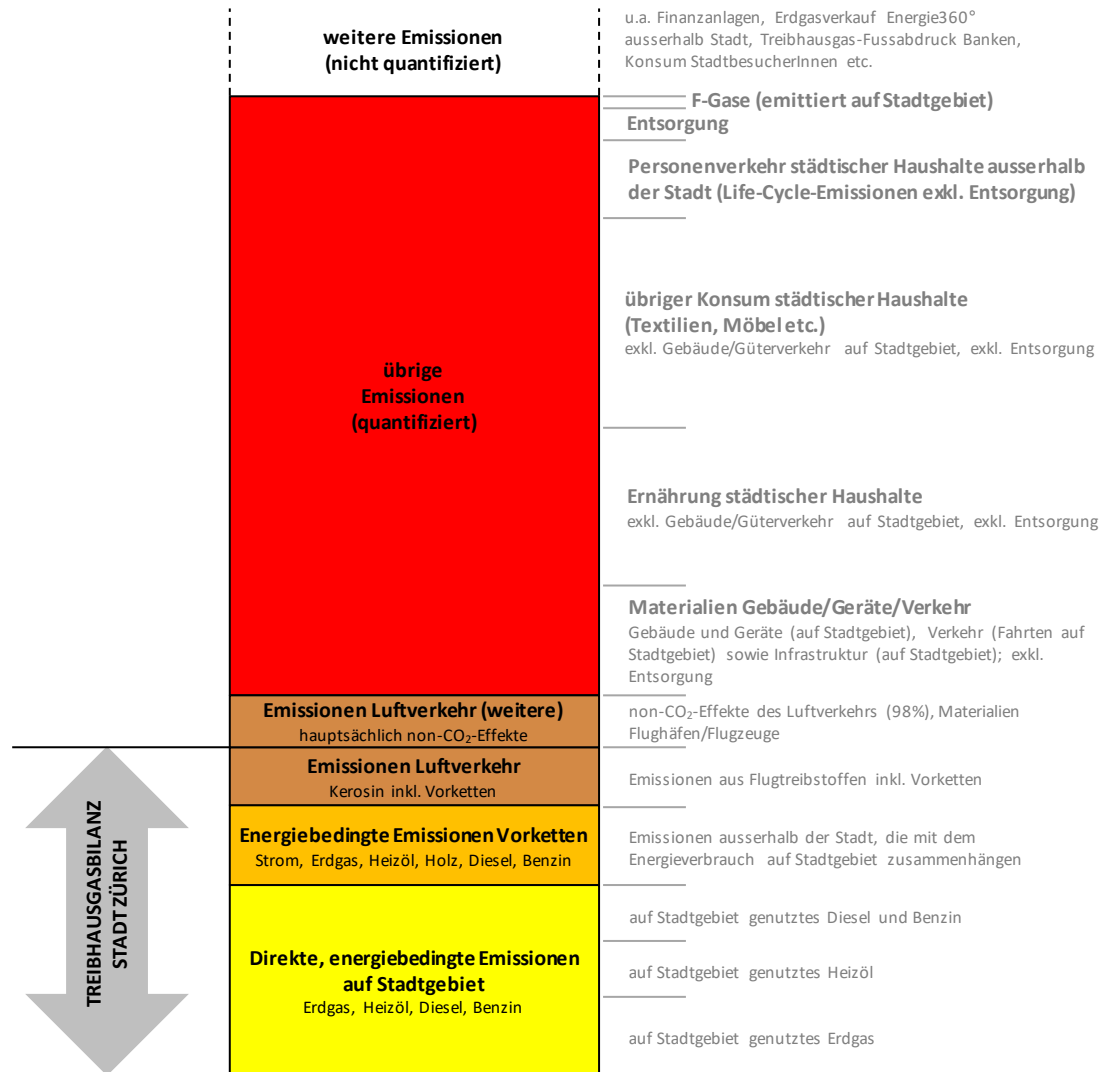
- von Finanzanlagen der Stadt Zürich als Akteur²⁵ sowie Finanzanlagen der Haushalte auf Stadtgebiet bzw. der in der Stadt ansässigen Unternehmen,
- von Produkten und Dienstleistungen von in der Stadt ansässigen Unternehmen²⁶ sowie von deren Beschaffung von Investitions- und Konsumgütern,
- von privaten bzw. geschäftlichen Reisen bzw. Aufhalten von nicht in der Stadt wohnhaften Personen (v.a. der Konsum in der Stadt²⁷; zudem die Mobilität bis an die Stadtgrenze).

²⁵ Inputs zum Stand und zu möglichen Massnahmen zur Reduktion des Fussabdrucks von Finanzanlagen der Stadt von UGZ, PKZH und UVZ sind im Anhang 11.5 zu finden.

²⁶ Der mit Produkten und Dienstleistungen von in der Stadt ansässigen Unternehmen zusammenhängende Treibhausgasfussabdruck (insbesondere des Finanzsektors) ist mutmasslich sehr gross (vgl. z.B. <https://www.greenpeace.ch/de/medienmitteilung/8103/schweizer-grossbanken-finanzieren-treibhausgasemissionen-im-grossen-stil/>). Allerdings ist höchst umstritten, ob die Stadt diesbezüglich (Mit-)Verantwortung übernehmen soll bzw. kann und ob es überhaupt relevante städtische Hebel gäbe, um einen effektiven Beitrag an die Reduktion dieses Fussabdrucks zu leisten.

²⁷ Für Touristen und andere Besucher ist die Stadt Zürich ein «Konsumparadies» – eine Rolle, welche aus politischer Sicht zumindest hinterfragt werden könnte.

Abbildung 5: Schematische Darstellung der Systemgrenzen für die Analyse



Die Darstellung ist nicht exakt massstäblich, bildet aber die Anteilsverhältnisse grob ab. Der vertikale Pfeil illustriert, welche Emissionen heute in der Energiestatistik und Treibhausgasbilanz der Stadt Zürich erfasst und ausgewiesen werden. Der Farbcode zur Kennzeichnung der Emissionsteile wird nachfolgend im gesamten Bericht für die Grafiken identisch verwendet.

Grafik INFRAS.

Zwei Perspektiven: Stadt Zürich als Akteur sowie Stadt als Territorium bzw. als Gemeinschaft

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen den Treibhausgasemissionen der *Stadt Zürich als Akteurin* und jenen der *Stadt Zürich als Territorium bzw. als Gemeinschaft* von Haushalten und Unternehmen, die in der Stadt ansässig sind, von privaten und geschäftlichen BesucherInnen sowie von Eigentümerschaften, die Eigentum (v.a. Gebäude) in der Stadt Zürich besitzen.

Mit der *Stadt Zürich als Akteurin* meinen wir die städtische Verwaltung²⁸ sowie die Werke²⁹ als Arbeitgeberin, Eigentümerin, Bauherrin, Vermieterin, Beschaffende, Konsumentin sowie Anbieterin von Produkten und Dienstleistungen. Für diese Akteurin nehmen wir die *Treibhausgas-Fussabdruck-Perspektive* ein, mit der wir die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus sowie über die gesamte Wertschöpfungskette betrachten, welche die Stadt Zürich als Akteurin (mit-)verantwortet. Ausgenommen ist wie gesagt der Treibhausgasfussabdruck der Finanzanlagen, der in einer separaten Analyse betrachtet wird (vgl. Anhang 11.5). Mit dem *Fokus auf die Beschaffung* legen wir zudem einen Schwerpunkt auf einen Teilbereich der Emissionen aus der Treibhausgas-Fussabdruck-Perspektive. Hier berücksichtigen wir ausschliesslich die Treibhausgasemissionen, welche die Stadt Zürich als Akteurin aufgrund ihrer Beschaffung von Investitions- und Konsumgütern insgesamt (mit-)verantwortet.

Für die *Stadt Zürich als Territorium bzw. als Gemeinschaft* (von Haushalten, Unternehmen und ihren Arbeitnehmenden, BesucherInnen, EigentümerInnen) legen wir für unsere Analyse ausgehend vom Kontext Netto-Null, von den bestehenden Systemgrenzen der heutigen städtischen Energie- und Klimapolitik und in Absprache mit UGZ/EB folgende Perspektiven fest:

- Zur Berücksichtigung der Stadt als Territorium nehmen wir die *erweiterte Territorialperspektive* ein. Diese entspricht der Grundlogik der städtischen Energie- und Klimapolitik³⁰, die im Wesentlichen die auf Stadtgebiet verbrauchte Endenergie inkl. deren Vorprozesse berücksichtigt (Förderung und Aufbereitung bzw. Erzeugung der Endenergie sowie Transport an deren Einsatzort). Die Analyse führen wir für die zentralen Bereiche Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung sowie Personen- und Güterverkehr ausführlich durch (vgl. Kapitel 3 und 4). Dabei vervollständigen wir die Territorialperspektive, indem wir auch alle übrigen vor- und nachgelagerten Prozesse einbeziehen (bei den Gebäuden auf Stadtgebiet z.B. auch deren Erstellung und Rückbau, bei Autofahrten auf Stadtgebiet z.B. auch die anteiligen Emissionen aus der Fahrzeugherstellung und dem Strassenbau etc.).
- Zur – teilweisen³¹ – Berücksichtigung der Stadt als Gemeinschaft nehmen wir die *Konsumperspektive der Haushalte auf Stadtgebiet* ein. Das machen wir ergänzend zur Betrachtung aus der Territorialperspektive. Wir erfassen, welche zusätzlichen Treibhausgasemissionen die Haushalte auf Stadtgebiet durch den Konsum in der Stadt ausserhalb der Stadt Zürich

²⁸ Gesamte Stadtverwaltung, insbesondere auch die energieintensiven Dienstabteilungen (IMMO, OIZ, Stadtspitäler).

²⁹ ERZ, Energie360°, ewz, VBZ, WVZ.

³⁰ Bei der Festlegung der Systemgrenzen für die quantitative Zielsetzung (1 t CO₂ bzw. 2000 Watt Primärenergie pro Kopf), für das quantitative Monitoring und die darauf ausgerichtete Berichterstattung orientiert sich die städtische Energie- und Klimapolitik am «2000-Watt-Konzept» (vgl. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft/hintergrund/Konzept.html).

³¹ Insbesondere wird die Perspektive der in der Stadt Zürich angesiedelten Unternehmen mit ihrer Beschaffung und ihren Produkten und Dienstleistungen von dieser Analyse ausgeschlossen (vgl. auch die folgenden Erläuterungen im Abschnitt zu den «nicht berücksichtigten Treibhausgasemissionen») und die Gebäudenutzung ausserhalb des Stadtgebiets (z.B. Ferienhäuser).

verursachen. Eine wichtige Rolle spielt hier der Luftverkehr (vgl. Kapitel 6). Weiter fokussieren wir auf die Ernährung und ausgewählte weitere Konsumbereiche (vgl. Kapitel 8 und 9).

2.2. Gliederung in Themenbereiche

In unserer Analyse sind Synergien bzw. Zielkonflikte im Zusammenhang mit Netto-Null besonders wichtig. Gleichzeitig müssen wir in der breit angelegten Grundlagenarbeit relevanzorientiert vorgehen, was die Treibhausgasemissionen im Kontext der Stadt Zürich betrifft. Um diesen Anforderungen nachzukommen, stützen wir uns auf die folgenden beiden Grundsätze (vgl. dazu die Gliederung in Themenbereiche gemäss Tabelle 2):

- Zum einen definieren wir die Themenbereiche Gebäude und Verkehr sehr breit, weil damit mehr Abhängigkeiten, Zielkonflikte bzw. Synergien berücksichtigt werden (z.B. bedeuten mehr Wohnflächen in der Konsequenz auch mehr gebäudebezogene Geräte, Maschinen und Anlagen). Aus demselben Grund behandeln wir die Energieversorgung nicht als eigenen Themenbereich, sondern im Rahmen der Analysen zu jenen Bereichen, in denen die Energieversorgung integral mitzudenken ist (bei Gebäuden, dem Personen- und Güterverkehr, der Entsorgung etc.; vgl. Tabelle 2).
- Zum anderen behandeln wir verschiedene Subthemen, die im städtischen Kontext einzeln betrachtet eine eher geringe Treibhausgasrelevanz aufweisen, als «Sammelbereiche». Konkret definieren wir zwei Sammelbereiche: einen ersten, der alle übrigen Themenbereiche umfasst, in deren Kontext heute auf Stadtgebiet Treibhausgase emittiert werden (z.B. städtische Industrie etc., vgl. Kapitel 5), und einen zweiten, in dem wir zusätzlich zur Ernährung (separat behandelt in Kapitel 7) alle übrigen Konsumbereiche zusammenfassen (vgl. Kapitel 9).

Gliederung des vorliegenden Grundlagenberichts

Die für unsere Analysen vorgenommene Gliederung in Themenbereiche gemäss Tabelle 2 übernehmen wir auch für die Strukturierung des vorliegenden Grundlagenberichts. So wird jeder Themenbereich in einem eigenen Kapitel behandelt. Dabei unterscheiden wir zwischen den beschriebenen Sichtweisen und Perspektiven.

Tabelle 2: Gliederung in Themenbereiche

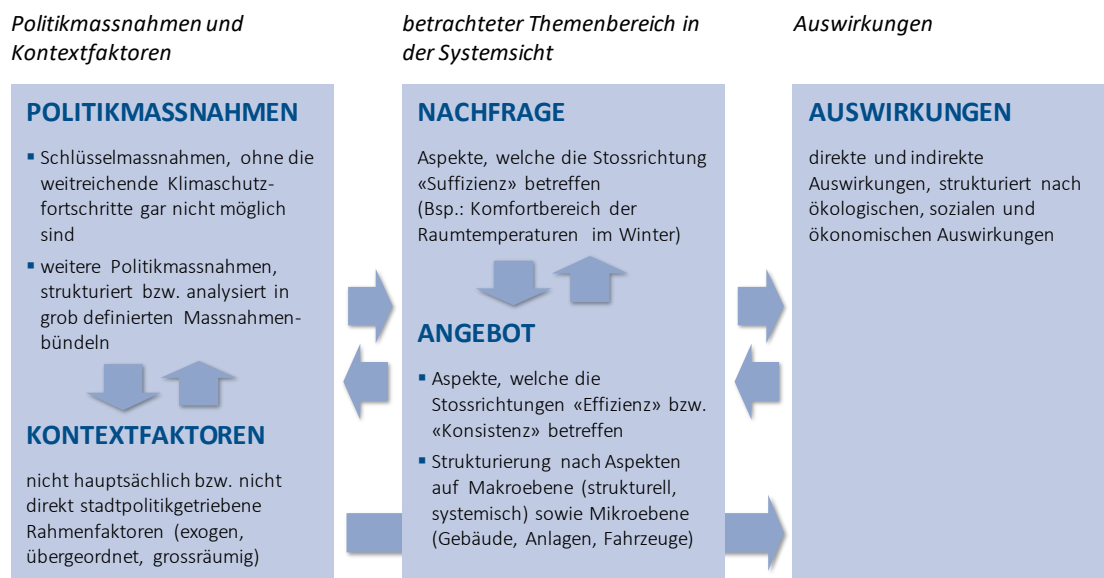
Themenbereich	Eckpunkte Abgrenzung Themenbereich im Detail beschreiben wir die Systemgrenzen in den themenbereichsspezifischen Kapiteln (jeweils gleich zu Beginn der Kapitel)	abgedeckte Handlungsbereiche gemäss Masterplan Energie
Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung (Kapitel 3)	Gebäude auf Stadtgebiet, inkl. allen gebäudebezogenen (Energie-)Dienstleistungen (Anlagen, Geräte etc.) und inkl. zentrale Anlagen und Infrastrukturen der Energieversorgung von Gebäuden	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Siedlung</i> und <i>Gebäude</i> (aber ohne Berücksichtigung der induzierten Mobilität) ▪ Gebäudebezogene Aspekte der <i>Energieversorgung</i>
Personen- und Güterverkehr (Kapitel 4)	Verkehr auf Stadtgebiet, inkl. Fahrzeuge und Verkehrsinfrastruktur, alle Fahrzeuge des Personenverkehrs	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Mobilität</i> (Personenverkehr auf Stadtgebiet) ▪ Personenverkehrsbezogene Aspekte von <i>Siedlung</i> und <i>Gebäuden</i> (induzierte Mobilität) sowie <i>Energieversorgung</i>
Übrige Bereiche mit Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet (Kapitel 5)	Restliche Emissionen auf Stadtgebiet, insbesondere Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen, F-Gase	Für diese übrigen Bereiche relevanten Aspekte der Handlungsbereiche <i>Siedlung</i> und <i>Gebäude</i> , <i>Mobilität</i> , <i>Energieversorgung</i> sowie <i>Konsum</i>
Luftverkehr (Kapitel 6)	Luftverkehr inkl. non-CO ₂ -Effekte, Flugzeuge/Flughäfen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Mobilität</i> (Personenluftverkehr) güterluftverkehrsbezogene Aspekte des <i>Konsums</i>
Entsorgung (Kapitel 7)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbrennung von Abfällen ▪ Biologische Behandlung von Abfällen ▪ Abwasserbehandlung und Abwassereinleitung ▪ Sonstige Entsorgung von Abfällen 	Abfallverwertungsbezogene Aspekte von <i>Siedlung</i> und <i>Gebäuden</i> (induzierter Güterverkehr), <i>Mobilität</i> (Güterverkehr auf Stadtgebiet), <i>Konsum</i> und <i>Energieversorgung</i>
Ernährung (Kapitel 8)	Ernährung (exkl. Gebäude/Güterverkehr auf Stadtgebiet, exkl. Entsorgung)	Konsumbezogene Aspekte von <i>Siedlung</i> und <i>Gebäuden</i> , <i>Mobilität</i> (Güterverkehr auf Stadtgebiet), <i>Konsum</i> und <i>Energieversorgung</i>
übrige Konsumbereiche (Kapitel 9)	Übrige Konsumbereiche (exkl. Gebäude/Güterverkehr auf Stadtgebiet, exkl. Entsorgung)	

Tabelle INFRAS/Quantis

2.3. Generische Wirkungsmodelle

Grundlage für die qualitativen und quantitativen Analysen bildet ein generisches Wirkungsmodell, das drei Ebenen unterscheidet (siehe Abbildung 6):

- *Systemsicht* auf die relevanten sozioökonomischen und technischen Aspekte bzw. Nachfrage und Angebot im Themenbereich,
- *Politikmassnahmen* und *exogene bzw. übergeordnete Kontextfaktoren*, die einen Einfluss auf den Themenbereich und dessen zukünftige Entwicklung haben,
- *Auswirkungen*, die einerseits mit dem Themenbereich und dessen zukünftiger Entwicklung und andererseits mit umgesetzten Politikmassnahmen zusammenhängen.

Abbildung 6: Wirkungsmodell (generisch)

Grafik INFRAS/Quantis

Elemente des Wirkungsmodells

Wirkungsbezüge

Die Politikmassnahmen und die exogenen bzw. übergeordneten Kontextfaktoren beeinflussen die Entwicklung im jeweiligen Themenbereich³², was zu den beschriebenen Auswirkungen führt (die auch direkt durch die Kontextfaktoren beeinflusst werden). Bei der Systemsicht auf die relevanten sozioökonomischen und technischen Aspekte des Themenbereichs gibt es zudem eine Wechselwirkung zwischen Nachfrage und Angebot. Auf tieferer «Flugebene» kommen dann – über alle Wirkungsmodellebenen hinweg – zahlreiche und vielfältige Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Aspekten hinzu, die wir in den Wirkungsmodellen nicht explizit abbilden.

Themenbereich in der Systemsicht («Nachfrage»)

Die Abgrenzung der wichtigsten Nachfrageaspekte – bei den Gebäuden beispielsweise die Gebäudeflächen und die nachgefragten (Energie-)Dienstleistungen – ist für unsere Analyse wichtig, weil es einen direkten Bezug zur städtischen Energie- und Klimapolitik gibt: Werden Treib-

³² Die den Wirkungen auf die jeweiligen Themenbereiche vorgelagerten Wirkungen auf Entscheide und Massnahmen der verschiedenen Akteure (bei den Gebäuden z.B. GebäudeeigentümerInnen, Bauherrschaften, Gebäudenutzende bzw. MieterInnen, Baufachleute, Energieversorgungsunternehmen) werden nicht explizit abgebildet, jedoch mitgedacht und bei Bedarf jeweils explizit beschrieben und begründet.

hausgasemissionen verringert, indem die Nachfrage reduziert bzw. strukturell verändert wird, betrifft dies die Stossrichtung «Suffizienz».³³ Bei den in diesem Zusammenhang wichtigen Aspekten berücksichtigen wir auf dieser Ebene u.a. auch grundlegende Treiber wie das Wachstum der Stadtbevölkerung sowie der Anzahl Arbeitsplätze in der Stadt Zürich. Diese Treiber sind in unserem Verständnis für die vorliegende stadtspezifische Analyse keine exogene Kontextfaktoren (im Gegensatz zur Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung im grossräumigen Kontext, d.h. in Europa, in der Schweiz und im überregionalen Kontext des Metropolitanraums Zürich), da sie durch die städtische Politik beeinflusst werden können.

Themenbereich in der Systemsicht (Mitte, «Angebot»)

Beim Angebot differenzieren wir zum einen zwischen energiebedarfs- bzw. energievorsorgungsseitigen Angebotsaspekten. Dies ist wichtig, weil sich diese im Kontext der städtischen Energie- und Klimapolitik den beiden übergeordneten Stossrichtungen «Effizienz» sowie «Konsistenz» zuordnen lassen.³³ Zum anderen unterscheiden wir Angebotsfaktoren auf Makroebene wie zum Beispiel die Siedlungsstruktur oder die Struktur des Gebäudeparks von jenen auf Mikroebene wie die in diesem Kontext relevanten Eigenschaften der Gebäude, Anlagen, Maschinen, Geräte, Fahrzeuge, Flugzeuge etc.).

Politikmassnahmen

Bei der Politik grenzen wir zum einen die übergeordneten Ebenen (Bund und Kanton sowie, wo relevant, die Europäische Union) von der Stadtpolitik ab, wobei wir in unserer Analyse einen städtischen Fokus setzen. Zum anderen konzentrieren wir uns auf *Schlüsselmassnahmen*, ohne die weitreichende Klimaschutzfortschritte aus unserer Sicht gar nicht möglich sind. Bei den Schlüsselmassnahmen handelt es sich erstens um breit und tiefgehend wirkende Anreize (Abgaben, Subventionen), zweitens um weitreichend geltende Vorschriften sowie Verbote und drittens – dies ausschliesslich auf Ebene der Stadtpolitik – um die Entwicklung der wichtigsten Infrastrukturen, Gebäuden, Anlagen und Fahrzeugflotten sowie eigener Produkte und Dienstleistungen im direkten städtischen Einfluss. Alle weiteren Politikmassnahmen beziehen wir lediglich in Form von grob definierten Massnahmenbündeln in unsere Analyse ein – beispielsweise die raum- und siedlungsplanerischen Basisinstrumente (insbesondere die kantonalen und kommunalen Richt- und Energiepläne), weniger breit und tiefgehend wirkende Anreize und Vorgaben (z.B. Einflussnahme über Gestaltungspläne, Sonderbauvorschriften, Arealüberbauungen oder an Anforderungen geknüpfter Ausnützungsbonus) sowie «Soft-Policy»-Massnahmen, die auf Ebene von Bund und Kanton bzw. in der Stadt umgesetzt werden

³³ Zu den drei Stossrichtungen der städtischen Energie- und Klimapolitik «Suffizienz», «Effizienz» und «Konsistenz» vgl. Begriffsdefinitionen und Erläuterungen gemäss UGZ-Webseite https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft/hintergrund/Massnahmen.html

(Sensibilisierung, Animation bzw. Nudging, Information und Kommunikation, Beratung, Aus- und Weiterbildung, Qualitätssicherung, Betriebsoptimierung).

Exogene bzw. übergeordnete Kontextfaktoren

Unter den exogenen Kontextfaktoren verstehen wir Rahmenfaktoren im grossräumigen Kontext (global, EU, Schweiz, Metropolitanraum Zürich), die nicht oder kaum von der städtischen Politik getrieben sind. Wir unterscheiden dabei zwischen folgenden Faktoren:

- Rahmenfaktoren, welche – zumindest bis heute – auch von der grossräumigen Energie- und Klimapolitik (auf Ebene EU bzw. Schweiz) typischerweise als exogene Kontextfaktoren zur Kenntnis genommen werden (grossräumiges Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum, internationale Rohöl- und Erdgaspreise)³⁴
- Entwicklung der Wirtschaftsstruktur in Europa, in der Schweiz sowie im Metropolitanraum Zürich
- Grossräumige Entwicklung der Stromversorgung im europäischen Verbund bzw. in der Schweiz, v.a. in Bezug auf
 - Technologien und Ausbaugeschwindigkeiten bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie bei der notwendigen Stromnetzinfrastruktur,
 - die saisonale Speicherung bzw. die Sektorkopplung über die Herstellung oder Rückverstromung von synthetischen Brenn- und Treibstoffen,
 - die ausreichende Bereitstellung von Blindleistung.
- Grossräumige Entwicklung (international, Europa) im Bereich der Versorgung mit biogenen und synthetischen Brenn- und Treibstoffen, v.a. in Bezug auf
 - welt- bzw. europaweit nachhaltig nutzbare biogene Ressourcen,
 - Technologien und Ausbaugeschwindigkeiten bei Anlagen zur Erzeugung synthetischer Brenn- und Treibstoffe sowie bei notwendigen Infrastrukturen für die Verteilung und all-fällige Speicherung.
- Globale sektorspezifische Technologie- und Marktentwicklung (generelle Technologieentwicklung, Innovationen, Massenmarktanteile von Schlüsseltechnologien, Kosten, Preise) in Schlüsselbereichen:
 - in der Land- und Viehwirtschaft,
 - bei der Zementherstellung,
 - in der chemischen Industrie und anderen energieintensiven Industrien,
 - beim Linienluftverkehr,
 - im Langstreckengüterverkehr (v.a. Schiffe, Sattelschlepper und Lastwagen),

³⁴ Dass direkte Massnahmen zur Eindämmung des Bevölkerungswachstums bzw. des Wirtschaftswachstums oder zur ursächlichen globalen Verteuerung von Rohöl bzw. Erdgas (Erhebung Treibhausgasabgabe am Ort der Förderung) Eingang in die Politik auf internationaler Ebene finden, ist zurzeit nicht absehbar.

- im Personenverkehr (v.a. Personenwagen),
- bei der Bautechnik im Bereich von Infrastrukturen und Gebäuden (v.a. bezüglich der Reduktion des spezifischen Zementeinsatzes).

Auswirkungen

Unter den *Auswirkungen* verstehen wir nicht nur die effektiv bewirkten Veränderungen (sinkende Treibhausgasemissionen, höherer Investitionsbedarf, steigende städtische Ausgaben etc.), sondern auch die Chancen und Risiken, die mit der Netto-Null-Zielsetzung bzw. deren Umsetzung verbunden sind, genauso wie die Akzentuierung bzw. Verschärfung von Zielkonflikten oder die Schaffung neuer bzw. die Verstärkung bestehender Synergien.

Inhaltlich gliedern wir die Auswirkungen in die ökologischen und in die sozialen bzw. ökonomischen Auswirkungen. Zudem grenzen wir in unserer Einschätzung ab, welche Auswirkungen wir im städtischen Kontext bzw. im Zusammenhang mit der Zielsetzung Netto-Null im jeweiligen Themenbereich für prioritär halten. Übereinstimmend dazu setzen wir auch bezüglich der Analysetiefe einen Fokus.

Tabelle 3: Auswirkungen (Detailspezifizierung und Priorisierung erfolgt in den Themenbereichskapiteln)

ökologisch	sozial / ökonomisch
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Veränderung Treibhausgasemissionen, inkl. Abhängigkeiten (Synergien, Zielkonflikte) und Wechselwirkungen zwischen Betriebsphase und übrigen Lebenszyklusphasen ▪ Veränderung Nutzenergie- und Endenergiebedarf ▪ Ressourcenverbrauch, Lärm, Luftschadstoffe, etc. ▪ Abhängigkeiten (Synergien, Zielkonflikte) bzw. Wechselwirkungen mit anderen städtischen Bereichen der nachhaltigen Entwicklung mit direktem Konnex zur Ökologie: Ausbau städtischer Infrastrukturen (Velo, ÖV, Verkehrsberuhigung, Entsiegelung, Begrünung) sowie Schutz von Gewässer und Grundwasser bzw. Flora und Fauna auf Stadtgebiet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volkswirtschaftliche Auswirkungen: Einsparung bzw. Mehraufwand bei volkswirtschaftlichen Kosten, Verteilungseffekte, Auswirkungen auf das lokale und regionale Gewerbe ▪ Einsparung bzw. Mehraufwand bei städtischen Investitionen (in Gebäude, Infrastrukturen, Anlagen, Fahrzeuge), bei städtischen Transferausgaben bzw. beim städtischen Umsetzungsaufwand ▪ Abhängigkeiten (Synergien, Zielkonflikte) bzw. Wechselwirkungen mit anderen städtischen Bereichen der nachhaltigen Entwicklung mit indirektem Konnex zur Ökologie: Erhaltung und Aufwertung der städtebaulichen und architektonischen Qualität, Denkmalschutz, Aufrechterhaltung und Verbesserung sozialer Mieten, Schutz archäologischer Schätze, Lufthygiene und Gesundheitsschutz, Aufrechterhaltung und Verbesserung der Wohn- und Arbeitsplatz- sowie der Umgebungsqualität

Tabelle INFRAS/Quantis

Für die zentralen Bereiche Gebäude und Personen-/Güterverkehr haben wir das generische Wirkungsmodell detailliert ausgearbeitet (vgl. Anhang 11.3).

2.4. Referenzentwicklung

Für die Szenario-Analyse definieren wir je Themenbereich eine *Referenzentwicklung*. Diese beschreibt gemäss generischem Wirkungsmodell (vgl. Kapitel. 2.3), wie sich die Politikmassnahmen und die übergeordneten Kontextfaktoren, die Nachfrage und das Angebot sowie die Auswirkungen 2020 bis 2050 unter den getroffenen Annahmen voraussichtlich entwickeln (die Referenzentwicklung startet im Jahr 2020; aufgrund der erwartungsgemäss starken Effekte von COVID-19 stützen wir uns auf quantitativ auf die Vorjahre 2018 und 2019 ab). Die Referenzentwicklung dient als Basis für die Analysen zu den Netto-Null-Szenarien. Der Vergleich zwischen einem Netto-Null-Szenario und der Referenzentwicklung ermöglicht Folgerungen zu folgenden Aspekten:

- wie hoch der Handlungsbedarf bezüglich zusätzlich notwendigen bzw. intensivierten Politikmassnahmen zur Zielerreichung ist;
- auf welche Weise und wie stark sich Nachfrage und Angebot im Themenbereich verändern, wenn die zusätzlichen Politikmassnahmen umgesetzt werden;
- wie stark die Treibhausgasemissionen reduziert werden und welche weiteren Auswirkungen (vgl. Tabelle 3) in welchem Ausmass resultieren, wenn die zusätzlichen Politikmassnahmen umgesetzt werden.

Was verstehen wir unter «Referenzentwicklung»?

Die Referenzentwicklung spezifizieren wir auf Basis der Grundannahme, dass sowohl bei den Politikmassnahmen wie auch bei «autonomen», d.h. nicht oder nicht hauptsächlich politikgetriebenen Aspekten von Nachfrage und Angebot, keine disruptiven Veränderungen erfolgen (keine «Sprünge» von noch nie dagewesenem Ausmass). Auf der Ebene der *Politikmassnahmen* nehmen wir für die Referenzentwicklung an, dass das Ambitionsniveau bezüglich der offiziellen Klimaschutzziele (erst als Absichtserklärung, noch nicht gesetzlich verankert) sowohl international, in der EU³⁵ sowie beim Bund (Netto-Null bis 2050³⁶) und im Kanton Zürich (Prozess läuft) sehr hoch ist. Für die Stadt Zürich gehen wir in der Referenzentwicklung nicht von einem Absenkepfad aus, der zum in der Gemeindeordnung verankerten 1-Tonne-CO₂-Ziel bis 2050 führt, sondern von einer weniger starken Absenkung. Das bestehende 1-Tonnen-Ziel ist sehr ambitioniert, nicht zuletzt, weil der Luftverkehr mitberücksichtigt ist.³⁷ Angesichts der absehbaren sozioökonomischen und technischen Entwicklungen und der geplanten Vermeidungsmassnahmen kann das Erreichen dieser Zielsetzung nicht für die Referenzentwicklung unterstellt werden.

³⁵ Vgl. z.B. offizielles Protokoll zum Entschluss https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0217_DE.html

³⁶ Vgl. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/klimaziel-2050.html>

³⁷ Vgl. z.B. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/2000-watt-indikatoren/treibhausgasbilanz.html

Auf dieser Basis skizzieren wir, wie stark sich der «Policy Gap» – d.h. die «Lücke» zwischen den Klimaschutzzielen und den effektiv umgesetzten Politikmassnahmen in der Stadt Zürich zwischen 2020 bis 2050 realistischerweise verringert. Dabei beziehen wir zum einen bereits beschlossene bzw. umgesetzte sowie geplante Politikmassnahmen ein, bei denen die Wahrscheinlichkeit in unserer Einschätzung schon heute sehr hoch ist, dass sie kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden. Zum anderen berücksichtigen wir – ebenfalls in eigener Einschätzung –, dass der Klimaschutz in Politik und Gesellschaft fortan steigendes und anhaltendes Gewicht haben wird und insbesondere ab den 2030er-Jahren vermehrt auch tiefgreifende Politikmassnahmen Akzeptanz finden und umgesetzt werden. Allerdings nehmen wir an, dass es bei sehr tief greifenden Politikmassnahmen in unserem Demokratie- und Rechtssystem jeweils lange dauert, bis diese effektiv in Kraft sind und Wirkung entfalten (Vorberatungen, Gesetzesprozesse, Abstimmungen, juristische Verfahren).

Bei den *Kontextfaktoren* unterstellen wir ebenfalls stetige Entwicklungen für die Periode 2020 bis 2050. Insbesondere schliessen wir hier Sprünge bei der Technologie und Marktentwicklung bis 2050 explizit aus (z.B. mehrheitlich elektrifizierter Linienluftverkehr, effektiv in Betrieb gehende Kernfusionsreaktoren, europaweite treibhausgasarme Wasserstoffversorgung mit bedeutendem Anteil an der Deckung des Gesamtenergiebedarfs etc.).

In der Konsequenz entwickeln sich *Nachfrage und Angebot* im jeweiligen Themenbereich in ähnlicher Weise, zumal wir auch keine autonomen (d.h. explizit nicht politikgetriebene) disruptiven Veränderungen bei der Nachfrage und beim Angebot unterstellen. Dass zum Beispiel grosse Anteile der Bevölkerung bis 2050 intrinsisch motiviert in viel kleineren Wohnungen leben, nur in sehr leichten Kleinstfahrzeugen unterwegs sein oder kein Fleisch mehr essen möchten, schliessen wir genauso aus wie analoge Veränderungen auf der Angebotsseite – z.B., dass eine Mehrheit aller Bauherrschaften aus eigenem Antrieb flächendeckend viel kleinere Wohnungen baut, die meisten Autoimporteure nur noch Kleinstfahrzeuge anbieten (obwohl grössere Fahrzeuge noch erhältlich bzw. zulässig sind) oder eine Mehrheit aller Restaurants auf durchgängig vegetarische Menus umstellt.

Im Endeffekt zeigen sich diese Annahmen auch bei den *Auswirkungen*, insbesondere bei der Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Zu den energiebedingten Emissionen ist zu bemerken, dass wir für unsere Analyse eine aus heutiger Sicht realistische Referenzentwicklung zugrunde legen. Diese ist im Vergleich zu früheren Ausgaben der nationalen Energieperspektiven³⁸ ambitionierter, weil wir von günstigeren Einflussfaktoren auf den verschiedenen Ebenen ausgehen. Trotzdem bleibt die Ziellücke in Bezug auf die unterstellten Klimaschutzziele (Netto-Null bis 2050 für EU bzw. Schweiz, 1 Tonne CO₂ bis 2050 für die Stadt Zürich) in der

³⁸ Vgl. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050/dokumentation/energieperspektiven-2050.html>; ein direkter Detailvergleich mit den neuen, noch nicht publizierten Energieperspektiven war uns im Rahmen dieser Grundlagenarbeit nicht möglich.

Referenzentwicklung nach wie vor gross. Zudem ist zu beachten, dass Referenzentwicklungen auf nationaler Ebene mit jener auf Stadtebene generell nicht direkt vergleichbar sind – schon wegen unterschiedlicher Systemgrenzen, aber auch, weil die Stadt Zürich im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt in der Ausgangslage 2020 einen stark überproportionalen Erdgasanteil im Gesamtenergieversorgungsmix aufweist.

2.5. Netto-Null-Szenarien

Mit *Netto-Null-Szenarien* bezeichnen wir Szenarien für die energie- und konsumbedingten Emissionen der Stadt Zürich, die grundsätzlich mit dem Ziel Netto-Null Treibhausgasemissionen kompatibel sind. Für unsere Szenario-Analyse definieren und analysieren wir je Themenbereich mögliche Netto-Null-Szenarien für die Stadt Zürich, und zwar entlang dem folgenden Vorgehen:

- Diskussion von *Stossrichtungen*, über die die Netto-Null-kompatible Entwicklung der Treibhausgasemissionen möglich ist bzw. erfolgen soll,
- Definition politikrelevanter Netto-Null-Zielsetzungen und deren Konkretisierung in Form von *Zielbildern*,
- Identifikation und Priorisierung von *Politikmassnahmen*, mit denen die Netto-Null-Zielsetzungen bis 2050, 2040 bzw. 2030 erreicht werden können,
- Qualitative und quantitative Analyse zu den *Auswirkungen*, die mit den jeweiligen Zielsetzungen und ihrer Umsetzung zusammenhängen.

Stossrichtungen

Als ersten Schritt stellen wir Überlegungen zu den Stossrichtungen im Themenbereich an, über welche die starke und beschleunigte Reduktion der Treibhausgasemissionen erreicht werden könnte. Dabei berücksichtigen wir die übergeordneten Ansätze gemäss Masterplan Energie 1. Suffizienz, 2. Effizienz und 3. Konsistenz, welche die Grundpfeiler der städtischen Energie- und Klimapolitik bilden.³⁹

Energiebedingte Emissionen auf dem Territorium der Stadt Zürich

Eine sofortige, schnelle und starke Emissionsreduktion auf Null ist bei den energiebedingten Emissionen auf dem Territorium der Stadt Zürich aus politischer Sicht möglicherweise am einfachsten über die Konsistenz zu forcieren, d.h. die Elektrifizierung sowie die Substitution durch direkt genutzte erneuerbare Energie. Gleichzeitig gibt die Stadt damit aber erstens Verantwortung an die übergeordneten politischen Ebenen sowie Regionen ab (der Strom sowie ein Teil der direkt genutzten erneuerbaren Energie stammen mehrheitlich nicht aus der Stadt, auch zukünftig nicht) und trägt zweitens dazu bei, dass das Risiko steigt, dass das Ziel Netto-Null im

³⁹ Vgl. Stadt Zürich 2016b.

grossräumigen Kontext nicht erreicht wird (es bestehen zumindest begründete Zweifel, dass dieser Wandel möglich wird, wenn eine Mehrheit der reichen Städte in Europa eine solche «Konsistenz»-fokussierte Strategie fahren). Das wiederum mündet in der zentralen strategischen Frage, welches Gewicht der Effizienz und ganz besonders der Suffizienz bei der Festlegung einer städtischen Netto-Null-Zielsetzung beigemessen werden soll. Zu beachten ist dabei, dass die Umsetzung theoretisch möglicher, tiefgreifender Politikmassnahmen im Bereich der Suffizienz aus politischer Sicht grosse Risiken birgt.

Weil der politische Prozess erst mit Phase 2 des Projekts startet, treffen wir in diesem Rahmen zu den grundlegenden strategischen Fragen Annahmen, um die Szenario-Analyse zu Zielsetzungen und Zielbildern, Politikmassnahmen und Auswirkungen zu den energiebedingten Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet durchführen zu können. Wir orientieren uns dabei an den Vorgaben und Anhaltspunkten, die UGZ/EB im Rahmen der Auftragsdefinition für Phase 1 definiert haben.

Zum Ausmass der Beiträge der drei Ansätze bei der Reduktion der energiebedingten Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet bestehen keine expliziten Vorgaben, mit Ausnahme der groben «Leitplanke», dass die Zielsetzung unter Wahrung unseres Demokratie- und Rechtssystems umsetzbar sein soll.⁴⁰ In Absprache mit UGZ/EB treffen wir deshalb Annahmen, wie stark die drei Stossrichtungen an die Zielerreichung beitragen sollen – je nachdem, bis wann die Zielsetzung Null Treibhausgasemissionen zu erreichen ist (Zieljahr 2050, 2040 bzw. 2030). In unserer Einschätzung ist besonders bei der Suffizienz, aber auch bei der Effizienz anzunehmen, dass diese einen umso grösseren Zielbeitrag leisten können (und müssen!), je mehr Zeit bleibt, das Null-Ziel umzusetzen. Wir differenzieren deshalb unsere Analysen zu den Zielsetzungen und deren Übersetzung in Zielbilder nach Zieljahr (vgl. Folgeabschnitt zu den «Zielbildern»).

Übrige Emissionen

Bei den energiebedingten Emissionen ausserhalb der Stadt (in Zukunft vorwiegend aus den Strom-Vorketten sowie dem Luftverkehr) und den konsumbedingten Emissionen gilt es jene Bereiche zu identifizieren, in denen die Stadt relevante Hebel hat, welche über «Soft-Policy»-Ansätze hinaus gehen.⁴¹ Für solche Bereiche muss sich die Stadt Zürich in Phase 2 überlegen, ob sie konkrete quantitative Ziele setzen kann, deren Zielerreichung dann ebenfalls mit

⁴⁰ Diese Vorgabe des Stadtrats ist insbesondere in Bezug auf eine sehr schnelle Umsetzung des Null-Ziels bis 2030 relevant. Tiefgreifende Verbote zum Beispiel, die eigentumsrechtliche juristische Verfahren zur Folge haben (können), werden ihre Wirkung in dieser kurzen Frist nur zu einem Teil entfalten, zumal tiefgreifende Politikmassnahmen in unserem Demokratiesystem auch bei breiter Akzeptanz eine gewisse Mindestvorlaufzeit haben (alleine schon aufgrund der Vorberatungen und Beschlüsse auf allen politischen Ebenen).

⁴¹ Unter «Soft-Policy» verstehen wir Politikmassnahmen in den Bereichen Sensibilisierung, Animation bzw. Nudging, Information und Kommunikation, Beratung, Aus- und Weiterbildung sowie Qualitätssicherung.

entsprechenden Politikmassnahmen forciert werden kann (zum Beispiel im Bereich der städtischen Beschaffung).

Zielbilder

Ausgehend von der Stossrichtungsdiskussion (vgl. vorangehenden Abschnitt) zeigen wir politikrelevante «Netto-Null-Welten» auf, die wir pro Themenbereich in *Zielbildern* konkretisieren. Wir stellen je Themenbereich in Eckpunkten dar, wie die Stadt Zürich voraussichtlich «aussehen» wird, wenn die Netto-Null-Zielsetzung erreicht ist. Dabei konzentrieren wir uns auf die wichtigsten fachlichen Inhalte.

Grundsätzlich unterscheiden wir je nach Themenbereich und Unterthema zwischen zwei Typen von Zielbildern: (1) Zielbilder mit dem Ziel, die energiebedingte Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet auf Null zu reduzieren und (2) visionärere Zielbilder bei den konsumbedingten Emissionen mit dem Ziel, die Emissionen ausserhalb der Stadt soweit möglich gegen Null zu reduzieren. Erstere definieren wir zu den energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet. Wir legen hierzu für die wichtigsten nachfrage- und angebots- sowie auswirkungsseitigen Aspekte gemäss Wirkungsmodell quantitativ fest, wie stark sich diese je nach Zielszenario (Netto-Null bis 2050, 2040 bzw. 2030) vom Ausgangszustand 2020 bzw. dem Zustand gemäss Referenzentwicklung abheben. Für die energiebedingten Emissionen ausserhalb der Stadt (hauptsächlich aus den Strom-Vorketten und dem Luftverkehr) sowie die konsumbedingten Emissionen definieren und beschreiben wir Zielsetzungen und Zielbilder sowie die Differenzen zum Ausgangszustand 2020 bzw. dem Zustand gemäss Referenzentwicklung grob quantitativ.

Vom Vorgehen her führen wir unsere Analyse zu den Zielsetzungen bzw. Zielbildern (und in der Konsequenz auch zu den Politikmassnahmen und den Auswirkungen) ausgehend vom Zielszenario 2050 durch. Anschliessend überlegen wir, wo entscheidende Unterschiede liegen, wenn eine Netto-Null-Zielsetzung mit früherem Zieljahr angestrebt wird (zunächst 2030, dann 2040). Bei unserer Analyse zum Zieljahr 2050 werden wir in den einzelnen Themenbereichen zudem auch zur bestehenden 1-Tonne-CO₂-Zielsetzung Bezug nehmen und aufzeigen, wie sich diese im Vergleich zur Zielsetzung Netto-Null 2050 einbettet. In der themenübergreifenden Gesamtbetrachtung ist der Unterschied zwischen diesen Zielsetzungen sehr gering. In beiden Fällen ist das Ambitionsniveau äusserst hoch und die noch zulässigen Emissionen im Vergleich zum Ausgangszustand 2020 so tief, dass auf Ebene der Zielsetzung politikrelevante Differenzen kaum auszumachen sind – was vor allem auch mit dem Luftverkehr zu tun hat, der in der einen Tonne CO₂ gemäss bestehender Zielsetzung berücksichtigt ist.

Politikmassnahmen

Im Vergleich zwischen Zielsetzungen, Zielbildern und der Referenzentwicklung zeigen sich zum einen die jeweiligen Ziellücken bei den Treibhausgasemissionen (im Wirkungsmodell auf der Ebene der Auswirkungen), zum anderen der politische Handlungsbedarf (Ebene Politikmassnahmen), wenn die Zielsetzung Netto-Null bis 2050, 2040 bzw. 2030 erreicht werden soll. Insbesondere wird deutlich, auf welche Art und in welchem Ausmass zusätzliche Politikmassnahmen ergriffen werden müssen, wenn die heute schon bestehenden, geplanten sowie unter Berücksichtigung des 1-Tonne-CO₂-Ziels und eines allgemeinen Klimaschutz-Trends absehbaren bzw. wahrscheinlichen Politikmassnahmen der Referenzentwicklung zugrunde gelegt werden.

Wir konzentrieren uns in dieser Arbeit darauf, relevante Politikmassnahmen zu identifizieren, ohne die grosse und beschleunigte Klimaschutzfortschritte in unserer Einschätzung nicht möglich sind. Darauf basierend beschreiben wir, wie sich die Situation um diese *Schlüsselmassnahmen* (d.h. deren Ein- bzw. Weiterführung und Intensivierung) in der Referenzentwicklung und in den Netto-Null-Szenarien entwickelt. Bei den weniger zentralen Politikmassnahmen gehen wir im Prinzip analog vor, allerdings in Form grob definierter Massnahmenbündel, zu denen wir jeweils lediglich ausgewählte Beispiele konkreter Politikmassnahmen aufführen (vgl. hierzu auch unsere Ausführungen im Kapitel 2.3).

Bei den Zielsetzungen für die energiebedingten Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet gilt seitens der Auftragsdefinition und den zugrundeliegenden politischen Vorstössen die Vorgabe, dass wir ein Politikmassnahmen-Set erarbeiten, mit der die Zielerreichung sichergestellt werden kann (sog. «Backcasting»-Ansatz).⁴²

Bei den Emissionen ausserhalb der Stadt «gegen Null» geht es darum, mögliche Ansätze für Politikmassnahmen mit potenziell relevanten Zielbeiträgen zu identifizieren, zu strukturieren und zu priorisieren und daraus abschätzen, welche quantitativen Ziele erreicht werden können (sog. «Forecasting»-Ansatz). Weil wir hier – über alle energie- und konsumbedingten Emissionen ausserhalb der Stadt gesehen – eine Vielzahl breiter und heterogener Themenunterbereiche zu berücksichtigen haben, führen wir dazu nur eine grobe, nicht vertiefte Analyse durch. Eine Ausnahme setzen wir mit unserem Fokus auf den Luftverkehr (aus der übergeordneten Sichtweise der Stadt als Gemeinschaft) sowie auf die Beschaffung der Stadt Zürich als Akteurin, wo wir konkrete Politikmassnahmen identifizieren und analysieren.

Auswirkungen

Wie bei den Zielbildern und den Politikmassnahmen starten wir unsere Untersuchung zu den Auswirkungen ebenfalls ausgehend vom Zielszenario 2050. Anschliessend analysieren wir, wo

⁴² In diesem Zusammenhang steht der Begriff des «backcasting», mit dem UGZ/EB diese Anforderung in internen Konzeptworkshops und Steuerungsgruppensitzungen umschrieben haben.

entscheidende Unterschiede liegen, wenn eine Netto-Null-Zielsetzung mit früherem Zieljahr umgesetzt wird (zunächst 2030, dann 2040). Zu beachten ist ausserdem unser Begriffsverständnis der *Auswirkungen* und deren konzeptionelle Gliederung, die wir im Kapitel 2.3 beschrieben haben.

Auf dieser Basis analysieren wir zunächst die Auswirkungen, die im jeweiligen Themenbereich schon aufgrund der Netto-Null-Zielsetzung selbst gegeben sind (z.B. die Reduktion beim Niveau der jährlichen Treibhausgasemissionen). Dann behandeln wir zusätzliche Auswirkungen, die aufgrund des themenbereichsspezifischen sozioökonomischen und technischen Transformationspfads resultieren. Zum Beispiel ist das notwendige Investitionsvolumen in batteriebetriebene Personenwagen im Stadtverkehr bei späterer Zielerreichung bzw. erst in der Schlussphase bei beschleunigtem Reduktionspfad unter Umständen geringer, weil im Durchschnitt über die Bestandsflotte längerfristig erstens weniger Fahrzeuge (Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung) und zweitens solche mit geringeren Anschaffungskosten auf Stadtzürcher Strassen unterwegs sind (leichtere und weniger leistungsstarke Fahrzeuge mit günstigerer Batterie bzw. Karosserie). Zuletzt fokussieren wir auf die hauptsächlich politikgetriebenen Auswirkungen, die mit der für die Umsetzung notwendigen Politikmassnahmen zu tun haben. Wenn beispielsweise der komplette Ersatz eigentlich noch funktionierender Ölheizungen anstatt mit einer Vorschrift mithilfe von sehr hohen finanziellen Förderbeiträgen forciert werden muss, resultieren unter Umständen ganz andere Verteilungswirkungen – je nachdem, wie die für die Förderung notwendigen staatlichen Transferleistungen finanziert werden.

Zu ausgewählten, qualitativ untersuchten Auswirkungen führen wir zudem eine *quantitative Modellanalyse* durch, die ein zentraler Bestandteil unserer Arbeit bilden. Um diese trotz der grossen Themenbreite im Auftragsrahmen durchführen zu können, stützen wir uns auf die folgenden beiden Grundsätze:

- Wir beschränken uns bei der Quantifizierung auf ausgewählte Aspekte der Auswirkungen (vgl. Tabelle 4), wobei wir die Entwicklungspfade bei den Treibhausgasemissionen als Kernaspekt behandeln.
- Wir arbeiten mit einfachen Modellen, deren Annahmen, Grundlagen und Berechnung wir in Eckpunkten jeweils in Fussnoten festhalten und bei Bedarf im Anhang des vorliegenden Grundlagenberichts erläutern. Dieses Vorgehen ist eine wichtige Voraussetzung, dass entsprechende Quantifizierungen für die weiteren Phasen des Projekts Netto-Null Treibhausgasemissionen verständlich kommunizierbar sind. Zu bemerken ist hier erstens, dass wir im Rahmen der Quantifizierung die Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen Politik bzw. übergeordneten Kontextfaktoren sowie sozioökonomischer und technischer Entwicklung nicht modellieren. Zweitens bilden wir den Bezug zwischen sozioökonomischer und technischer Entwicklung auf der einen Seite und den Auswirkungen auf der anderen Seite

nur ganz grob ab. In der Regel legen wir je Themenbereich nur einen bis zwei zentrale Mengenparameter fest (z.B. m² Energiebezugsfläche mit Wohnnutzung oder mit Personenwagen gefahrene Fahrzeug-km) und bestimmen auf dieser Basis das quantitative Ausmass der Auswirkungen (Details sind an den entsprechenden Stellen im Bericht bzw. im Anhang erläutert).

Für unsere Analyse sind wir auf vorliegende, direkt auswertbare Daten der Stadt Zürich angewiesen. Unsere Arbeit zeigt, dass für eine Quantifizierung in der geforderten Breite noch erhebliche Potenziale bestehen, was die Erstellung und Aufarbeitung einer Netto-Null-kompatiblen städtischen Datenbasis angeht – Potenziale, die je nach Ergebnis der Phase 3 des Projekts Netto-Null Treibhausgasemissionen (Phase der politischen Entscheide) in den folgenden Jahren unter Umständen ausgeschöpft werden sollten. Um auf die Darstellung eines Gesamtbildes («big picture») nicht verzichten zu müssen, machen wir an einigen Stellen in diesem Bericht eigene grobe Schätzungen zu Grössenordnungen (v.a. auch im Bereich der vorgelagerten Emissionen), deren Unsicherheiten zum Teil sehr hoch sind und in folgenden Phasen allenfalls vertieft werden müssen.

Tabelle 4: Quantifizierte Auswirkungen der Netto-Null-Szenarien im Vergleich zur Referenzentwicklung

ökologisch	sozial bzw. ökonomisch*
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Veränderung Treibhausgasemissionen, inkl. Differenzierung zwischen der <i>übergeordneten Sichtweise</i> sowie der eingenommenen <i>Perspektive</i> (vgl. Kapitel 2.1). ▪ Wichtigste Veränderungen innerhalb der zugrundeliegenden Nachfragemengengerüste (z.B. gefahrene Fahrzeug-Kilometer) sowie der daraus resultierenden Veränderungen beim Nutzenergie- und Endenergiebedarf 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volkswirtschaftliche Einsparungen bzw. Mehrkosten im Zusammenhang mit den Investitionen in ausgewählten Bereichen: Gebäudeeffizienz städtische / private Liegenschaften, Heizungersatz städtische / private Liegenschaften, Ausbau thermische Netze, Beschaffungswesen Stadt, v.a. städtische Fahrzeugflotte, Verkehr MIV (Fahrzeugflotte, Ladeinfrastruktur, etc.) ▪ Mehraufwand bzw. Einsparungen bei städtischen Transferausgaben in ausgewählten Bereichen (Gebäude, Personenverkehr) ▪ Städtischer Mehraufwand für die Umsetzung (Personal etc.) in der Gesamtheit über alle Themenbereiche**

* Auf eine weitere Differenzierung zwischen sozialen und ökonomischen Auswirkungen verzichten wir, weil diese in der Regel eng miteinander verflochten sind (z.B. aufgrund der Finanzierung von Mehrkosten, dem Konnex zwischen Mietpreisen und sozialen Mieten etc.).

** Diesen Mehraufwand schätzen wir in der Gesamtheit über alle Themenbereiche nur ganz grob ab, auf Basis des heutigen Gesamtaufwands für die Kernaufgaben der städtischen Energie- und Klimapolitik.

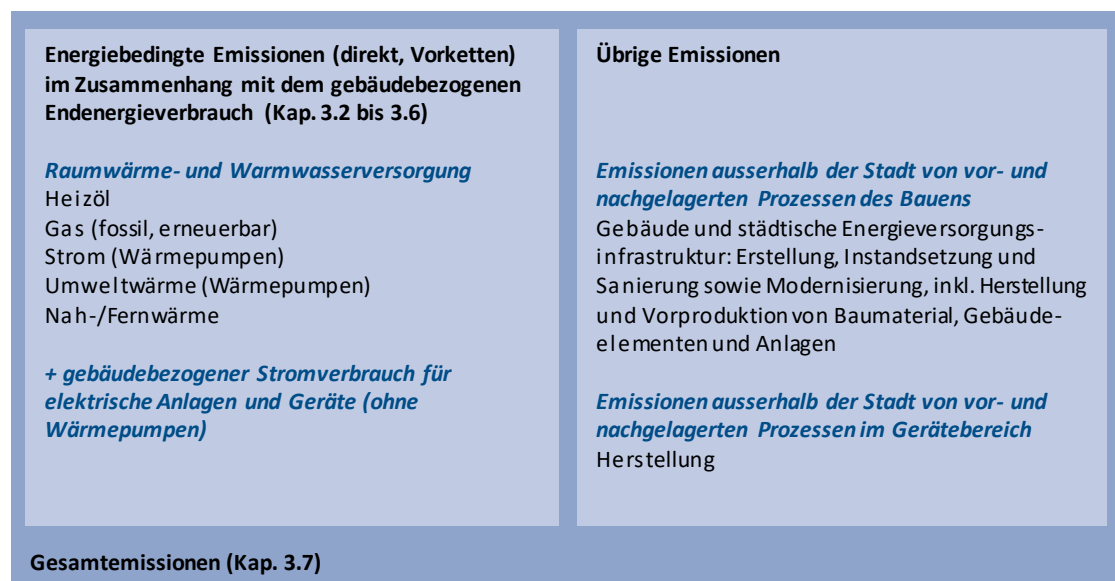
Tabelle INFRAS/Quantis

3. Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung

3.1. Einleitung

Im Kapitel 3 befassen wir uns mit dem Themenbereich «Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung». Wir führen unsere Analyse aus der Territorialperspektive durch.

Abbildung 7: Systemgrenzen



Bei den energiebedingten Emissionen vernachlässigen wir bei der quantitativen Analyse Holz und Pellets, die in dezentralen Feuerungen monovalent zur Spitzendeckung oder in Einzelheizungen eingesetzt werden (Vereinfachung, da geringe quantitative Wirkung auf die resultierenden energiebedingten Gesamtemissionen). Ebenfalls nicht berücksichtigt werden Strom und Diesel, die im Rahmen von Bautransporten und auf Baustellen oder für Notstromaggregate auf städtischem Territorium eingesetzt werden.

Grafik INFRAS/Quantis

Für den qualitativen Teil unserer Analyse stützen wir uns auf ein themenbereichsspezifisches Wirkungsmodell (dargestellt im Anhang, Kapitel 11.3), dessen wichtigste Aspekte und Zusammenhänge wir in einem quantitativen Modell abbilden. Dieses hat die folgenden Eckpunkte (Details vgl. Excel-Modell):

- Zentrale Basis bildet ein Mengengerüst der berücksichtigten Energiebezugsflächen (EBF). Dabei unterscheiden wir zwischen zwei Nutzungskategorien (Wohnen, Nicht-Wohnen), und ob es sich um Gebäudebestands-EBF (Stand 2020), seit 2020 ersetzte EBF oder ggü. Stand 2020 zugebaute EBF handelt.
- Darauf basierend wird der Endenergiebedarf für die Raumwärme- und Warmwasserversorgung in folgender Reihenfolge modelliert: spezifischer Raumwärme- und Warmwasserbedarf

pro m² EBF, Heizsystemmix nach vier grob definierten Kategorien (Heizöl, Gas, Wärmepumpe, Nah-/Fernwärme), Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung je Heizsystem-Kategorie). Dabei verwenden wir Durchschnittswerte pro Nutzungskategorie, ohne weitere Differenzierung nach Gebäudealter.

- Zusätzlich nehmen wir einen spezifischen Strombedarf (pro m² EBF) an (für Wohnen sowie Nicht-Wohnen), der den gesamten Park an elektrischen Anlagen und Geräten einbezieht, die dem Gebäudebereich zuzuordnen sind (Klima/Lüftung/Haustechnik, Beleuchtung, I&K- und Unterhaltungsgeräte, Kochherde, Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen und Tumbler sowie sonstige Elektrogeräte).
- Den Endenergiebedarf (Heizöl, Gas bei angenommenem Anteil erneuerbare Gase, Strom, Nah-/Fernwärme, Umweltwärme) «übersetzen» wir mit Emissionsfaktoren⁴³ in energiebedingte Emissionen. Dabei unterscheiden wir direkte Emissionen auf Stadtgebiet sowie Emissionen ausserhalb der Stadt (Vorketten). Bei den Anteilen der Fernwärme aus Kehrichtverbrennungsanlagen bezieht sich der Emissionsfaktor nur auf den zugeführten Brennstoff (insbes. Erdgas zur Spitzenlastdeckung). Die abfallbedingten CO₂-Emissionen werden nach der heute üblichen Methode dem Konsum zugeordnet und sind im Kapitel 7 behandelt.
- Die vor- und nachgelagerten Emissionen des Bauens sowie des Gerätebereichs definieren wir anhand von spezifischen, jährlichen Emissionen, die bei Instandsetzung/Sanierung, Neubau oder Anschaffung als zusätzliche Emission zu berücksichtigen sind (Werte in g CO₂ pro m² EBF und Jahr). Dazu haben wir vertiefte eigene Analysen auf Basis der Ecoinvent-Datenbank, Angaben der Stadt Zürich und weiteren Quellen für die CO₂-Intensität von Gebäuden und Geräten beigezogen. Die zeitliche Entwicklung definieren wir auf Basis von Sanierungsraten, den ersetzten und zugebauten EBF sowie unterstellten Lebenszyklen.

3.2. Referenzentwicklung für die energiebedingten Emissionen

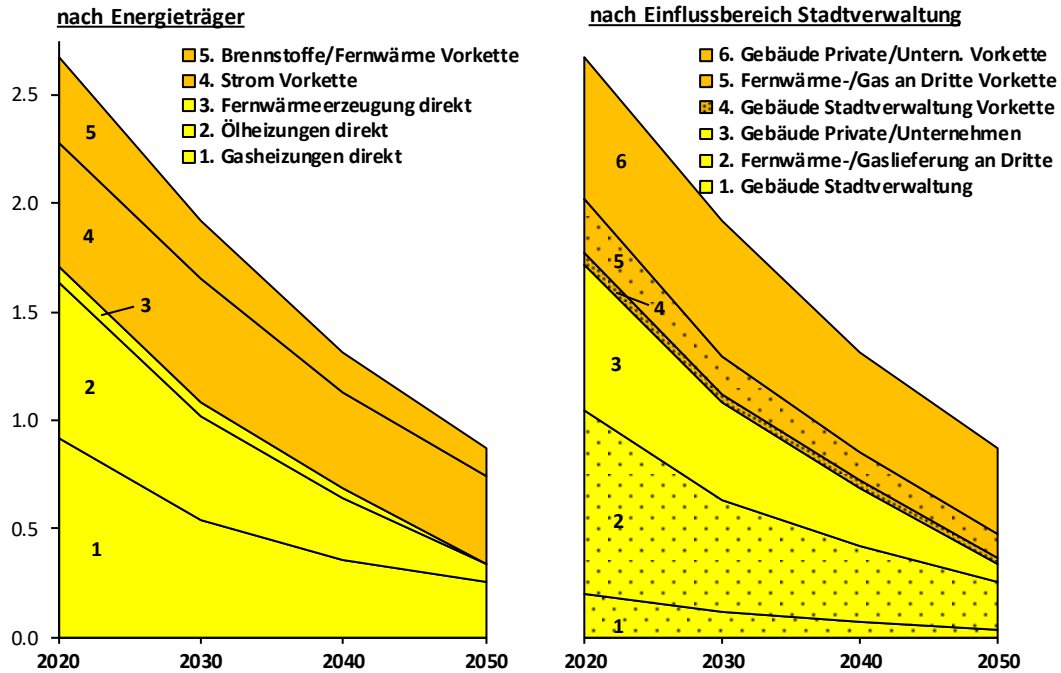
Abbildung 8 zeigt die durch uns zugrunde gelegte Referenzentwicklung der energiebedingten Emissionen für den Themenbereich «Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung». Ausgewählte Annahmen und (Zwischen-)Ergebnisse führen wir direkt im Anschluss auf.⁴⁴

⁴³ Basierend auf der aktuellen Ecoinvent Datenbank Version 3.6. Diese weichen leicht von den KBOB-Emissionsfaktoren ab, die der städtischen Treibhausgasstatistik zugrunde liegen. Die KBOB-Faktoren basieren aktuell auf der Version 2.2. der Ecoinvent Datenbank, werden aber zukünftig auch aktualisiert. Bezogen auf die Hauptergebnisse und die Aussagen der Studie sind die Unterschiede vernachlässigbar.

⁴⁴ Details sind im Anhang, Kapitel. 11.4.1 oder im Excel-Modell nachzuschlagen, in dem auch Hinweise zu berücksichtigten Quellen aufgeführt sind.

Abbildung 8: Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung – Referenzentwicklung 2020 bis 2050

energiebedingte Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die Emissionen auf Stadtgebiet (gelb) und die Emissionen aus den Vorketten (orange) – einmal gegliedert nach Energieträger (links) und einmal mit Abgrenzung jener Anteile, auf welche die Stadtverwaltung als Akteurin direkten Einfluss nehmen kann (gepunktete Flächen). Die Referenzentwicklung beschreiben wir in eigener Einschätzung auf Basis wichtiger Grundlagendokumente (Stadt: v.a. Energiekonzept 2050, Masterplan Energie, städtische Statistiken; übergeordnet: v.a. Analyse Energieverbrauch nach Verwendungszwecken, Energieperspektiven) sowie Einschätzungen von Experten und Expertinnen der Stadt Zürich. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Anhang (Kapitel 11.4.1) und Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Tabelle 5: Ausgewählte Annahmen und Zwischenergebnisse zu Abbildung 8 (ganze Stadt, Referenzentwicklung)

	2020	2030	2040	2050	Δ20-50
Bevölkerung (Tausende)	439	492.9	520	540	+23%
Arbeitsplätze (Tausende)	460	475	490	505	+10%
Energiebezugsfläche EBF total (in Mio. m ²)	40.5	41.2	42.1	43.0	+6%
▪ davon Wohnen (%)	57%	58%	58%	58%	
▪ davon Büro (%)	19%	19%	19%	19%	
▪ davon Rest (%)	24%	24%	24%	24%	
Wärmeversorgungsmix (% der m ² EBF total)					
▪ Heizöl	23%	19%	13%	4%	-81%
▪ Gas	50%	43%	37%	30%	-39%
▪ Nah- oder Fernwärme	17%	20%	26%	34%	+97%
▪ Wärmepumpe	10%	18%	25%	32%	+206%
Strombedarf exkl. Wärmeerzeugung, inkl. Kühlung (in kWh pro m ² EBF)					
▪ Wohnen	25	24	23	21	-14%
▪ Nicht-Wohnen	95	95	94	94	-2%
Emissionsfaktoren direkte Emissionen auf Stadtgebiet (in g CO ₂ -Äqu. pro kWh Endenergie)					
▪ Heizöl	265	265	265	265	+0%
▪ Gas / Anteil erneuerbares Gas in %	177/13%	150	130	120/40%	-32%
▪ Nah- und Fernwärme / Anteil Fossile bei Erzeugung in %	50 / 24%	40	25	0 / 0%	-100%
Emissionsfaktoren energiebedingte Vorketten ausserhalb Stadt (in g CO ₂ -Äqu. pro kWh Endenergie) ¹					
▪ Heizöl	39	38	37	36	-8%
▪ Gas / Anteil erneuerbares Gas in %	53 / 13%	50	47	44 / 40%	-17%
▪ Nah- und Fernwärme	9	10	11	13	+39%
▪ Strom	106	118	93	87	-18%
Ergebnisse Endenergiebedarf (in Mio. kWh pro Jahr)					
Endenergiebedarf Total	6'700	6'200	5'800	5'400	-19%
▪ davon Heizöl	1'200	890	560	180	-85%
▪ davon Gas	2'300	1'800	1'400	1'100	-52%
▪ davon Nah- oder Fernwärme	650	730	880	1'100	+69%
▪ davon dezentral genutzte Umweltwärme	280	380	460	530	+89%
▪ davon Strom für dezentrale Wärmepumpen	120	180	220	260	+117%
▪ davon übriger Strom	2'300	2'300	2'300	2'300	+0%
Ergebnisse CO₂-Emissionen (in t CO₂ pro EinwohnerIn)					
CO ₂ -Emissionen Total energiebedingt (inkl. Vorketten)	2.7	1.9	1.3	0.9	-67%
▪ davon Öl- und Gasfeuerungen direkt	1.6	1.0	0.6	0.3	-79%
▪ davon Fernwärmeversorgung direkt	0.07	0.06	0.04	0.00	-100%
▪ davon Vorketten Brennstoffe/Fernwärme	0.39	0.26	0.19	0.13	-67%
▪ davon Vorketten Strom	0.57	0.58	0.44	0.40	-29%

1) Nicht berücksichtigt sind die Vorketten der Wärmeerzeuger, diese sind aber im Vergleich zum Gesamttotal klein.

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

Tabelle 6: Annahmen zu Politikmassnahmen im Gebäudebereich in der Referenzentwicklung

	Bund, Kanton Zürich	Stadt Zürich
Reduktion Wärmebedarf	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Novelliertes Energiegesetz Kanton Zürich (Stand gemäss Vorschlag Mai 2020) ▪ Sanierungspflichten (Gebäudehülle) erst nach 2040 eingeführt, bis 2050 noch wenig wirksam ▪ Erhöhung CO₂-Abgabe bis 2030 bzw. bis 2050 auf 160 CHF bzw. 500 CHF pro t CO₂ ▪ Fortführung finanzielle Förderung Wärmedämmung über 2030 hinaus ▪ Ggü. Stand 2020 keine wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen zu: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gebäudebelegung ▪ individuelles Verhalten bezüglich Raumtemperaturen, Fensterlüftung, Warmwasserverbrauch ▪ Betriebsoptimierung haustechnischer Anlagen 	<p>Ggü. Stand 2020 keine wesentlich stärker wirkenden städtischen Politikmassnahmen als gemäss Masterplan Energie im Bereich Siedlung und Gebäude vorgesehen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo).</p> <p>Zur Entwicklung des stadteigenen Gebäudeparks vgl. erläuternder Abschnitt im Anschluss an die Tabelle.</p>
Gasheizungsersatz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine verbindlichen Vorgaben zur Gasnetzstilllegung durch Gemeinden ▪ Gesetzlicher Riegel, dass erneuerbares Gas bei Nachweis Einhaltung CO₂-Grenzwerte nicht mehr angerechnet werden kann, kommt erst ca. 2040, bis 2050 erst ansatzweise wirksam. ▪ CO₂-Grenzwerte gemäss aktuellem CO₂-Gesetzesentwurf (Stand 8.5.2020) bzw. gemäss Vorschlag Energiegesetz Kanton Zürich (Stand Mai 2020), bei Gasheizungen wegen oben erwähnter Anrechenbarkeit von erneuerbaren Gasanteilen nur mit beschränkter Wirkung. ▪ Erhöhung CO₂-Abgabe bis 2030 bzw. bis 2050 auf 160 CHF bzw. 500 CHF pro t CO₂ ▪ Fortführung finanzielle Förderung Gasheizungsersatz über 2030 hinaus. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ergänzung der Bau- und Zonenordnung mit Energiezonen ab spätestens 2022 in Kraft. Bei den verbindlichen Vorgaben an den Heizungsersatz in Stadtteilen mit (geplanter) Fernwärmegebietserschliessung schliesst die Stadt Zürich Gasheizungen als zugelassene Lösung generell aus (unabhängig davon, ob diese mit erneuerbarem Gas betrieben werden). ▪ Fernwärme-Infrastrukturausbau auf rund die Hälfte des städtischen Siedlungsgebiets gelingt bis 2050 (das in Diskussion stehende Ziel von zwei Dritteln des Siedlungsgebiets bis 2050 wird verfehlt). Aufgrund zunehmend geschlossener Materialkreisläufe nimmt der Heizwert des Abfalls ab, die Spitzenlastdeckung wird auf biogene und erneuerbare Brennstoffe umgestellt. ▪ Gasnetzstilllegung und damit die Steigerung der Fernwärme-Anschlussdichte verzögert sich aus diversen Gründen; bis 2050 sind in dann fernwärmeerschlossenen Gebieten erst drei Viertel aller Gasheizungen ersetzt. ▪ Fortführung finanzielle Förderung Gasheizungsersatz über 2030 hinaus (städtische Ergänzungsbeiträge zur finanziellen Förderung von Bund und Kanton)

	Bund, Kanton Zürich	Stadt Zürich
Ölheizungsersatz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂-Grenzwerte gemäss aktuellem CO₂-Gesetzesentwurf (Stand 8.5.2020), bzw. gemäss Vorschlag Energiegesetz Kanton Zürich (Stand Mai 2020), bei Ölheizungen bereits ab 2023 starke Wirkung, ab 2028 Installation neuer Ölheizungen nicht mehr möglich (gesetzliche Anforderung gilt aber nur dann, wenn eine bewilligungspflichtige Erneuerungsmassnahme an der Heizung vorgenommen wird). ▪ Erhöhung CO₂-Abgabe bis 2030 bzw. bis 2050 auf 160 CHF bzw. 500 CHF pro t CO₂ ▪ Finanzielle Förderung Ölheizungsersatz im Rahmen erneuter CO₂-Gesetzesrevision ca. ab 2030 stark eingeschränkt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbindliche Vorgaben an den Heizungsersatz in Stadtteilen mit (geplanter) Fernwärmegebieterschliessung gilt spätestens ab 2022 analog auch für die Ölheizungen. ▪ Finanzielle Förderung Ölheizungsersatz ca. ab 2030 in Abstimmung auf Vorgehen Bund und Kanton stark eingeschränkt.
Steigerung Stromeffizienz Gerätebereich	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gesetzliche Anforderungen an strombetriebene Anlagen und Geräte werden in heute absehbarem Tempo laufend optimiert, erweitert und intensiviert (in Abstimmung auf das Vorgehen in der EU). ▪ Keine ggü. heute stark erhöhten Abgaben auf Strom ▪ Fortführung finanzielle Förderung (Wettbewerbliche Ausschreibungen) über 2030 hinaus. ▪ Ggü. Stand 2020 keine wesentlich stärker wirkende Politikmassnahmen zu: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geräteanzahl oder Stromverbrauch pro Person ▪ Individuellem Verhalten bezüglich Gerätenutzung (insbesondere Betrieb ohne Nutzen, Nutzungsdauer) 	Ggü. Stand 2020 keine wesentlich stärker wirkende Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo und der Realisierung einzelner Kältenetze und -verbunde).
PV-Ausbau auf Stadtgebiet	<p>Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo), insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PV-Installationspflicht gemäss MukEn 2014 ohne wesentliche Verschärfung bis 2050 ▪ Förderung im Umfang von 30 bis 60 Prozent der Investitionskosten (Vorschlag EnG Kanton ZH, Stand 8.5.2020) 	Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo), insbesondere keine umfangreiche städtische Subventionierung (weder direkt noch indirekt).
Reduktion Emissionen Vorketten Strom	Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo).	Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo), insbes. keine wesentlich tiefere Gewichtung der Betriebswirtschaftlichkeit bei Strommix-Ökologisierung durch ewz.

Annahmen zur Entwicklung des stadt eigenen Gebäudeparks

Folgende Annahmen haben wir bezüglich der (Politik-)Massnahmen der Stadt Zürich im Bereich ihrer eigenen Gebäude auf Stadtgebiet im Verwaltungs- und Finanzvermögen zugrunde gelegt, um die Referenzentwicklung 2020 bis 2050 festzulegen:

- Übergeordnetes Ziel: Die Stadt Zürich möchte mit ihren eigenen Gebäuden eine Vorreiterrolle wahrnehmen.
- Grosse Gebäude im Verwaltungsvermögen (insbes. Schulhäuser, Alters- und Pflegezentren, Amtshäuser), 54 Wohnsiedlungen und Spezialimmobilien (v.a. Stadtspitäler, VBZ, Schutz & Rettung, ERZ):
 - Die Stadt Zürich setzt sich auch in der Referenzentwicklung konkrete quantitative Ziele (übereinstimmend mit dem 1-Tonne-CO₂-Ziel) gemäss den 7-Meilenschritten⁴⁵, für die ein zielkonformes Massnahmenset und ein Monitoring installiert ist (besteht bereits 2020). Für die direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet wird eine Senkung auf «nahe Null» bis 2050 angestrebt. Für die übrigen energiebedingten Emissionen (v.a. Vorketten Strom) bestehen ausschliesslich qualitative Ziele, die mit entsprechenden Handlungsgrundsätzen verfolgt werden (Strom wird in hoher ökologischer Qualität bezogen).
 - Die Umsetzung erfolgt in einer Portfolio-Sicht. So können mit entsprechenden Investitionsentscheiden (Bauen und Sanieren gemäss oben erwähnten Zielen und Grundsätzen) sowie der konsequenten Betriebsoptimierung⁴⁶ bis tief in die 2030er-Jahre hinein vergleichsweise starke Emissionsreduktionen erreicht werden, ohne dass überproportional hohe Kosten in Kauf genommen werden müssen. Ab Mitte der 2030er-Jahre steigen die Grenzkosten weiterer Emissionsreduktionen aber stark an, so dass von da an eine wachsende Abweichung vom CO₂-Zielpfad resultiert.
- Übrige eigene Gebäude im Verwaltungs- und Finanzvermögen (rund 500 Einzelwohnliegenschaften, Gewerbeliegenschaften und Gastronomie, Parkierungsbauten, spezielle Wohnobjekte): Auch hier gelten die Ziele der 7-Meilenschritte. Allerdings ist es aufgrund der sozioökonomischen Aspekte und/oder der teils hohen Komplexität der Bauten schwieriger, diese konsequent umzusetzen und es werden mehr Ausnahmen zugelassen. Bei relevanten Investitionsentscheiden werden die zielkonformen Handlungsgrundsätze, die für die grossen Gebäude und die Wohnsiedlungen im Verwaltungsvermögen gelten, so gut als möglich auch bei den übrigen Gebäuden berücksichtigt.

⁴⁵ <https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/hochbau/beratung/nachhaltiges-bauen/7-meilenschritte.html>

⁴⁶ https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/immobilien-bewirtschaftung/eigentuemervertretung/betriebsoptimierung/massnahmen_zur_optimierung.html

Einordnung der bestehenden Zielsetzung 1 Tonne CO₂ pro EinwohnerIn

Die bestehende energie- und klimapolitische Zielsetzung der Stadt Zürich bezieht sich nicht nur auf den hier analysierten Themenbereich *Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung*. In der maximal 1 t CO₂ pro EinwohnerIn muss neben den Gebäuden auch noch der Energiebedarf des Personen- und Güterverkehrs auf Stadtgebiet sowie des Luftverkehrs enthalten sein (vgl. Kapitel 2.1), und zwar ebenfalls inklusive Vorketten von Treibstoffen und Strom. Um das mit ausreichender Sicherheit zu erreichen, müssen die direkten energiebedingten Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet aus dem Themenbereich «Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung» auf Null oder annähernd Null gesenkt werden. Aufgrund der schwierigeren Voraussetzungen im Verkehrsbereich – und insbesondere beim Luftverkehr – kann die 1-Tonne-CO₂-Zielsetzung sonst mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit nicht erreicht werden. In der Konsequenz heisst das: Die für unsere Analyse zwingend vorzusehende Null-Zielsetzung für die direkten energiebedingten Emissionen des Gebäudebereichs entspricht keiner Verschärfung der bestehenden energie- und klimapolitischen Zielsetzung, sondern einer zwingenden Voraussetzung, dass 1 t CO₂ pro EinwohnerIn überhaupt erreichbar ist. Im Gebäudebereich wird deutlich, was für die Netto-Null-Diskussion in der Stadt Zürich ganz generell gilt. Es muss nicht über Ziele, sondern über Politikmassnahmen gesprochen werden, mit denen die Emissionsverminderung viel stärker beschleunigt werden kann, als sie aus heutiger Sicht zu erwarten ist.

3.3. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Zielbild

Die im Folgenden skizzierten Zielbilder haben illustrativen Charakter und sollen zeigen, wie die Stadt aussieht, wenn die Netto-Null-Zielsetzung erreicht wird. Sie sind naturgemäss normativ. Die Zielbilder entstanden in einem Prozess mit Literatur/Dokumenten- und Datenauswertungen, Interviews und (bisher) einem Expertenworkshop mit Expertinnen und Experten der Dienstabteilungen der Stadtverwaltung sowie dem Abholen von INFRAS-internen Experteneinschätzungen zu verschiedenen Themengebieten.

Vorab ist zu betonen, dass die Netto-Null-Szenarien grosse Chancen für eine nachhaltige Zukunft bieten und sich im Endeffekt auf verschiedenen Ebenen positiv auswirken:

- Die BewohnerInnen leben in einer Stadt mit einem Gebäudepark, der zumindest bezüglich der energiebedingten Emissionen Netto-Null-kompatibel ist.
- Die Wohn- und Arbeitsplatzqualität (thermische Behaglichkeit) ist dank energieeffizienter Gebäude im Winter wie im Sommer hoch.
- Bis auf wenige Ausnahmen (Holzfeuerungen) entstehen keine lokalen Luftschadstoffemissionen mehr aus Gebäuden, was sich positiv auf die Gesundheit der Stadtbevölkerung auswirkt.

3.3.1. Direkte energiebedingte Emissionen auf Stadtgebiet

Das Zielbild orientiert sich an der Vorgabe, dass im Jahr 2050 keine direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet erfolgen sollen.

Siedlung und Gebäude

Der absolute Wärmebedarf des Gebäudeparks in der Stadt Zürich für Raumwärme und Warmwasser ist gegenüber 2020 trotz Gebäudeparkwachstum um rund 30% reduziert (eigene Gebäude der Stadt Zürich als Akteurin: -40%). Die Zunahme der Energiebezugsfläche wird dabei durch eine entsprechende Reduktion der Heizgradtage weitgehend kompensiert (angelehnt an Gonseth, Thalmann 2017, Szenario B). Die Reduktion um 30% (eigene Gebäude: -40%) zwischen 2020 und 2050 wird wie folgt begründet:

- Der Hauptanteil der Wärmebedarfsreduktion ist auf die Verbesserung der Effizienz zurückzuführen (Sanierungen, Ersatzneubau⁴⁷, effizientere Neubauten).
- Der Flächenbedarf für Wohnen, Arbeiten und Infrastruktur konnte verringert werden. Die spezifische Inanspruchnahme von Bürofläche (in m² EBF) pro Büroarbeitsplatz liegt im Jahr 2050 um 17% tiefer als 2020. Bei den Wohnbauten liegt die Wohnfläche pro EinwohnerIn ebenfalls um 17% tiefer. In der Referenz nehmen die Flächen weniger (Wohnen -15% und Nicht-Wohnen -10%) ab. Die Stadt Zürich erzielt für eigene Bauten eine geringere Reduktion, da sie in ihrem Portfolio bereits heute (2020) einen vergleichsweise geringen Flächenbedarf pro Person aufweist.
- Die Sanierungsrate bei Wohnbauten liegt mit 2.5% pro Jahr um Faktor 2 höher als in der Referenzentwicklung. Bei Nichtwohnbauten liegt sie mit 3% pro Jahr um 50% höher.
- Ab 2030 sind neu erstellte Gebäude über das Jahresmittel betrachtet keine Energiebezüger mehr, sondern liefern Energie. Plusenergiebauten werden ab 2030 zum Neubaustandard.
- Die Komfort-Raumtemperaturen im Winter und der individuelle Warmwasserverbrauch liegen 2050 etwas tiefer als 2020.
- Die Siedlungsstruktur ist weiter verdichtet. Attraktive, durchmischte Quartiere sind realisiert. Dies wirkt sich zwar nur schwach auf den Gebäudeenergieverbrauch aus (z.B. über kompaktere und grössere Bauten), hat aber wichtige Auswirkungen im Mobilitätsbereich.

Energieversorgung

- Alle monovalenten Öl- und Gasheizungen in Gebäuden sind im Jahr 2050 ersetzt, hauptsächlich durch dezentrale Wärmepumpen und – auf zwei Dritteln des Stadtgebiets (und in den erschlossenen Gebieten zu mindestens 75%) – mit Nah- und Fernwärme. Nah- und Fern-

⁴⁷ Wohnsiedlungen und Dienstleistungsbauten aus der Nachkriegszeit (Baujahr 1950 bis 1975) sind weitgehend durch hocheffiziente Ersatzneubauten ersetzt.

wärmenetze werden komplett fossilfrei betrieben, über die Anwendung von Energiezonen wird die Anschlussdichte erhöht. Biogas und mit erneuerbaren Energien hergestellte synthetische Gase (synthetisches Methan und Wasserstoff) spielen geografisch und anwendungstechnisch nur noch punktuell eine Rolle (vgl. unten zu Gasnetz). In der Spitzenlastdeckung kommen vermehrt nicht Netz gebundene, lagerbare, erneuerbare Brennstoffe (Holz) zum Einsatz, zu kleinen Anteilen erneuerbares Gas.

- Das Gasverteilnetz ist weitgehend stillgelegt. Es verbleibt die Versorgung mit 100% erneuerbaren Gasen von Industriekunden für Hochtemperaturanwendungen und des Mobilitätsbedarfs (Tankstellen, v.a. für Güterverkehr). Ab Gasnetz versorgte Einzelheizungen gibt es nicht mehr. Es wäre unwirtschaftlich, nur für diese ein Gasnetz zu betreiben. In Gebieten, wo der Ersatz von Gasheizungen schwierig ist (z.B. Schutz archäologischer Schätze in der Altstadt, aufgrund dessen eine vollständige Fernwärmeerschliessung bis 2050 schwierig umzusetzen ist), kommen punktuell noch Gasfeuerungen mit vor Ort Speicher für erneuerbares Gas zum Einsatz.
- Das regionale Energieholzpotenzial ist ausgeschöpft und wird entsprechend der Holzenergieposition der Stadt genutzt. Holz leistet einen wichtigen Beitrag bei der Spitzenlastdeckung und als Ersatzbrennstoff für die wegfallenden Abfallfraktionen mit hohem Brennwert (geschlossene Kunststoffkreisläufe) in der Fernwärme sowie als Stützbrennstoff in den Kehrrichtverbrennungsanlagen. Solarthermie wird zur Regeneration von Erdsonden und zur Ergänzung von Raumheizungen mit erneuerbaren Brennstoffen eingesetzt.
- Ein grosser Teil des gebäudeseitigen Wärmebedarfes wird mit Wärmepumpen gedeckt. Dies erzeugt aber nach unserer Definition keine energiebedingten Emissionen, sondern nur Emissionen in der Vorkette, die in nachfolgenden Abschnitten behandelt werden.

Bauen

Alle treibhausgasrelevanten Bauaktivitäten im Hoch- und Tiefbau auf Stadtgebiet (im Wesentlichen Transporte und Baustellen) werden im Jahr 2050 mit Fahrzeugen und Baumaschinen durchgeführt, die entweder mit Strom oder erneuerbarem Treibstoff betrieben sind.

3.3.2. Energiebedingte Emissionen ausserhalb der Stadt Zürich (Vorketten)

Das Zielbild orientiert sich am Grundsatz, dass die mit den Vorketten zusammenhängenden energiebedingten Emissionen im Jahr 2050 möglichst gering sein sollen. Weil auf Stadtgebiet keine fossilen Energien mehr genutzt werden und die Vorketten im Bereich der erneuerbaren Brenn- und Treibstoffe erstens weniger relevant und zweitens kaum um Grössenordnungen reduziert werden können, fokussieren wir hier ausschliesslich auf Strom.

Bedarf an Netzstrom

- Trotz wesentlich wärmeren Temperaturen im Sommer (v.a. in Sommernächten) wird in der Stadt Zürich im Jahr 2050 weniger über die Stadtgrenze importierter Netzstrom zur Kühlung eingesetzt als 2020. Der zusätzliche Bedarf wird vorwiegend über Produktion vor Ort gedeckt. Wichtige Faktoren, die zur Eindämmung der Nachfrage nach Kühlenergie beitragen, sind:
 - Der Kältebedarf von Bauten ist gering (baulich) und wird weitgehend passiv gedeckt durch Nutzung von Umgebungskälte für die Nachtauskühlung sog. «free cooling».
 - In ausgewählten Stadtgebieten mit besonders hohem verbleibendem Kältebedarf sind 2050 spezifisch dafür vorgesehene Kältenetze gebaut.
 - Der Kältebedarf von Bauten wird baulich mit kostengünstigen Massnahmen reduziert (Begrünungen von Fassaden und Sommerlicher Wärmeschutz). «Free cooling» allein genügt aber nicht, um den verbleibenden Kältebedarf zu decken.
 - Die Effizienz von Kälteanlagen ist um mindestens Faktor 1.5 besser als heute.
 - Einen generellen und geringen Beitrag an die Eindämmung der Nachfrage nach Kühlenergie leisten die Gebäudenutzenden, indem sie 2050 eine leichte Erhöhung der Komfort-Raumtemperaturen im Sommer akzeptieren.
- Die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen erfolgt im Jahr 2050 mit Erdsonden (oder per See- oder Flusswassernutzung), wenn immer dies aus Gründen des Grundwasserschutzes möglich ist. Luft/Wasser-Wärmepumpen sind deutlich effizienter als heute, kommen aber nur in Situationen zur Anwendung, wo die effizienteren Wärmepumpentechnologien nicht zum Einsatz kommen können. Es sind verbreitet kombinierte Wärmepumpen- bzw. Kältemaschinen-Lösungen im Einsatz (Entwärmung).
- Der gesamte übrige gebäudebezogene Strombedarf (d.h. alle elektrischen Anlagen und Geräte mit Gebäudebezug, exklusive Kälte- und Wärmeerzeugung) liegt im Jahr 2050 trotz Wirtschafts-, Bevölkerungs- und Gebäudeparkwachstum sowie Trend in Richtung stärkerer Digitalisierung und Aufrüstung bei Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungsgeräten nur um rund 5% höher als 2020. Den grössten Anteil daran haben Stromeffizienzverbesserungen bei Beleuchtung und Geräten. Individuelle Verhaltensänderungen leisten ebenfalls einen Beitrag (weniger Geräte durch stärkere technische Konvergenz, weniger Betrieb ohne Nutzen).
- Insgesamt liegt der Bedarf an Netzstrom im Jahr 2050 auf dem Niveau von 2020, dies auch dank dem starken Anstieg der Stromproduktion vor Ort durch Photovoltaikanlagen (vgl. unten).

Stromerzeugung und Verteilnetzmanagement auf Stadtgebiet (siehe auch Kapitel 4.3.2)

Im Vergleich zu 2020 ist die Stromerzeugung auf Stadtgebiet im Jahr 2050 nur bei der Photovoltaik stark erhöht (Im Hagenholz wird 2050 aufgrund der Zentralisierung der Abfallverwertung im Metropolitanraum Zürich ebenfalls mehr Strom produziert als 2020. Der relative Zuwachs ist aber um Faktoren tiefer als bei der Photovoltaik). Ein grosser Teil der Gebäude auf Stadtgebiet sind aktive Energieproduzenten, indem rund 25% der vorhandenen Dach- und Fassadenflächen zur Stromproduktion mit ästhetisch gut integrierter Photovoltaik genutzt werden. Insgesamt sind ggü. 2020 rund 10 Millionen m² Modulfläche auf Stadtgebiet verbaut (um Faktor fünf mehr als in der Referenzentwicklung). Diese Anlagen dienen zu einem Grossteil als integrierte Gebäudehüllenelemente mit zusätzlicher baulicher Funktion (Witterungsschutz), womit sie einen Beitrag an die Begrenzung der grauen Emissionen leisten.

Hinweis: Für die Implikationen auf das städtische Verteilnetzmanagement haben wir kein Zielbild entworfen. Die Stadt Zürich verfügt im Vergleich zu kleineren Gemeinden über einen hochprofessionellen Stromversorger, für den die technische Anpassung an den während 30 Jahre stattfindenden starken Photovoltaik- und Wärmepumpenausbau keine in dieser Grundlagenarbeit speziell zu analysierende Herausforderung darstellt⁴⁸ (Stichworte: bidirektionale Umrichter, Quartierspeicher, lokales Lastmanagement, Steuerung von PV-Wechselrichtereinstellungen, lokale Sektorkopplung mit dem Stadtverkehr). Im dicht bebauten Stadtgebiet kommt entgegen, dass das Verteilnetzmanagement durch die Kombination aus sehr hohem Strombedarf und (trotz starkem Ausbau) vergleichsweise geringen PV-belegten Dach- und Fassadenflächen pro EinwohnerIn bzw. Arbeitsplatz wesentlich einfacher zu handhaben ist als z.B. in ländlichen Gemeinden.

Grossräumige Herausforderungen der Stromversorgung (ausserhalb der Stadt)

Die grössten Herausforderungen der Stromversorgung im europäischen und im Schweizerischen Verbund müssen überregional gelöst werden (u.a. die stark zu steigende erneuerbare Stromproduktion, die saisonale Speicherung bzw. die Erzeugung und Rückverstromung von erneuerbaren Gasen). Wir haben deshalb kein Zielbild entworfen (unsere Analyse fokussiert auf die Stadt Zürich). Folgende Eckpunkte sind für 2050 aber wichtig:

- Die erwähnten Herausforderungen der Stromversorgung im europäischen und im Schweizerischen Verbund sind 2050 gemeistert.

⁴⁸ Quelle: Mündliche Informationen Gerhard Emch, ewz

- Der Emissionsfaktor von Strom im Jahr 2050 liegt rund 65% tiefer als im Jahr 2020⁴⁹ (zum Vergleich: in der Referenzentwicklung erfolgt eine Reduktion um 18%).
- ewz als städtischer Elektrizitätsversorger trägt aktiv dazu bei, dass die überregionale Stromversorgung aufrechterhalten und nachhaltig weiterentwickelt wird. Insbesondere liefert sie ihren Kunden ausschliesslich Strom von hochwertiger ökologischer Qualität und leistet einen aktiven Beitrag an den Ausbau von PV-Anlagen auf Stadtgebiet.
- Auch beim Bezug der sog. freien Kunden, die nicht durch ewz beliefert werden, gehen wir davon aus, dass alle Stromlieferanten in der Schweiz einen Strommix anbieten, der Netto-Null-kompatibel ist.

3.4. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: städtische Politikmassnahmen

Basierend auf den durchgeführten Analysen sehen wir folgende Schlüsselmassnahmen, welche zur Erreichung des Zielbilds 2050 umgesetzt werden sollten:

Tabelle 7: Prioritäre Politikmassnahmen der Stadt Zürich (Szenario «Netto-Null 2050»)

<i>Massnahmenpaket (MP)</i>	<i>Schlüsselmassnahmen</i>	<i>weitere Massnahmen</i>
DIREKTE ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN AUF STADTGEBIET		
MP1 Wärmebedarf reduzieren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ WB-1: Finanzielle Förderung: städtische Zusatzbeiträge zu Gebäudeprogramm und kantonaler Förderung. Stark erhöhte Beiträge für die Hüllensanierung anbieten, falls Hauseigentümerschaft gleichzeitig eine Öl- oder Gasheizung ersetzt sowie zusätzliche Beiträge für einfache Dämmmassnahmen (Kellerdecke, Estrichdecke)⁵⁰. Bereinigung Zielkonflikte diverser Schutzbedürfnisse und Hüllensanierung. ▪ WB-2: Beschleunigte und energetisch optimierte Sanierung eigener Gebäude im Verwaltungs- und Finanzvermögen (durchschnittlicher spezifischer Wärmebedarf pro m² Energiebezugsfläche des gesamten städtischen Gebäudeparks 2020-2050 um total 40% senken). 	<p>Weitere bestehende und geplante Massnahmen gemäss Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Siedlungsverdichtung und Einbringen der 2000 Watt-Anforderungen ▪ Verbesserung Energie- und Ökobilanz stadteigener Bauten: Umsetzung 7-Meilen-schritte, Portfoliostrategien Immobilien Stadt Zürich (IMMO) und Liegenschaften Stadt Zürich (LSZ) zur schnellen Dekarbonisierung, Flächenstandards, Reduktion der Anforderungen an Technikausrüstung von Bauten. ▪ Vorgaben zum spezifischen Flächenbedarf in städtischem Einflussbereich, Aktivitäten im Bereich Planung und Vollzug sowie Förderung Netto-Null-kompatibler Technologien und Lösungen ▪ Information und Beratung u.a. zum Thema Gebäudeerneuerung

⁴⁹ Gemäss Vorgabe der Stadt verwenden wir für diese Arbeit in der Referenzentwicklung die Annahmen zum Strommix gemäss ewz (2020) und für die Netto-Null Szenarien gemäss Stadt Zürich (2020).

⁵⁰ Diese werden durch das Gebäudeprogramm nicht unterstützt. Durch die Stadt werden sie zur Vermeidung von Lock-in Effekten nur im Rahmen von umfassenden Gebäudesanierungen unterstützt.

<i>Massnahmenpaket (MP)</i>	<i>Schlüsselmassnahmen</i>	<i>weitere Massnahmen</i>
<p>MP2 Transformation der Fernwärme- und Gasversorgung</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FWG-1: Ausbau Fernwärme und Fernwärmeverbunde auf zwei Drittel des Stadtgebiets mit forcierter Anschlussentwicklung (Ziel: Deckung von mindestens 80% bis 85% des Wärmebedarfs in den erschlossenen Gebieten), gegebenenfalls mit neuen, einheitlichen Wirtschaftlichkeitsanforderungen an ERZ und weitere Anbieter von öffentlicher Fernwärme/Verbundlösungen ▪ FWG-2: Gasverteilnetze für die Raumwärme- und Warmwasserversorgung mit Gasheizungen bis auf ganz wenige (mit erneuerbarem Gas versorgte) Ausnahmen stilllegen, auch in Gebieten ohne Fernwärmeerschliessung ▪ FWG-3: Bedarf an Brennstoffen für die Spitzenlastdeckung in Fernwärmezentralen so stark wie technisch möglich reduzieren, Deckung Restbedarf mit erneuerbaren Gasen und holzbasierten Brennstoffen. 	<p>Weitere bestehende und geplante Massnahmen gemäss Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verstärkter Ausbau von geplanten und neuen Energieverbunden, z.B. aus Ab- und Seewasser, inkl. Information und Beratung ▪ Kommunale Energieplanung mit Fokus auf Nutzung und Ausbau von leitungsgebundenem Angebot Wärme und Kälte <p>Weiterentwickeln Strategie, Leistungsangebot, Preispolitik der Energieversorger</p>
<p>MP 3 Gasheizungersatz</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GH-1: Neuanschlüsse von Gebäuden an das Gasnetz in Gebieten ohne bestehende oder geplante Fernwärmeerschliessung ab Inkraftsetzung der CO₂-Grenzwerte für Gebäude generell unterbinden (auch nicht als Übergangslösung zulassen) ▪ GH-2: Verbindliche Anforderungen bei Gasheizungersatz in Gebieten mit Fernwärmerschliessung (Bau- und Zonenordnung): Sofern die Wirtschaftlichkeit gegeben ist, dürfen nur noch erneuerbare Energien eingesetzt werden (falls Neuanschluss einzige Lösung: Versorgung mit 100% erneuerbarem Gas zwingend). ▪ GH-3: Finanzielle Förderung: städtische Zusatzbeiträge zum Gebäudeprogramm (finanzielle Förderung hat reinen Entschädigungscharakter, weil Gasverteilnetze sowieso stillgelegt werden; ist aber Schlüsselmassnahme, weil forcierte Gasnetzstilllegung ohne finanzielle Förderung v.a. in Nicht-Fernwärmegebieten nicht umsetzbar ist) 	<p>Weitere bestehende und geplante Massnahmen gemäss Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereinigung Zielkonflikte Schutzbedürfnisse und Aussenaufstellung dezentraler Heizsysteme (LW-WP) ▪ Weiterentwicklung der Energieberatung und Anschubprogramm Heizungersatz⁵¹ ▪ Fördermittel/Beiträge für erneuerbare Heizsysteme, solange fossile Energien eine mögliche Alternative sind ▪ Beschleunigte Planung und Umsetzung des Gasheizungersatz in städtischen Gebäuden im Verwaltungs- sowie im Finanzvermögen

⁵¹ <https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/departement/medien/medienmitteilungen/2019/mai/190522a.html>

<i>Massnahmenpaket (MP)</i>	<i>Schlüsselmassnahmen</i>	<i>weitere Massnahmen</i>
MP4 Ölheizungersatz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ÖH-1: Verbindliche Anforderungen bei Ölheizungersatz in Gebieten mit Fernwärmerschliessung (Bau- und Zonenordnung): Fossile Heizung nur noch als Übergangslösung, wenn Fernwärme-Anschluss noch nicht möglich ist. Falls kein Anschluss an Fernwärme möglich ist, soll durch geeignete Förderung die wirtschaftliche Tragbarkeit einer erneuerbaren Lösung erreicht werden. ▪ ÖH-2: Finanzielle Förderung: städtische Zusatzbeiträge zum Gebäudeprogramm: <ul style="list-style-type: none"> ▪ In Fällen mit Heizungsausfall hat die finanzielle Förderung ab 2023 hauptsächlich Entschädigungscharakter, weil neue Ölheizungen wegen CO₂-Grenzwerten praktisch verboten sind (Bund fährt mit dem bis mindestens 2030 geführten Gebäudeprogramm und der Ölheizungsabwrackprämie die gleiche Strategie, Stadt erhöht die Anreize) ▪ In Fällen ohne Heizungsausfall ist städtische finanzielle Förderung die einzige Massnahme, mit der die «Null» letztendlich erzwungen werden kann, falls es aufgrund aller anderer Einflüsse zu langsam vorwärts geht. 	Weitere bestehende und geplante Massnahmen gemäss Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereinigung Zielkonflikte Schutzbedürfnisse und Aussenaufstellung dezentraler Heizsysteme (LW-WP) ▪ Weiterentwicklung der Energieberatung und Anschubprogramm Heizungersatz⁵² ▪ Fördermittel/Beiträge für erneuerbare Heizsysteme ▪ Beschleunigte Planung in städtischen Gebäuden im Verwaltungs- sowie im Finanzvermögen

⁵² <https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/departement/medien/medienmitteilungen/2019/mai/190522a.html>

Massnahmenpaket (MP)	Schlüsselmassnahmen	weitere Massnahmen
ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN AUSSERHALB STADT (VORKETTEN)		
MP5 Emissionen Strom- Vorketten senken	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VS-1: Finanzielle Anreize zur effizienten Stromnutzung stark erhöhen, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ewz-Stromtarife zeitlich dynamisch ausgestalten, damit effizient genutzter Strom wesentlich günstiger ist ▪ Contracting-Modelle mit hoher finanzieller Attraktivität schaffen ▪ Ggf. direkte finanzielle Förderung ausgewählter Anlagen und Geräte ▪ VS-2: Finanzielle Anreize PV-Ausbau stark erhöhen, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ewz-Rückspeisetarif für PV-Anlagen stark erhöhen, Höhe in Abhängigkeit der Systemdienlichkeit differenzieren ▪ Finanzielle Attraktivität von Contracting-Modellen stark erhöhen ▪ Die Stadt zahlt Einmalvergütung auf eigene Kosten schnell und unkompliziert aus, übernimmt Anmeldung (Warteliste) und Risiko, dass Rückfinanzierung über Bundestopf nicht möglich ist. ▪ Die Stadt führt in Ergänzung zur Bundesförderung eigene direkte Förderbeiträge für die Installation von PV-Anlagen ein, z.B. in Kombination mit Dachsanierungen und zur Deckung von Zusatzkosten, die aufgrund von städtischen Rahmenbedingungen entstehen (bspw. zusätzliche gestalterische Anforderungen auf geschützten Gebäuden). ▪ VS-3: Baubewilligungsverfahren soweit möglich vereinfachen, Regeln für transparente Güter- und Interessenabwägungen (zwischen Bau PV und bspw. Dachbegrünung oder denkmalpflegerische Aspekte). ▪ VS-4: Bei allen Bauprojekten, auf die die Stadt direkt Einfluss nehmen kann (eigene Gebäude, Umnutzungen mit Sondernutzungsplanungen etc.), wird möglichst verbindlich und ausnahmslos gefordert, dass Dach- und Fassadenflächen soweit sinnvoll maximal mit PV-Modulen belegt werden. 	<p>Weitere bestehende und geplante Massnahmen gemäss Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Stadt und der städtische Stromversorger arbeiten wie bisher darauf hin, dass der durch ewz verkaufte Strom aus erneuerbaren Quellen stammt (falls möglich: Kriterium der Betriebswirtschaftlichkeit weniger stark gewichten, damit ewz mehr Flexibilität hat, bei Stromeinkauf bzw. Projektbeteiligungen im grossräumigen Kontext den tatsächlichen Umweltnutzen (Stichwort «Zusätzlichkeit»⁵³) stärker einzubeziehen). ▪ Die Stadt und ewz beteiligen sich zusammen mit anderen wichtigen Akteuren (politische und institutionelle Akteure, Energieversorger) aktiv an der Bewältigung der grössten Herausforderungen der grossräumigen Stromwende (Ausbau Erneuerbare, saisonale Speicherung bzw. Erzeugung und Rückverstromung erneuerbarer Gase, Blindleistungsbereitstellung). ▪ Förderbeiträge u.a. für PV-Anlagen, thermische Solaranlagen, Stromsparmassnahmen

⁵³ Zur Bedeutung der Zusätzlichkeit vgl. INFRAS/Perspectives 2020

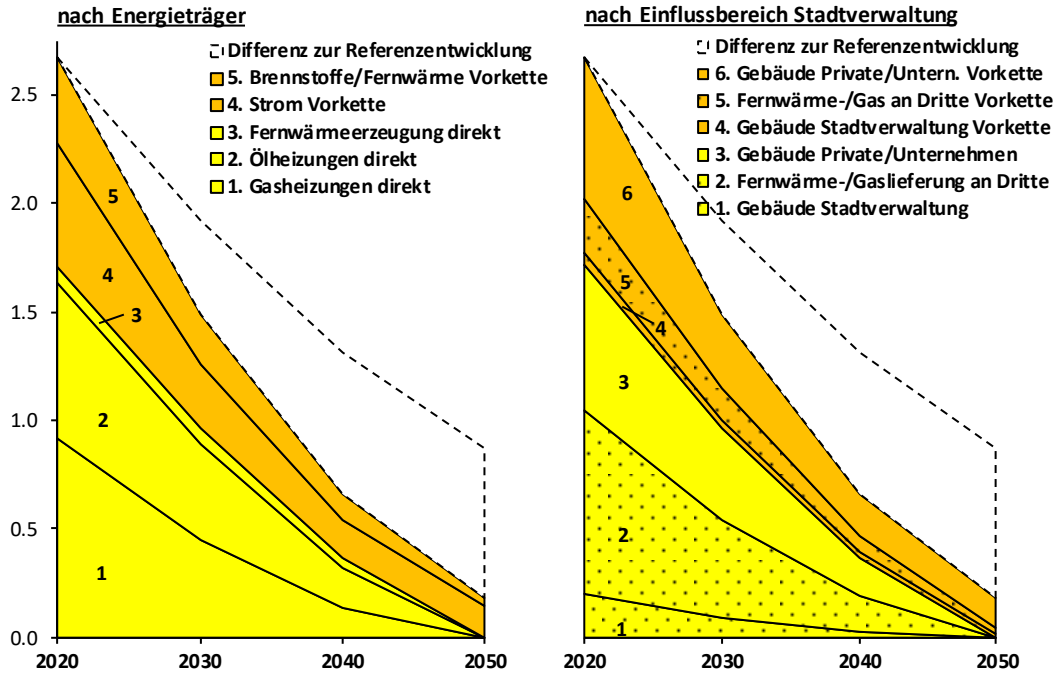
3.5. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Auswirkungen

Die Auswirkungen des Szenarios SNN 2050 werden auf Ebene der Massnahmenpakete analysiert. Eine Wirkungsaufteilung auf einzelne Massnahmen ist analytisch nicht machbar. Beispielsweise wird der Heizungsersatz durch das Zusammenwirken verschiedener Massnahmen wie der Entwicklung der städtischen Energieversorgungsinfrastruktur, den städtischen Förderbeiträgen an Hausbesitzer sowie den Massnahmen auf Bundes- und Kantonebene (z.B. CO₂-Abgabe und CO₂-Grenzwerte) beeinflusst.

3.5.1. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Unter der Voraussetzung, dass die Stadt Zürich die Reduktion auf Null energiebedingte Emissionen auf Stadtgebiet forciert, indem sie alle Schlüsselmassnahmen gemäss Kapitel 3.4 konsequent umsetzt und durch Begleitmassnahmen unterstützt, betragen die jährlichen energiebedingten Emissionen im Jahr 2050 nur noch 0.17 Tonnen CO₂ pro EinwohnerIn – hauptsächlich aufgrund der Strom-Vorketten (vgl. Abbildung 9).

Abbildung 9: Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung – Szenario SNN 2050

energiebedingte Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn

Dargestellt sind die Emissionen auf Stadtgebiet (gelb) sowie die Emissionen aus den Vorketten (orange) – einmal gegliedert nach Energieträger (links) und einmal mit Abgrenzung jener Anteile, auf welche die Stadtverwaltung als Akteurin direkten Einfluss nehmen kann (gepunktete Flächen). Die Modellierung erfolgt auf Basis der übergeordneten Annahme, dass die Stadt Zürich alle Schlüsselmassnahmen gemäss Kapitel 3.4 konsequent umsetzt (begleitet durch weitere geeignete Massnahmen). Berechnungen und Detailannahmen vgl. Anhang (Kapitel 11.4.1) und Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Tabelle 8: Ausgewählte quantitative Annahmen und Zwischenergebnisse zu Abbildung 9 (ganze Stadt, SNN 2050)

Parameter	2020	2030	2040	2050	Δ20-50
Bevölkerung (Tausende)	439	492.9	520	540	+23%
Arbeitsplätze (Tausende)	460	475	490	505	+10%
Energiebezugsfläche EBF total (in Mio. m ²)	40.5	41.0	41.5	42.0	+4%
▪ davon Wohnen (%)	57%	58%	58%	58%	
▪ davon Büro (%)	19%	19%	18%	18%	
▪ davon Rest (%)	24%	24%	24%	24%	
Wärmeversorgungsmix (% der m ² EBF total)					
▪ Heizöl	23%	18%	9%	0%	-100%
▪ Gas	50%	38%	23%	3%	-95%
▪ Nah- oder Fernwärme	17%	25%	35%	48%	+182%
▪ Wärmepumpe	10%	18%	33%	49%	+375%
Strombedarf exkl. Wärmeerzeugung, inkl. Kühlung (in kWh pro m ² EBF)					
▪ Wohnen	25	24	23	20	-18%
▪ Nicht-Wohnen	95	95	94	84	-12%
Emissionsfaktoren direkte Emissionen auf Stadtgebiet (in g CO ₂ -Äqu. pro kWh Endenergie)					
▪ Heizöl	265	265	265	265	+0%
▪ Gas / Anteil erneuerbares Gas in %	177 / 13%	150	90 0 / 100%		-100%
▪ Nah- und Fernwärme / Anteil Fossile bei Erzeugung, %	50 / 24%	40	25 0 / 0%		-100%
Emissionsfaktoren Vorketten ausserhalb Stadt (in g CO ₂ -Äqu. pro kWh Endenergie)					
▪ Heizöl	39	38	37	36	-8%
▪ Gas / Anteil erneuerbares Gas in %	53 / 13%	50	45 35/100%		-34%
▪ Nah- und Fernwärme	9	10	11	13	+39%
▪ Strom	106	61	37	34	-67%
Ergebnisse Endenergiebedarf (in Mio. kWh pro Jahr)					
Endenergiebedarf Total	6'700	5'900	5'200	4'500	-33%
▪ davon Heizöl	1'200	820	350	0	-100%
▪ davon Gas	2'300	1'500	780	78	-97%
▪ davon Nah- oder Fernwärme	650	850	1'000	1'300	+100%
▪ davon dezentral genutzte Umweltwärme	280	370	610	800	+186%
▪ davon Strom für dezentrale Wärmepumpen	120	170	260	330	+175%
▪ davon übriger Strom	2'300	2'300	2'300	2'100	-9%
Ergebnisse CO₂-Emissionen (in t CO₂ pro EinwohnerIn)					
CO ₂ -Emissionen Total energiebedingt (inkl. Vorketten)	2.7	1.5	0.6	0.17	-94%
▪ davon Öl- und Gasfeuerungen direkt	1.6	0.9	0.3	0.0	-100%
▪ davon Fernwärmeversorgung direkt	0.07	0.07	0.05	0.00	-100%
▪ davon Vorketten Brennstoffe/Fernwärme	0.39	0.23	0.11	0.02	-95%
▪ davon Vorketten Strom	0.57	0.30	0.17	0.15	-74%

1) Nicht berücksichtigt sind die Vorketten der Wärmeerzeuger, diese sind aber im Vergleich zum Gesamttotal klein.

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

3.5.2. Ökonomische Auswirkungen gesamte Stadt

Um die ökonomischen Auswirkungen beurteilen zu können, schätzen wir zunächst die Investitionsvolumen ab, die mit den einzelnen Massnahmenpaketen verbunden sind. Den Annuitäten dieser Investitionen stellen wir dann die bewirkten Energie- und Klimakosteneinsparungen (monetär bewertete, in der Stadt Zürich vermiedene Schadenskosten des Klimawandels) gegenüber. In Abstimmung mit UGZ/EB quantifizieren wir dabei die wichtigsten Investitionen und beziehen die darüberhinausgehenden Investitionen qualitativ ein. Konsistent dazu behandeln wir die Kosten- und Nutzeneffekte der Investitionen. Die Annahme zu den Klimaschadenskosten von 200 CHF pro Tonne CO₂ stützt sich auf Umweltbundesamt 2019.

Gebäudebezogene Investitionen: Wärmedämmung und Fensterersatz, Heizungsersatz und gebäudegebundene Photovoltaikanlagen

Wir haben mehrere ökonomische Kenngrössen mit dem für diesen Zweck erstellten Excel-Modell geschätzt, die in Tabelle 9 dargestellt sind.⁵⁴ Dargestellt werden die notwendigen Investitionen, die dadurch resultierenden Einsparungen bei den Energiekosten und den Klimakosten sowie der «Nettoeffekt» (Annuität der Investitionen minus Einsparungen) – jeweils für die Referenzentwicklung (gegenüber dem Status quo 2020), das Szenario «Netto-Null 2050» (gegenüber der Referenzentwicklung) sowie im Total gegenüber dem Status quo 2020. Zu beachten ist, dass wir bei den Einsparungen durch die Wärmedämmung und den Fensterersatz sowie den Ersatz von Öl- und Gasheizungen aus methodischen Gründen nicht differenzieren können, auf welche Investitionen die Einsparungen zurückgehen.⁵⁵ Die energiebezogenen Mehrinvestitionen sind so definiert, dass sie die Mehrkosten gegenüber einer energetisch nicht verbesserten Referenz darstellen. Z.B. heisst dies für die Installation einer Wärmepumpenheizung, dass die energiebezogenen Mehrinvestition die zusätzlichen Investition gegenüber einem 1:1-Ersatz der bestehenden fossilen Feuerung nach Ablauf deren Lebensdauer ist.

⁵⁴ Die verwendeten Annahmen sind im Anhang Kapitel 11.4.1 und im Excel-Modell dokumentiert, in dem zudem Hinweise zu Quellen sowie weitere Kommentare aufgeführt sind.

⁵⁵ Idealerweise wird zunächst die Gebäudehülle vollständig energetisch saniert, bevor das Heizsystem gewechselt wird. Der Einspareffekt der Gebäudehülleninvestition wird allerdings überschätzt, wenn für die Schätzung kein Heizsystemwechsel angenommen wird. Umgekehrt macht eine Berechnung von Einsparungen der Gebäudehülleninvestition mit gewechseltem Heizsystem ebenfalls keinen Sinn (diese läge dann sehr tief).

Tabelle 9: Investitionen und Kosteneffekte (ganze Stadt)

		Wärmedämmung und Fensterersatz	Ersatz von Öl- und Gasheizungen	Installation von PV- Anlagen	Total (gerundet)
INVESTITIONEN¹⁾					
Gesamtinvestitionen 2020–2050 (in Mio. CHF)	REF	6'200	1'000	210	7'400
	SNN	+6'800	+1'100	+890	+8'800
	TOT	13'000	2'100	1'100	16'200
Energiebezogene Mehrinvestitionen 2020–2050 (in Mio. CHF)	REF	4'400	620	210	5'200
	SNN	+4'800	+680	+890	+6'400
	TOT	9'200	1'300	1'100	11'600
Annuität der energiebez. Mehr- investitionen (2050) (in Mio. CHF/Jahr)	REF	180	40	10	230
	SNN	+190	+40	+45	+280
	TOT	370	80	55	510
EINSPARUNGEN²⁾					
Jährliche Energie- kosteneinsparung (2050) (in Mio. CHF/Jahr)	REF	-160		-30	-190
	SNN	-300		-100	-400
	TOT	-460		-130	-590
Jährliche Klimakoste- neinsparung (2050), bei 200 CHF/t CO ₂ (in Mio. CHF/Jahr)	REF	-130		-4	-135
	SNN	-50		-3	-55
	TOT	-180		-7	-190
NETTOEFFEKT					
Jahreskosten 2050 exkl. Klimakosten- einsparung (in Mio. CHF/Jahr)	REF	55		-20	35
	SNN	-69		-60	-130
	TOT	-14		-80	-95
Jahreskosten 2050 inkl. Klimakosten- einsparung (in Mio. CHF/Jahr) ³⁾	REF	-79		-25	-100
	SNN	-121		-60	-190
	TOT	-200		-85	-290

Negative Werte = Einsparung

1) Wir unterscheiden bei den betrachteten Massnahmen zwischen «Gesamtinvestitionen» (gesamte Investitionen für die entsprechende Massnahme) und «energiebezogenen Mehrinvestitionen» (Gesamtinvestitionen minus notwendige Investitionen für die reine Instandsetzung). Abkürzungen: REF = Referenzentwicklung gegenüber dem Status quo 2020. SNN = Entwicklung Szenario «Netto-Null 2050» gegenüber der Referenzentwicklung. TOT = Entwicklung Szenario «Netto-Null 2050» gegenüber dem Status quo 2020.

2) Die Schätzung der eingesparten Klimakosten berücksichtigt die Emissionen der Vorketten der Energiebereitstellung. Die grauen Emissionen, die mit den Massnahmen verbunden sind, sind jedoch nicht einbezogen.

3) Die Klimakosten werden mit einem einheitlichen Kostensatz von 200 CHF pro t CO₂-Äqu. monetarisiert. Dieser Kostensatz entspricht dem vom deutschen Umweltbundesamt mit der Methodenkonvention 3.0 empfohlenen durchschnittlichen Satz für die Klimaschadenskosten durch Treibhausgasemissionen (vgl. Umweltbundesamt 2019).

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

Die Schätzung der Investitionen und der Kosteneffekte gilt auch näherungsweise für das Szenario 1 Tonne CO₂ pro Kopf und Jahr. Bei dieser Zielsetzung ist ebenfalls davon auszugehen, dass die direkten energiebedingten Emissionen des Gebäudeparks auf Null reduziert werden müssen (vgl. Kapitel 3.2). Die wichtigsten Ergebnisse der Schätzungen können wie folgt zusammengefasst werden:⁵⁶

- Insgesamt schätzen wir die notwendigen energiebezogenen Investitionen auf 11,6 Mia. CHF, wobei 5,2 Mia CHF bereits in der Referenzentwicklung anfallen. Im Szenario SNN 2050 ist mit zusätzlichen 6,4 Mia. CHF zu rechnen.
- Damit verbunden sind im Jahr 2050 Jahreskosten (Annuitäten) in der Höhe von insgesamt 510 Mio. CHF, wobei 230 Mio. CHF der Referenzentwicklung und 280 Mio. CHF den zusätzlichen energetischen Investitionen im SNN 2050 zuzuschreiben sind.
- Die Investitionen implizieren rechnerische Energiekosteneinsparungen im Jahr 2050 von insgesamt 590 Mio. CHF (190 Mio. CHF/Jahr REF und 400 Mio. CHF/Jahr SNN 2050). Die damit verbundene Reduktion der Klimakosten schätzen wir für das Jahr 2050 auf 190 Mio. CHF/Jahr (135 Mio. CHF/Jahr REF, 55 Mio. CHF/Jahr SNN 2050).
- Die berechneten Nettoeffekte zeigen die Wirtschaftlichkeit dieses Investitionsprogramms. Die reinen Energiekosteneinsparungen im Jahr 2050 schätzen wir netto auf 95 Mio. CHF/Jahr. Werden zusätzlich die Einsparungen bei den Klimakosten berücksichtigt, reduzieren sich die gesamten Jahreskosten rechnerisch um insgesamt 290 Mio. CHF
- Im Vergleich zur Referenzentwicklung sind mit dem Szenario SNN 2050 wesentlich höhere Energiekosteneinsparungen verbunden. Demgegenüber fallen die Klimakosteneinsparungen im Verhältnis dazu geringer aus. Das hat folgenden Grund: In der Referenzentwicklung ist im Jahr 2050 ein Grossteil aller Ölheizungen ersetzt. Bei den Gasheizungen ist der Rückgang zwar moderat, aber der Anteil des erneuerbaren Gases beträgt 2050 immerhin noch 40%. So bringen die zusätzlichen Massnahmen gemäss SNN 2050 starke zusätzliche Energiekosteneinsparungen. Die Klimakosteneinsparungen bleiben im Verhältnis dazu aber begrenzt.

Investitionen in den Fernwärmeausbau

Die ökonomischen Kenngrössen zum Fernwärmeausbau schätzen wir analog zu den gebäudebezogenen Investitionen mit dem für diesen Zweck erstellten Excel-Modell.⁵⁷ Die wichtigsten zugrunde gelegten Annahmen zur Referenzentwicklung sind im Kapitel 3.2 definiert: So wird für die Referenzentwicklung (REF) unterstellt, dass der Fernwärme-Infrastrukturausbau bis 2050 auf rund die Hälfte des städtischen Siedlungsgebiets gelingt (Das in Diskussion stehende

⁵⁶ Bei der Interpretation dieser Schätzungen ist generell zu beachten, dass für diese Modellberechnungen eine Vielzahl von Annahmen notwendig sind, die im Annex dokumentiert sind.

⁵⁷ Die quantitativen Annahmen sind in Anhang Kapitel 11.4.1 aufgeführt.

Ziel von zwei Dritteln des Siedlungsgebiets wird verfehlt). In den Fernwärmegebieten wird im Durchschnitt eine Anschlussquote von maximal 70% erreicht, weil der Gasrückzug aufgrund diverser Hemmnisse harzt. Im Szenario SNN 2050 wird ein Fernwärmeausbau auf zwei Drittel des Siedlungsgebiets unterstellt (Mehrinvestitionen entstehen v.a. aufgrund des stärkeren Netzausbaus). Zudem liegt die Anschlussquote in den Fernwärmegebieten höher (bei mindestens 75%, je nach Gebiet noch höher).

Tabelle 10: Investitionen und Kosten für den Fernwärmeausbau

INVESTITIONEN			
Gesamtinvestitionen 2020–2050 in den Ausbau der städtischen Fernwärmeversorgung (in Mio. CHF)	REF	gesamt (inkl. Fernwärmeversorgung Neubauten 2020-2050):	730
		nur Fernwärmeversorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	560
	SNN	gesamt (inkl. Fernwärmeversorgung Neubauten 2020-2050):	+640
		nur Fernwärmeversorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	+540
	TOT	gesamt (inkl. Fernwärmeversorgung Neubauten 2020-2050):	1'370
		nur Fernwärmeversorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	1'100
Zusätzlich energiebezogene Mehrinvestitionen 2020–2050 der Hauseigentümerschaften (in Mio. CHF)	REF	nur 2020 bestehende Gebäude:	280
	SNN	nur 2020 bestehende Gebäude:	+220
	TOT	nur 2020 bestehende Gebäude:	500
Annuität der gesamten energiebezogenen Mehrinvestitionen (2050) (in Mio. CHF)	REF	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	35
	SNN	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	+30
	TOT	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	65
EINSPARUNGEN			
Jährliche Energiekosteneinsparung (2050) (in Mio. CHF pro Jahr)	REF	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-45
	SNN	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-65
	TOT	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-110
Jährliche Klimakosteneinsparung (2050), bei 200 CHF/t CO ₂ (in Mio. CHF pro Jahr)	REF	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-23
	SNN	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-10
	TOT	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-33
NETTOEFFEKT			
Jahreskosten 2050 exkl. Klimakosteneinsparung (in Mio. CHF pro Jahr)	REF	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-10
	SNN	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-40
	TOT	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-50
Jahreskosten 2050 inkl. Klimakosteneinsparung (in Mio. CHF pro Jahr)	REF	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-35
	SNN	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-45
	TOT	nur FW-Versorgung von 2020 bestehenden Gebäuden:	-80

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

Die wichtigsten ökonomischen Kennzahlen zum Fernwärmausbau im Szenario Netto-Null 2050 sind folgende:

- Wir schätzen die notwendigen Investitionen für den Ausbau der thermischen Netze auf insgesamt 1,37 Mia. CHF, davon 1.1 Mia. CHF für die Erschliessung bestehender Gebäude und 270 Mio. CHF für Neubauten. Dies sind 640 Mio. CHF mehr als im Referenzszenario.
- Hinzu kommen Investitionen seitens der Hauseigentümerschaften von bestehenden Gebäuden in der Höhe von insgesamt 500 Mio. CHF oder 220 Mio. CHF mehr als im Referenzszenario.
- Die Jahreskosten (Annuität) der Investitionen durch die Stadt Zürich und die Hauseigentümer liegt damit bei 65 Mio. CHF pro Jahr und damit 30 Mio. CHF höher als im Referenzszenario.
- Damit können im Vergleich zum Referenzszenario zusätzlich jährliche Einsparungen bei den Energiekosten von 65 Mio. CHF und bei den Klimakosten von 10 Mio. CHF realisiert werden.
- Die resultierenden Nettoeffekte in der Höhe von -50 Mio. CHF für die Jahreskosten (nur Energiekosteneinsparungen) und -80 Mio. CHF (inkl. Klimakosteneinsparungen) weisen auf die Wirtschaftlichkeit dieser Investitionen hin.

3.5.3. Weitere Auswirkungen auf gesamte Stadt

Die wichtigsten Auswirkungen sehen wir in folgenden Bereichen:

- Die Dekarbonisierung des Gebäudeparks wirkt sich positiv auf die Entwicklung der **Luftqualität** aus. Zusammen mit der Reduktion der Luftschadstoffemissionen im Verkehr und in weiteren Bereichen ist mit einer markanten Verbesserung der Immissionswerte zu rechnen, insbesondere bei den Stickoxidemissionen und der Feinstaubbelastung.
- Die **sozialen Verteilungswirkungen** hängen stark von der konkreten Ausgestaltung der Massnahmen ab. Grundsätzlich verlangen die Massnahmen hohe Investitionen der Gebäudeeigentümer. Solange keine Sanierungspflicht besteht, ist eine markante finanzielle Förderung notwendig. Die sozialen Folgen (insbes. Einfluss auf Mietzinsen) sind zu berücksichtigen und müssen über geeignete Begleitmassnahmen gemindert werden (z.B. durch ergänzende Vorgaben bei den Überwälzungsregeln im Mietrecht (VMWG)).⁵⁸
- Die Massnahmen im Bereich Gebäude lösen eine hohe zusätzliche Investitionstätigkeit aus. Die Investitionen führen dazu, dass der Import fossiler Energieträger durch Investitionen in effizientere Gebäudehüllen, erneuerbare Heizsysteme, thermische Netze etc. substituiert wird. Damit sind **grosse Chancen für das lokale und regionale baunahe Gewerbe**

⁵⁸ Die gilt auch für die vermieteten städtischen Liegenschaften. Sie werden als Eigenwirtschaftsbetriebe geführt und beziehen keine Steuergelder sondern finanzieren sich selber. Alle energetischen Massnahmen bei den Wohnsiedlungen, Einzelwohnliegenschaften, Gastronomiegebäuden und Parkhäusern müssen gemäss heutiger Regelung von den Mietern berappt werden.

verbunden. Bei einer schrittweisen Vorgehensweise über die angenommene Frist von knapp 30 Jahren sind die zusätzlichen finanziellen Belastungen durch die Massnahmen sowohl für die Haushalte und die Unternehmen als auch die Stadt insgesamt gut verkraftbar. Dabei spielt eine wichtige Rolle, dass die Dekarbonisierung der direkten Emissionen des Gebäudeparks unter den angenommenen Rahmenbedingungen volks- und betriebswirtschaftlich rentabel sind.

- Zu beachten sind verschiedene Synergien und Zielkonflikte:
 - Die **Bautätigkeit** in der Stadt nimmt zu, was in der (langen) Übergangsphase zu zusätzlichen Belastungen der Bevölkerung, der Beschäftigten und des lokalen Gewerbes (v.a. Detailhandel) führt. Der Ausbau der thermischen Netze kann durch eine sorgfältig geplante Vorgehensweise auf eine stadtverträgliche Art und Weise gestaltet werden. Die zusätzliche Hochbautätigkeit wird zu nicht vermeidbaren aber aus unserer Sicht verkraftbaren Belastungen führen.
 - Der **Grundwasserschutz** und der **Schutz archäologischer Schätze** (und ggf. weitere) sind eine zu beachtende Rahmenbedingung für die Umsetzung des SNN 2050. Die entsprechenden Vorgaben kann die Stadt nicht in Eigenregie aufweichen.
 - **Denkmalschutz**: Um die Transformation in der geforderten Zeit zu erreichen, ist es notwendig, in diesem Bereich eine Bereinigung der Zielkonflikte zu erreichen und Musterlösungen für Bauherrschaften bereitzustellen. Sonst wird der zeitliche und finanzielle Rahmen für private Bauherrschaften zu eng.
 - Synergien ergeben sich u.a. durch die **bauliche Verdichtung** und die **höhere Energieeffizienz** der Gebäude (vgl. Stadt Zürich 2016a, Stadt Zürich 2017). Die hohe Rate an Fassadenanierungen bietet z.B. die Möglichkeit für Optimierung für das Stadtklima durch begrünte Fassaden. Allerdings ist dabei der Trade-off mit der Installation von PV-Anlagen an Fassaden zu berücksichtigen.

3.5.4. Ökonomische Auswirkungen Stadt als Immobilienbesitzerin

Investitionsbedarf eigene Gebäude der Stadt Zürich

Die folgenden Schätzungen wurden ebenfalls mit dem erwähnten Excel-Modell erstellt.⁵⁹

Tabelle 11: Investitionen und Kosten für die Sanierung des eigenen Gebäudeparks der Stadt Zürich

		Wärmedäm- mung und Fens- terersatz	Ersatz von Öl- und Gasheizungen	Installation von PV- Anlagen	Total (gerundet)
INVESTITIONEN					
Gesamtinvestitionen	REF	730	100	30	860
2020–2050	SNN	+970	+110	+150	+1'230
(in Mio. CHF)	TOT	1'700	210	180	2'090
Energiebezogene Mehr- investitionen 2020–2050	REF	520	60	30	610
(in Mio. CHF)	SNN	+780	+70	+150	+990
	TOT	1'300	130	180	1'600
Annuität der energiebez. Mehrinvestitionen	REF	21	3.8	1.4	26
(2050)	SNN	+30	+5	+7	+42
(in Mio. CHF/Jahr)	TOT	51	8.3	8.4	68
EINSPARUNGEN					
Jährliche Energiekosten- einsparung (2050)	REF	-20		-4	-24
(in Mio. CHF/Jahr)	SNN	-45		-15	-60
	TOT	-65		-19	-84
Jährliche Klimakosten- einsparung (2050), bei	REF	-16		0	-16
200 CHF/t CO ₂	SNN	-4		-0	-4
(in Mio. CHF/Jahr)	TOT	-20		0	-20
NETTOEFFEKT					
Jahreskosten 2050 exkl. Klimakosteneinsparung	REF	2		-3	-1
(in Mio. CHF/Jahr)	SNN	-8		-8	-16
	TOT	-6		-11	-17
Jahreskosten 2050 inkl. Klimakosteneinsparung ¹⁾	REF	-14		-2.9	-17
(in Mio. CHF/Jahr)	SNN	-13		-8.1	-21
	TOT	-27		-11	-38

Negative Werte = Einsparung

1) Die Klimakosten werden mit einem einheitlichen Kostensatz von 200 CHF pro t CO₂-Äqu. monetarisiert. Dieser Kostensatz entspricht dem vom deutschen Umweltbundesamt mit der Methodenkongvention 3.0 empfohlenen durchschnittlichen Satz

⁵⁹ Quantitative Annahmen und Zwischenergebnisse vgl. Anhang, Kapitel 11.4.1. Weitere Hinweise und Kommentare vgl. Excel-Modell.

für die Klimaschadenskosten durch Treibhausgasemissionen (vgl. Umweltbundesamt 2019).

Wichtigste Ergebnisse:

- Insgesamt schätzen wir die energiebezogenen Mehrinvestitionen bis 2050 auf 1.6 Mia. CHF. Davon sind 610 Mio. CHF der Referenzentwicklung und zusätzlich knapp 1 Mia. CHF dem Szenario «Netto-Null 2050» zuzuschreiben.
- Die entsprechenden Jahreskosten (Annuitäten) im Jahr 2050 schätzen wir auf insgesamt 68 Mio. CHF. Davon sind 26 Mio. CHF der Referenzentwicklung und 42 Mio. CHF den zusätzlichen energetischen Investitionen im SNN 2050 zuzuordnen.
- Die energetischen Investitionen führen im Jahr 2050 im Szenario REF zu rechnerische Energiekosteneinsparungen von 24 Mio. CHF und im SNN 2050 von zusätzlichen 60 Mio. CHF. Die Einsparungen bei den Klimakosten schätzen wir für das Jahr 2050 auf 38 Mio. CHF (17 Mio. CHF REF und 21 Mio. CHF SNN 2050).
- Die Nettoeffekte 2050 weisen wiederum auf die tendenzielle Wirtschaftlichkeit der Investitionen hin. Die reinen Energiekosteneinsparungen im Jahr 2050 schätzen wir insgesamt auf netto gut 17 Mio. CHF/a. Werden zusätzlich die Einsparungen bei den Klimakosten berücksichtigt, reduzieren sich die gesamten Jahreskosten um ca. 38 Mio. CHF.

3.5.5. Weitere Auswirkung auf Stadtverwaltung

Damit die energetischen Investitionen in den Gebäudepark durch die privaten Akteure realisiert werden, ist neben den in der Referenzentwicklung unterstellten Massnahmen (vgl. Kapitel 3.2) insbesondere ein massiver **Ausbau der finanziellen Förderung** notwendig. Vorzusehen sind städtische Zusatzbeiträge zum Gebäudeprogramm für die Hüllensanierung und für den Heizungsersatz⁶⁰ sowie allenfalls separate zusätzliche Beiträge für die Installation von PV-Anlagen. Die notwendige Summe lässt sich in diesem Rahmen nicht genau bestimmen. Aufgrund von Erfahrungen mit bestehenden Förderprogrammen kann folgende Faustformel angewendet werden: Für die notwendige, ambitionierte Beschleunigung der energetischen Investitionen ist wohl eine Förderung in der Grössenordnung von ca. 50% der insgesamt der auszulösenden Gesamtinvestitionen notwendig. Davon ausgehend, dass die auf übergeordneter Ebene angenommenen Massnahmen ca. die Hälfte dieser Förderung abdecken, resultiert eine Summe der notwendigen **Transferausgaben in der Grössenordnung von rund 80 Mio. CHF pro Jahr**, was einer deutlichen Erhöhung der heutigen Förderbeiträge entspricht.

⁶⁰ Problematisch ist v.a. die Entwicklung bei den Gasheizungen. Weil seitens übergeordneter Gesetzgebungen mit Biogas betriebene Gasheizungen nach wie vor erlaubt sind und die Vorschriften nur gelten, wenn Heizungen sowieso ersetzt werden, verläuft die Entwicklung insbesondere bei den Gasheizungen viel zu langsam. Zur Beschleunigung durch die Stadt Zürich kommt nur das Instrument der finanziellen Förderung infrage. Andere Optionen zur forcierten Beschleunigung hat die Stadt kaum. Mit Soft-Policy-Massnahmen sind die erforderlichen Ersatzraten nicht erreichbar.

Der städtische **Aufwand** für die Umsetzung der Massnahmen ist beachtlich. Zusätzlicher Ressourcenbedarf entsteht durch die Abwicklung der Förderung, den Vollzug der Vorschriften und den Ausbau der thermischen Netze. Eine genaue Abschätzung ist in diesem Rahmen nicht möglich. Die Umsetzung der Massnahmen wirkt sich auch auf den **städtischen Finanzhaushalt** aus. Es entsteht zusätzlicher Aufwand insbesondere für die Transferausgaben und für den Vollzug der Vorschriften und die Umsetzung der Förderung, der indirekten Massnahmen sowie der Massnahmen im eigenen Handlungsbereich der Stadt. Ohne dazu eine detaillierte Analyse durchgeführt zu haben, ist – abhängig von der konkreten Ausgestaltung der städtischen Massnahmen und der Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene – mit einem signifikanten Mehraufwand in der Grössenordnung von 100 bis 200 Mio. CHF pro Jahr zu rechnen. Für den Ausbau der thermischen Netze und die städtische Immobilienbewirtschaftung nehmen wir an, dass diese Massnahmen kostendeckend umgesetzt werden können (bei Zieljahr 2050). Auf der Einnahmenseite dürfte sich die zu erwartenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte positiv auswirken. Eine Quantifizierung dieser Effekte ist in diesem Rahmen nicht möglich.

3.5.6. Auswirkungen, falls auf übergeordneten Politikebenen wirksamere Massnahmen umgesetzt werden

Szenario verstärkte Massnahmen auf übergeordneter Ebene

Nachfolgend beschreiben wir Schlüsselmassnahmen je Massnahmenpaket auf Ebene EU, Bund und Kanton, die ein günstigeres Umfeld für die Umsetzung der städtischen Klimaschutzpolitik erzeugen würden. Entsprechend könnten die städtischen Politikmassnahmen angepasst werden. Diese Massnahmen können gleichzeitig Ziele der städtischen Lobbyarbeit auf übergeordneter Ebene darstellen.

Tabelle 12: Verstärkte Politikmassnahmen auf übergeordneten Politikebenen (Szenario «Netto-Null 2050»)

<i>Massnahmenpaket</i>	<i>Schlüsselmassnahmen</i>	<i>weitere Massnahmen</i>
DIREKTE ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN AUF STADTGEBIET		
Wärmebedarf reduzieren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sanierungspflichten für ineffiziente Gebäude, Sanierungsstandard wird deutlich verschärft ▪ Schnellere und stärkere Erhöhung der CO₂-Abgabe auf Brennstoffe ▪ Verstärkte Anreize für effiziente Gebäudebelegung (Ziel der städtischen Lobbyarbeit: Der Bund oder der Kanton führen Anreize zur effizienten Nutzung der Wohnflächen ein) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbindliche Vorgaben zu periodischer Betriebsoptimierung (Ziel der städtischen Lobbyarbeit: Der Kanton führt dies mit nächster Revision Energiegesetz ein) ▪ Optimierung der Normen bezüglich Wärmebedarf (Ziel der städtischen Lobbyarbeit: Anforderung Warmwassertemperaturen und Raumtemperaturen optimieren)

<i>Massnahmenpaket</i>	<i>Schlüsselmassnahmen</i>	<i>weitere Massnahmen</i>
Transformation der Fernwärme- und Gasversorgung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Kanton oder der Bund beschliesst bereits zeitnah verbindliche Vorgaben zur Gasnetzstillegung durch die Gemeinden bis spätestens 2050, besser 2040 ▪ Der Bund behält die Regelung bei, dass auch die Anteile an erneuerbaren Gasen im Gasnetz der CO₂-Abgabe unterliegen ▪ Schaffen von verbindlichen Vorgaben zu CO₂-Emissionen von Nah- und Fernwärmezentralen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aktivitäten des Bundes und Kantons zum Ausbau der Produktion von ökologisch optimiertem erneuerbarem Gas für kritische Anwendungen ▪ Stärkere finanzielle Unterstützung des Bundes für Ausbau der Fernwärme
Gasheizungsersatz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Bund oder der Kanton erlässt strenge Regelungen zu CO₂-Grenzwerten von Gebäuden. Diese greifen nicht nur bei Heizungsersatz, sondern gelten mit einer kurzen Übergangsfrist generell ▪ Keine Anrechenbarkeit von erneuerbarem Gas bei Nachweis der Einhaltung der CO₂-Grenzwerte (die CO₂-Grenzwerte können also <u>nicht</u> mit Einsatz von biogenen Brennstoffen eingehalten werden; ein Heizungsersatz durch eine Wärmepumpe oder ein Fernwärmeanschluss ist zwingend nötig) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Vorgabe gemäss Art. 53 EnG wird aufgehoben, dass Förderbeiträge maximal 40% (in Ausnahmefällen 60%) der energiebezogenen Gesamtinvestitionen abdecken dürfen, um globalbeitragsberechtigt zu sein
Ölheizungsersatz	Analog Gasheizungsersatz	analog Gasheizungsersatz
ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN AUSSERHALB STADT (VORKETTEN)		
Emissionen Strom-Vorketten senken	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführen einer Stromlenkungsabgabe ▪ Verstärken der Vorgaben zur Eigenproduktion von Strom auf Gebäuden (Ziel der städtischen Lobbyarbeit: Gut geeignete Dächer und Fassaden sollen durch Eigentümer oder Dritte maximal genutzt werden) ▪ Strenge und verbindliche Vorgaben zur ökologischen Qualität der Basisprodukte der Energielieferanten (Ziel der städtischen Lobbyarbeit: Einführung mit Gesetzesrevision ab 2030) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Bund engagiert sich dafür, dass fossil erzeugter Strom international mit einem wirksamen CO₂-Preis belastet wird ▪ Der Bund belastet den Import von nicht erneuerbarem Strom mit Abgaben (Ziel der städtischen Lobbyarbeit: Einführung eines Systems für «Border Tax Adjustment»)

Tabelle INFRAS/Quantis

Auswirkungen: Markante Änderungen

Falls der Bund und/oder der Kanton zeitnah Politikmassnahmen beschliessen, die deutlich über die Referenzentwicklung hinausgehen, ergeben sich gemäss unserer Einschätzung und aus einer übergeordneten Sicht folgende Veränderungen für die Netto-Null-Szenarien:

- Der Druck auf die Stadt Zürich sinkt, sehr strikte städtische Politikmassnahmen durchzusetzen.
- Es wird für die Stadt einfacher sein, den politischen Alleingang zu vermeiden und mit anderen Gemeinden und Städten ein koordiniertes Vorgehen umzusetzen.
- Neben den freiwilligen Aktivitäten besteht in mehr Bereichen die Möglichkeit, den Wandel verstärkt über Vorschriften (durch Bund und Kanton) voranzutreiben, womit die Reichweite deutlich erhöht wird.
- Es besteht die Möglichkeit, über umfassendere Instrumente zu steuern (z.B. CO₂-Abgabe), was den Instrumenten-Mix wesentlich vereinfacht, insbesondere müsste die städtische Förderung weniger stark ausgebaut werden und die Umsetzungseffizienz würde deutlich verbessert.

Insgesamt gehen wir davon aus, dass die Erfolgchancen zur zeitgerechten Zielerreichung bei günstigen Rahmenbedingungen seitens Bund und Kanton deutlich steigen. Für den Zielzeitpunkt 2030 wird der Unterschied nicht entscheidend sein. Der Bund und der Kanton haben ihre klimapolitischen Instrumente bis 2030 bereits weitgehend festgelegt, bzw. sie sind mehr oder weniger absehbar. Hier wird wohl auch ein intensives Lobbying der Stadt Zürich nicht mehr viel bewegen.

Für die Zeit nach 2030 ist es entscheidend, dass die Stadt Zürich möglichst koordiniert mit weiteren Gemeinden und Städten ein sehr intensives Lobbying auf Stufe Kanton und auch Bund betreibt. Dies schätzen wir als wichtigen Erfolgsfaktor ein.

Auf die ökologischen Auswirkungen in der Stadt Zürich hat es keinen wesentlichen Einfluss, auf welcher Politikebene die Massnahmen umgesetzt werden, sofern das gleiche Ziel von Null Emissionen in der Territorialperspektive verfolgt wird. Der Unterschied bei stärkeren Anstrengungen von Bund und Kantonen liegt darin, dass die energiebedingten Emissionen ausserhalb der Stadtgrenze aus Vorketten schneller reduziert werden, weil die verstärkten Anstrengungen von Kanton resp. Bund grossräumiger wirken.

Die ökonomischen und sozialen Auswirkungen ändern nach unserer Einschätzung bei starken Massnahmen auf den übergeordneten Politikebenen markant:

- Das notwendige Investitionsvolumen bleibt zwar in etwa gleich. Die Massnahmeneffizienz erhöht sich jedoch massgeblich, insbesondere, wenn preisliche Massnahmen ein stärkeres

Gewicht erhalten.⁶¹ Aber auch eine früh eingeführte Sanierungspflicht auf Kantonebene würde die Massnahmeneffizienz aufgrund von Skaleneffekten verbessern.

- In diesem Fall sind zudem keine städtischen Zusatzbeiträge zum Gebäudeprogramm notwendig. Dies führt zu einer geringeren Belastung des städtischen Finanzhaushalts.
- Bei einer umfassenden und starken CO₂-Abgabe mit Rückverteilung eines massgeblichen Teils des Abgabenaufkommens verbessert sich zudem die Bilanz aus Sicht der sozialen Verteilungswirkungen (vgl. INFRAS 2019).

3.6. Szenarien «SNN 2030/2040 – energiebedingte Emissionen»

3.6.1. Zielbild bei angestrebter Zielerreichung bis 2030

Unabhängig vom angestrebten Realisierungszeitpunkt für Netto-Null Treibhausgasemissionen gilt, dass Treibhausgasenken, negative Emissionstechnologien und Kompensationslösungen aufgrund ihrer bis 2050 sehr beschränkten Volumina nur für die Reduktion von unvermeidbaren Restemissionen genutzt werden können (vgl. auch INFRAS/Perspectives 2020). Aufgrund des beträchtlichen Zeitbedarfs zur Entwicklung und Skalierung der Treibhausgasenken und negativen Emissionstechnologien steigt der Druck erheblich, die energiebedingten Emissionen tatsächlich auf Null zu senken, je früher der Realisierungszeitpunkt ist. Dies, sofern die Systemgrenze für das Netto-Null-Ziel auf die Gesamtemissionen bezogen wird.

Energiebedingte Emissionen auf Stadtgebiet bis 2030

Wenn das Netto-Null-Ziel in der Territorialperspektive bereits bis 2030 erreicht werden muss, sind die Herausforderungen wesentlich grösser als bei Zielerreichung bis 2050. Ein wichtiger Grund ist, dass die politischen Aktivitäten der Stadt und der übergeordneten Politikebenen mit Wirkung auf die energiebedingten Emissionen aus Gebäuden einen substanziellen Planungsvorlauf haben. Dieser kann zum Teil mehrere Jahre betragen. Zudem sind die Herausforderungen für die involvierten privaten und öffentlichen Akteure bei einem solchen Szenario ausserordentlich hoch. Wir gehen deshalb realistischerweise davon aus, dass die Ziele in einem regulären demokratischen Prozess nicht erreicht werden können. Das Zielbild weicht insbesondere in folgenden Punkten vom oben dargestellten Zielbild 2050 ab:

- Es sind weniger Gebäudehüllen energetisch saniert.
- Es sind nicht alle fossilen Heizungen ersetzt.
- Die Flächenabdeckung der thermischen Netze liegt noch unter dem Langfristziel einer Abdeckung von 50% bis 60% der Gebäude.

⁶¹ Preisliche Massnahmen weisen gemäss einer im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 71 durchgeführten Studie eine fünfmal höhere Umsetzungseffizienz auf als Vorschriften und Fördermassnahmen (vgl. Rausch et al. 2017). U.a. würde sich der Vollzugsaufwand auf Ebene Stadt markant reduzieren.

- Das Gasnetz weist immer noch eine erhebliche Bedeutung, jedoch ein kleineres Versorgungsgebiet als heute auf. Es ist jedoch deutlich grösser als beim Zielhorizont 2050.
- Die Fernwärmeversorgung ist im Jahr 2030 vollständig dekarbonisiert, wobei die Substitution der früheren fossilen Anteile durch erneuerbares Gas und Biobrennstoffe erfolgt. Die Verfügbarkeit von vor Ort produziertem Biogas ist aber knapp. Der Grossteil wird importiert.

Energiebedingten Emissionen ausserhalb der Stadt Zürich (Vorketten) bis 2030

Der Fokus liegt wie bei der Zielerreichung bis 2050 auf dem Strom. Aufgrund der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit ist der Umbau des Stromangebots im Vergleich zum Zeithorizont 2050 deutlich weniger weit fortgeschritten und muss vermehrt auf zusätzliche Importe von erneuerbarem Strom abstützen. Insbesondere bei der Photovoltaik sind nur 3.7 Millionen m² Modulfläche zugebaut, was einem Leistungsausbau von rund 410 MW_p entspricht.

Zum Vergleich: Wenn im Szenario SNN 2030 die Produktion aus PV-Anlagen den gleichen Umfang (1'100 MW_p) erreichen müsste wie beim Szenario SNN 2050 im Zieljahr, müssten auf den Gebäuden in der Stadt Zürich pro Jahr⁶² mehr als 1,4 Millionen m² Modulfläche zugebaut werden, was einem jährlichen Leistungsausbau von rund 160 MW_p entspricht (2018 lag der gesamtschweizerische Markt für PV-Anlagen bei 270 MW_p). Als Haupthemmnis sehen wir weniger die verfügbare Kapazität der Installationsbranche, als eher die zeitgerechte Erschliessung der Dach- und Fassadenflächen, die in vielen Fällen komplexe vertragliche Vereinbarungen erfordert, sowie die Verfügbarkeit von wirtschaftlichen Lösungen zur saisonalen Speicherung von Elektrizität. Die Wirtschaftlichkeit und die ästhetische Integration (und damit die städtebauliche Verträglichkeit) verschlechtern sich, weil nur teilweise Dach- und Fassadensanierungen genutzt werden können, um die PV-Anlagen zu bauen.

Der gesamte Strombedarf im Gebäudesektor steigt infolge des zusätzlichen Bedarfs an Strom für dezentrale Wärmepumpen deutlich an, auch im Vergleich zum Zielzustand im Szenario SNN 2050. Dies, weil der Zubau von PV-Anlagen vor Ort zu langsam erfolgt. Es kommt folglich nur ein erhöhter Bezug von erneuerbarem Strom aus der Schweiz oder Europa in Frage. Doch auch dabei gibt es Grenzen, weil die entsprechenden Stromproduktionskapazitäten in den kommenden 10 Jahren zwar markant steigen werden, es aber noch kein Überangebot an erneuerbarem Strom geben wird. Das Risiko steigt stark an, dass der Umbau des Strommix durch sog. «Leakage-Effekte» und fehlende Zusätzlichkeit⁶³ des bezogenen erneuerbaren Stroms keine realen Emissionsminderungen bewirkt.

⁶² Wir gehen als optimistische Annahme davon aus, dass bei den beschleunigten Szenarien 2030 und 2040 eine unvermeidbare Vorlaufzeit von 3 Jahren berücksichtigt werden muss. Damit beträgt die nutzbare Umsetzungsdauer für SNN 2030 7 Jahre.

⁶³ Vgl. dazu auch separater Bericht zu Senken, Kompensation und Zertifikaten (INFRAS/Perspectives 2020)

Einzig bei der Kühlung sinkt die Herausforderung, da sich die Klimaerwärmung bis 2030 noch weniger stark auswirkt.

Beim Stromnetzmanagement erwarten wir auch keine kritischen Herausforderungen bei einem Zielhorizont 2030. Zum einen wird wie oben dargestellt der PV-Ausbau zwar rascher, aber nicht auf ein vergleichbares Endniveau wie beim Zielhorizont 2050 steigen. Zum anderen wirken auch hier die Agilität und die Professionalität von ewz als Energieversorger und die Struktur des Gebäudeparks begünstigend.

3.6.2. Zielbild bei angestrebter Zielerreichung bis 2040

Die vorangehenden Abschnitte beziehen sich jeweils auf die Zielerreichung bis 2050 resp. 2030. Wenn das Ziel bis 2040 erreicht werden muss, liegen die Herausforderungen und die erreichbare Transitionsdynamik grundsätzlich irgendwo zwischen derjenigen bei Zielerreichung bis 2030 und bis 2050. Da die erforderlichen tiefgreifenden Veränderungen sicher nicht schlagartig einsetzen können, ist unabhängig vom Zieltermin von einer ansteigenden Umsetzungsdynamik auszugehen. Wo in der Praxis unüberwindbare (d.h. von den Politikmassnahmen nur bedingt beeinflussbare) Hemmnisse bestehen, ermöglicht ein um 10 Jahre nach hinten geschobener Zielhorizont eine im Vergleich zum Zieltermin 2030 überproportionale Veränderung. In der Konsequenz heisst dies, dass die Herausforderungen und der Zielzustand bei Zielerreichung bis 2040 ähnlicher zum Szenario SNN 2050 als zum Szenario SNN 2030 sind. Das Zielbild bei angestrebter Zielerreichung bis 2040 unterscheidet sich vom Szenario SNN 2030 insbesondere durch folgende Aspekte:

- Die fossilen Feuerungen sind innert 20 Jahren infolge gesetzlicher Regulierung oder ausreichend hoher finanzieller Anreize weitestgehend ersetzt, weil der Lebenszyklus der Anlagen ähnlich lang ist.
- Der Wärmebedarf des Gebäudeparks liegt infolge Effizienzverbesserungen (Sanierungsrate von 2,5 bis 3%/a), reduziertem Flächenkonsum pro BewohnerIn resp. Arbeitsplatz um rund 20% tiefer als heute. Der Flächenzuwachs wird dabei weitgehend durch die Reduktion der Heizgradtage infolge Klimaerwärmung ausgeglichen.
- Bis 2040 ist das Fernwärmenetz bereits weitgehend ausgebaut und erschliesst 50 bis 60 Prozent des gesamten Stadtgebiets.
- Das Gasnetz ist in der Fläche teilweise zurückgebaut und liefert nur noch erneuerbares Gas. Es hat aber immer noch eine bedeutende Funktion für die Wärmeversorgung in schwierig mit Fernwärme erschliessbaren Gebieten (z.B. Altstadt).
- Es sind rund 9 Millionen m² PV-Module für die Stromproduktion vor Ort auf Dächern und Fassaden von Gebäuden realisiert, mit einer Leistung von rund 850 MW_p.

- Die technologische Entwicklung von saisonalen Speichern und Lösungen zur Sektorkopplung sind bedeutend weiter fortgeschritten und können stärkere Systemleistung erbringen, wodurch weniger erneuerbare flüssige und gasförmige Energieträger und Strom importiert werden müssen.

Bei den weiteren Aspekten unterscheidet sich das Zielbild für 2040 nicht wesentlich vom Zielbild 2050.

3.6.3. Welche Massnahmen müssen verstärkt und ergänzt werden?

Zielerreichung bis 2030: Alle Massnahmen müssen sofort umgesetzt werden

Ein Umsetzungsziel mit Zeithorizont bis 2030 erfordert, dass sofort (ohne Verzögerung!) sehr wirksame Massnahmen umgesetzt werden. Die zeitliche Dimension ist in diesem Szenario sehr kritisch, weil die Trägheit der Märkte nicht beliebig beeinflusst werden kann. Dies insbesondere, wenn kein Notrecht zur Anwendung kommen darf, was für diese Studie als Voraussetzung gilt. Die politischen Prozesse für gesetzliche Änderungen und die Budgetplanung erfordern eine politische Vorlaufzeit. Unter optimalsten Voraussetzungen stehen für die Umsetzung maximal sieben bis acht Jahre zur Verfügung, weil eine Volksabstimmung für einen derart weitreichenden Beschluss zwingend erforderlich wäre.

Für die Periode bis 2030 sind die Rahmenbedingungen auf der übergeordneten Ebene beim Bund mit der laufenden Revision des CO₂-Gesetzes und beim Kanton mit der Revision des Energiegesetzes bereits weitgehend festgelegt. Diese sind sowohl beim Bund als auch beim Kanton auf einen Zeithorizont von 2050 ausgerichtet und für eine volle Dekarbonisierung per 2050 noch zu wenig ambitioniert. Damit muss die Stadt Zürich die Hauptlast der Umsetzung tragen. Sie ist zudem nicht optimal positioniert, weil das bestehende städtische Massnahmenbündel mit Wirkung auf den Gebäudebereich keine wirklich griffigen Massnahmen enthält. So bestehen z.B. noch keine etablierten Energiezonen, es gibt im Gebäudebereich keine Möglichkeit für regulative Massnahmen durch die Stadt und sie hat auch keine Energieabgabe eingeführt, die zeitnah zur Finanzierung verwendet werden könnte. Es ist bisher nicht absehbar, dass sich andere grössere Städte konsequent in Richtung Zielerreichung Netto-Null bis 2030 orientieren. Mehrere Gemeinden haben zwar entsprechende Ziele kommuniziert, ohne aber ausreichende Massnahmen beschlossen und mit der notwendigen Finanzierung ausgestattet zu haben. Die Stadt Zürich würde eine starke Vorreiterrolle einnehmen müssen.

Von den Handlungsansätzen her bestehen keine wesentlichen Unterschiede zur Zielerreichung bis 2050. Die Schlüsselmassnahmen sind grundsätzlich die gleichen. Die wichtigsten Unterschiede bei einer kurzfristigeren Umsetzung der Schlüsselmassnahmen sind wie folgt:

- Die Förderung für Massnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs der Gebäude, den Ersatz von Öl- und Gasheizungen und den Bau von PV-Anlagen muss massiv erhöht werden. Der Fördersatz muss so hoch angesetzt sein, dass er mehr als die gesamten Investitionskosten abdeckt, damit er nicht nur die Mehrkosten der Anlagen, sondern auch die Transaktionskosten durch nicht finanzielle Hemmnisse abdeckt. Aber auch dann können z.B. nicht alle Heizanlagen ersetzt werden, weil ein Teil der Gebäudeeigner nicht auf die finanziellen Anreize anspricht resp. die verbleibenden Hemmnisse überwiegen.
- Die Bewilligungspraxis für den Anschluss von Gebäuden an das Gasnetz wird per sofort so angepasst, dass Neuanschlüsse nicht mehr erlaubt sind.
- Über eine maximal weitreichende Anwendung von Energiezonen über die Fernwärmegebiete hinaus wird die Voraussetzung geschaffen, dass ab sofort kein Einbau von neuen Ölheizungen und Ersatz von Öl- und Gasheizungen (auch bei Brennerwechsel) mehr erlaubt ist. Zudem müsste der Kanton ein generelles Verbot von fossilen Heizungen noch vor 2030 erlassen, um das Ziel aufgrund der kurzen Laufzeit überhaupt erreichen zu können.
- Die Stadt Zürich schafft ein eigenes «All-in-one»-Unternehmen, das die Beratung und Umsetzungsarbeiten bei Gebäudehüllenmassnahmen, Heizungersatz und Photovoltaik-Ausbau für einen bedeutenden Teil des Marktes übernimmt. Alternativ kann das auch durch private Marktakteure im Rahmen von Leistungsaufträgen übernommen werden. Damit steht den privaten Investoren und den Unternehmen ein niederschwelliger Zugang zur Umsetzung zur Verfügung. Zudem kann sichergestellt werden, dass ausreichend Kapazitäten zur Verfügung stehen.
- Die Stützfeuerungen der KVA und Fernwärme/Wärmeverbunde müssen bis 2030 vollständig auf erneuerbare Brennstoffe umgestellt werden. Dazu kommen Biomassefeuerungen und zu einem geringen Anteil Biogas zum Einsatz (Dieses sollte nicht aus Quellen stammen, die bereits heute für das Gasnetz zur Verfügung stehen. Ansonsten ergibt sich ein Verdrängungseffekt ohne positive Umweltwirkung).
- Das städtische Fernwärmenetz wird über einen flächendeckenden Rollout so rasch wie möglich erweitert. Der Fernwärmeausbau wird massiv priorisiert und erfolgt ohne Baukoordination mit anderen Infrastrukturvorhaben. Die Machbarkeit des Ausbaus in dieser kurzen Zeit wird von Fachleuten in Frage gestellt. Auf jeden Fall wären verschiedene negative Auswirkungen aufgrund der intensiven Tiefbauaktivitäten zu befürchten. Zu nennen sind u.a. die höheren Lärmemissionen, Verkehrsbehinderungen, Umsatzeinbussen beim Gewerbe, die Zurückstellung von anderen wichtigen SNN-Projekten (Veloinfrastruktur, Baumbepflanzungen, etc.). Zudem sind mehr finanzielle Ressourcen notwendig und werden mehr Restwerte Infrastrukturseitig und auf Seiten der HauseigentümerInnen vernichtet. Die Akzeptanz der Bevölkerung dürfte entsprechend für einen so raschen und intensiven Ausbau kaum gegeben sein.

- Der E360° AG wird vorgegeben, dass für die Deckung des Restbedarfs, der über das Gasnetz gedeckt werden muss, ab 2030 nur noch erneuerbares Gas geliefert wird. Dieses muss der Energieversorger zukaufen, da die Potenziale vor Ort nicht ausreichend, bzw. deren Realisierung sehr teuer sind. Es werden strenge Vorgaben zur Beschaffung gemacht, damit die Umweltintegrität gewahrt ist und nicht einfache (national und international) Verdrängungseffekte (Zusätzlichkeit) stattfinden.
- ewz bietet ab sofort nur noch Stromprodukte an, deren Emissionen aus Vorketten sehr tief sind. Dies greift allerdings bei Kunden im freien Markt bis 2030 kaum, weshalb die mit dem Stromverbrauch dieser Kunden verbundenen Emissionen aus Vorketten weiterhin bedeutend bleiben.

Zielerreichung bis 2040

Ein Umsetzungshorizont von Netto-Null bis 2040 erfordert im Vergleich zu 2050 und 2030 keine grundsätzlich anderen Politikmassnahmen, weshalb hier auf die vorhergehenden Abschnitte verwiesen wird. Das Ambitionsniveau liegt dabei nicht einfach mittig zwischen den Szenarien 2030 und 2040, sondern eher näher bei 2050. Im Vergleich zur Zielerreichung bis 2030 sind die wesentlichsten Erleichterungen bezüglich Umsetzung der Politikmassnahmen:

- Es sind wesentlich tiefere Fördersätze notwendig bei den Schlüsselmassnahmen Gebäudehülle, Heizungersatz und PV-Anlagen (aber immer noch höhere als bei Zeithorizont 2050).
- Die Massnahmen zum Umbau des Gas- und Fernwärmenetzes können deutlich weniger radikal ausgestaltet werden, da mehr zeitlicher Spielraum besteht.
- Die Schaffung von griffigen Politikmassnahmen kann mit einem Vorlauf geplant werden. Dieser muss allerdings kurz sein, da sich sonst die Dringlichkeit der Umsetzung rasch wieder in Richtung des Szenarios 2030 erhöht.
- Es kann damit gerechnet werden, dass sich die übergeordneten Rahmenbedingungen für den Klimaschutz bei Bund und Kanton bis 2040 gegenüber 2030 nochmals deutlich verbessern. Dies entlastet die städtischen Politikmassnahmen und senkt die Umsetzungsrisiken im Hinblick auf die Zielerreichung deutlich.

3.6.4. Auswirkungen

Tabelle 13 zeigt ausgewählte Kennziffern zum Vergleich der in den drei Szenarien unterstellten Aktivitäten. Zu beachten ist, dass gemäss unseren Annahmen die verbleibenden Emissionen des Gebäudebereichs im Zieljahr je nach Szenario sehr unterschiedlich sind.

Tabelle 13: Ausgewählte Kennziffern zur Illustration der jährlich in der Stadt Zürich theoretisch notwendigen Aktivitäten bei den 3 Zielszenarien

Kennzahl ¹	SNN 2050	SNN 2040	SNN 2030
Im Zieljahr verbleibende energiebedingte CO ₂ -Emissionen inkl. Vorketten in Tonnen pro Kopf und Jahr	0,02	0,21	0,57
Energetische Mehrinvestitionen (in Mio. CHF pro Jahr) für SNN gegenüber Status Quo 2020	430	530	900
Transferausgaben (sehr grobe Grössenordnung in Mio. CHF pro Jahr) ²	70	85	128
Erforderliche Anzahl ersetzte Öl- und Gasheizungen für vollständigen Ersatz wie in SNN 2050 ⁷ (in Stk. pro Jahr) ³	790	1330	2720
Neu installierte PV-Leistung pro Jahr (in MW _p) / zusätzlich verbaute PV-Modulfläche (in Tausend m ²) ⁴	37 / 336	63 / 513	59 / 527
Investitionsvolumen pro Jahr für Ausbau thermische Netze (Mio. CHF pro Jahr)	50	80	200
Durchschnittliche Anzahl Baustellen für Ausbau thermische Netze etc.)	10 bis 15	20 bis 30	30 bis 40
Theoretisch notwendige Sanierungsaktivitäten⁵			
Erforderliche sanierte Gebäudehülle für gleiche Wärmebedarfsreduktion wie SNN 2050 ³ (in Millionen m ² pro Jahr)	1.2	2.1	5.1
Erforderliche Sanierungsrate Hülle für gleiche Wärmebedarfsreduktion wie SNN 2050 ³ (in % pro Jahr)	2.7	4.7	11.4

¹ Für SNN 2030 und SNN 2040 wird als sehr optimistische Annahme eine unvermeidbare Vorlaufzeit von 3 Jahren berücksichtigt. D.h. alle Jahreswerte beziehen sich auf folgende effektive Umsetzungsdauern: SNN 2050 = 27 Jahre, SNN 2040 = 17 Jahre, SNN 2030 = 7 Jahre.

² Grobschätzung Transferausgaben: 25% der jährlichen Gesamtinvestitionen werden durch die Stadt subventioniert, 25% durch die übergeordneten Ebenen

³ Ausgehend von rund 23'000 fossilen Heizungen im Jahr 2020.

⁴ Die Proportionalität zwischen den Angaben ist nicht gegeben, weil wir den realisierbaren Flächenausbau und den spezifischen Flächenertrag individuell für jedes Szenario definieren.

⁵ Wir gehen im Zielbild im Abschnitt 3.3.1 davon aus, dass die Sanierungsrate nicht beliebig gesteigert werden kann und bei SNN 2030 und 2040 effektiv bedeutend tiefer liegen wird als der hier ausgewiesene theoretische Wert für SNN 2030

Tabelle INFRAS. Quelle: Berechnungen INFRAS.

Die ausgewählten (theoretischen) Kennzahlen für die drei Szenarien zeigen Folgendes:

- Die Netto-Null-Zielsetzung ist bis 2030 nicht erreichbar. Die notwendigen finanziellen Aufwendungen pro Jahr und die Aktivitäten im Bausektor sind nicht realistisch. Für Netto-Null 2040 gilt das im Prinzip nicht, sofern sofort und beschleunigt mit der Umsetzung begonnen wird. Falls sich die Entwicklung allerdings wie in der Referenzentwicklung noch um 10 Jahre

verzögert, sinken auch die Umsetzungschancen bis 2040 stark. Soll Netto-Null bis spätestens 2040 erreicht werden, muss die Umsetzung sehr rasch an die Hand genommen werden.

- Wird ein Reduktionspfad Netto-Null bis 2030 angestrebt, stossen die in die Umsetzung involvierten Akteure (Verwaltung, beteiligte Branchen) an ihre Kapazitätsgrenzen. Zudem wären die damit verbundenen Belastungen der Stadtbevölkerung und der Beschäftigten in der Stadt durch die Investitionstätigkeit im Hoch- und Tiefbau massiv (Verkehrsbehinderungen, Lärmimmissionen, Einbussen beim Gewerbe).
- Aufgrund des Fokus auf die Klimaschutzmassnahmen im Gebäudebereich entstehen Opportunitätskosten insbesondere durch die starke Konzentration auf den Ausbau der thermischen Netze mit einem Zeithorizont von nur ca. 7 Jahren (SNN 2030) bis maximal 17 Jahren (SNN 2040). Andere wichtige Infrastrukturprojekte müssten verschoben oder reduziert werden (z.B. Ausbau Veloinfrastruktur oder Grün- und Freiflächen). Synergiepotenziale durch den koordinierten Ausbau der anstehenden Infrastrukturprojekte könnten nicht genutzt werden. Die Erfahrung zeigt zudem, dass bei einem sehr hohen Tempo des Infrastrukturausbaus das Risiko von Planungs- und Ausführungsmängel stark steigt und Ineffizienzen entsteht.

Diesen Überlegungen Rechnung tragend gehen wir von folgenden Anpassungen bei der Zielerreichung aus:

- Eine Reduktion beim Wärmebedarf ist bis 2030 höchstens um 10% möglich, bei den eigenen Gebäuden der Stadt vielleicht um max. 20%. Dies aufgrund der Annahme, dass es – unabhängig von der Höhe der Anreize – nicht möglich sein wird, die Sanierungsrate bis 2030 auf deutlich mehr als 3 Prozent pro Jahr bzw. mehr als den doppelten bis dreifachen Wert von heute zu steigern. Eine allfällige Sanierungsvorschrift des Bundes oder des Kantons ist bis dann noch nicht wirksam. Hemmend wirkt auch, dass der Planungsvorlauf für umfangreiche Sanierungen bei vielen grösseren Objekten bei mehreren Jahren liegt (z.B. auch Zwischenlösungen für Mieter). Für eine Zielerreichung bis 2040 stehen die Chancen besser, aber nur dann, wenn sofort und tiefgreifend mit der stark beschleunigten Sanierung des Gebäudeparks begonnen wird. Die gesetzlichen Vorgaben auf übergeordneter Ebene sind bis 2030 absehbar und führen kaum zu einem Quantensprung gegenüber den heutigen Sanierungsaktivitäten. Bis 2030 muss die Stadt auf die finanzielle Förderung setzen, um hier einen starken Beitrag zu leisten. Für die Phase nach 2030 ist zentral, dass auf übergeordneter Ebene die zentralen Stellschrauben stark angezogen werden (viel höhere CO₂-Abgabe, Einführung von Sanierungspflichten). Die Stadt sollte sich im Rahmen ihrer Möglichkeiten dafür einsetzen.
- Der Ersatz aller bestehenden fossilen Heizungen bis 2030 ist v.a. in Nicht-Fernwärmegebieten eine sehr grosse Herausforderung. Es würde erfordern, dass bis im Jahr 2030 anstelle

von heute rund 800 Heizungsanlagen pro Jahr⁶⁴ rund 3'000 bis 4'000 Heizungsanlagen pro Jahr bzw. um Faktor 4 bis 5 mehr Anlagen ersetzt werden müssten (bei einem Ziel 2040 steht die Stadt in ein paar Jahren vor einer ähnlichen Herausforderung, wenn die Heizungsersatzraten nicht sofort und sehr stark erhöht werden). Da die Bohrkapazitäten für Erdsonden nicht kurzfristig stark ausbaubar sind, müssen vermehrt Luft-Wasser-Wärmepumpen (LW-WP) mit vergleichsweise tieferer Effizienz realisiert werden. Zu beachten ist, dass für LW-WP im städtischen Kontext noch immer erhebliche Hemmnisse in der Planung/Bewilligung vorhanden sind, insbesondere Mindestabstände und damit verbundene Lärmschutzauflagen, sowie gestalterische Auflagen. Die tiefere Effizienz gegenüber Erdsonden ist im städtischen Kontext jedoch aus folgenden Gründen geringer zu bewerten:

- Werden Erdsonden nahe aneinander gebohrt, kühlen sie aus.
- In der Übergangszeit und im Sommer ist die Aussenluft wärmer als der Boden. LW-WP produzieren dann effizienter.
- LW-WP kühlen die Aussenluft direkt und wirken dem Wärmeinsel Effekt entgegen, der auch im Winter eine zunehmende Rolle spielen wird.
- Besonders bei gut gedämmten Wohngebäuden mit Warmwasserverbrauch auch im Sommer können LW-WP eine energetisch sinnvolle Alternative darstellen.
- Auch beim Heizungsersatz müssen sehr hohe Anreize geschaffen werden, da Bund und Kanton vor 2030 keine generelle Sanierungspflicht für fossile Heizungen erlassen werden. Die Anreize müssten sehr stark sein, um eine Mehrheit der GebäudeeigentümerInnen freiwillig und frühzeitig dazu zu bewegen, den Ersatz fristgerecht umzusetzen. Ein vollständiger Ersatz kann auf einem freiwilligen Weg sicher nicht realisiert werden.
- Die Fernwärmenetze können auch in einem forcierten Szenario bis 2030 nicht vollständig ausgebaut werden. Ein flächendeckender Ausbau in so kurzer Zeit würde dazu führen, dass bedeutende Teile des Stadtgebiets durch Baustellen für den Leitungsbau für den öffentlichen und individuellen Verkehr stark eingeschränkt bzw. nicht nutzbar sind. Eine Zielerreichung bis 2040 ist in dieser Hinsicht heute noch denkbar, aber nur, wenn nach einer minimalen Vorlaufzeit (z.B. 3 Jahre, d.h. ab 2024) mit einem sehr starken Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur gestartet werden kann.
- Sowohl für Gebäudehüllensanierungen, Heizungsersatz als auch Fernwärmeausbau ist fraglich, ob die Branchenkapazitäten ausreichend sind für eine Umsetzung der Ziele bis 2030. Wir gehen davon aus, dass sich die hohe Nachfrage zumindest mittelfristig preisstärker auswirken wird. Dies auch, weil die Leistungen durch Berufsleute mit einem deutlich

⁶⁴ Der Bestand der fossilen Feuerungen auf Stadtgebiet liegt heute bei rund 23'000 Anlagen. Diese werden nach 25 bis 30 Jahren ersetzt.

höheren Anfahrtsradius erbracht werden müssten. Bei einem Ziel Netto-Null 2040 kann das vermieden werden, wenn sofort mit der Umsetzung gestartet wird.

- Zur Eliminierung der direkten Emissionen aus Erdgasheizungen auf Stadtgebiet muss die E360° AG angesichts der Hemmnisse beim freiwilligen Heizungsersatz eine sehr offensive Biogasstrategie fahren, die auch Biogasimporte einschliesst. Dabei stehen synthetische Gase als Alternativen bis 2030 noch nicht zur Verfügung. Die Erdgasnetzstilllegung wird dadurch im Nachgang umso teurer bzw. dauert umso länger.
- Emissionsfreie Bauprozesse sind bis 2030 nur mit Biodieseleinsatz möglich. Dazu braucht es eine Biodiesel-Subventionierung, die hohe Kosten verursacht. Das dürfte auch bei einer Zielsetzung bis 2040 der Fall sein, weil allfällig grosse Mengen an synthetischen Treibstoffen, wenn überhaupt, erst in den 2040er-Jahren zur Verfügung stehen würden.

Obige Ausführungen zeigen, dass eine Netto-Null-Zielsetzung im Gebäudebereich bis 2030 nicht erreichbar ist, solange die Regeln demokratischer Prozesse gelten. Eine solche extrem ambitionierte Zielsetzung liesse sich – wenn überhaupt – höchstens in einer Notrechtssituation umsetzen. Die Intensität der notwendigen Aktivitäten im Baubereich ist auch in einer solchen Ausnahmesituation kaum vorstellbar. Eine Zielerreichung bis 2040 wäre aus heutiger Sicht wohl knapp erreichbar, aber nur, wenn sofort mit der Umsetzung begonnen würde. Bei der Gebäude- und Heizungssanierung sowie beim Fernwärmeausbau wäre dafür nach einer minimalen Vorlaufzeit von mindestens drei Jahren ein Quantensprung der Aktivitäten im Vergleich zu heute nötig. Die nächsten Jahre werden also darüber entscheiden, ob eine Zielerreichung bis 2040 machbar ist oder nicht.

3.7. Szenario «SNN 2050 PLUS – Gesamtemissionen»

Soll das Ziel Netto-Null bis 2050 global erreicht werden, müssen nicht nur die energiebedingten (inkl. Vorketten), sondern auch alle übrigen gebäudebezogenen Emissionen gegen Null reduziert werden, weil die realistischere nutzbaren Treibhausgasemissionen-Potenziale bis 2050 sehr gering sind (liegen dannzumal wohl bei weniger als 0,7 t CO₂-Äqu. pro Person⁶⁵). Zwischen den energiebedingten und den übrigen Emissionen bestehen Abhängigkeiten. Ein typisches Beispiel dafür findet sich auch im Gebäudebereich: Aus heutiger Sicht noch knapp realistische Einsparungen – und zwar unter optimistischen Annahmen – seitens Baukonzepte und eingesetzter Baumaterialien reichen nicht ansatzweise aus, um die Treibhausgasemissionen der Gebäudeerstellung gegen Null zu entwickeln. Wenn das Netto-Null-Ziel global erreicht werden soll und nicht einfach auf allfällige Bautechnikrevolutionen gewartet wird, sind in reichen Volkswirtschaften tiefgreifende Veränderungen z.B. auch bei den pro Kopf beanspruchten

⁶⁵ Vgl. Parallelstudie INFRAS/Perspectives 2020.

Gebäudeflächen zwingend notwendig. Und diese Veränderungen haben dann natürliche eine – im Sinne der Netto-Null-Zielsetzung positive – Rückwirkung auf die energiebedingten Emissionen.

Aus diesem Grund skizzieren wir ein Szenario SNN 2050 PLUS, mit dem wir ausgehend von einer Referenzentwicklung aufzeigen, wie eine Stadt Zürich mit nahe Null Gesamtemissionen aussehen könnte (als visionäre Zielbilder) und über welche Handlungsansätze eine entsprechende Entwicklung forciert werden müsste – inklusive einer grob qualitativen Einschätzung dazu, auf welchen politischen Ebenen und ggf. Instrumenten diese Handlungsansätze angegangen werden könnten und welche Synergien und Zielkonflikte dabei relevant sind.

3.7.1. Referenzentwicklung

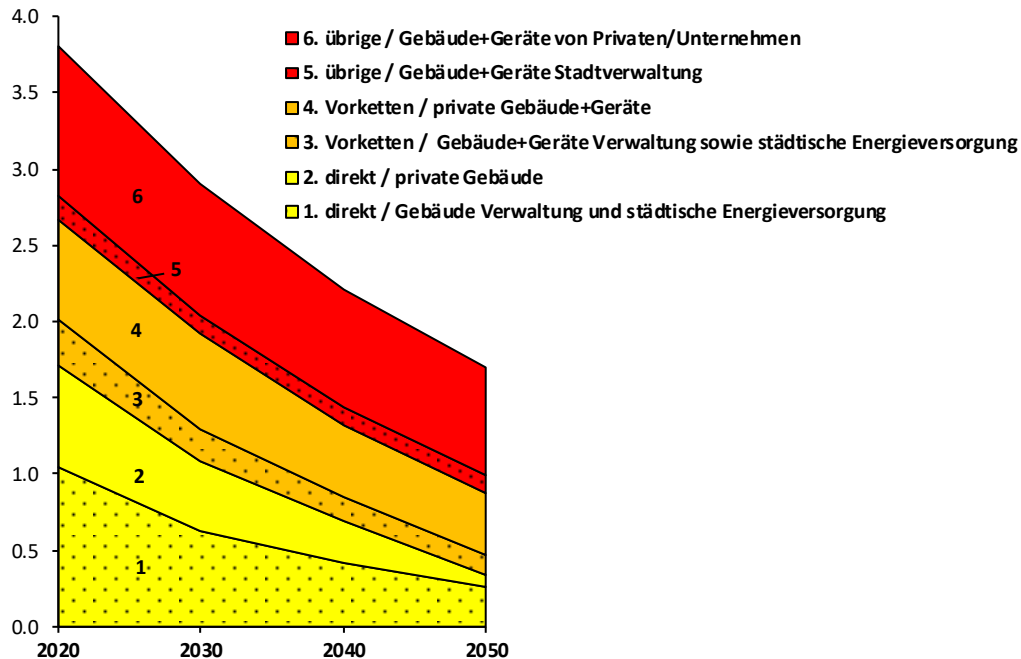
Neben den energiebedingten Emissionen sind im Gebäudebereich bei Betrachtung aus der erweiterten Territorialperspektive folgende Emissionen zu berücksichtigen:

- Emissionen ausserhalb der Stadt von vor- und nachgelagerten Prozessen des Bauens, die mit Gebäuden auf Stadtgebiet sowie Infrastrukturen und Anlagen der städtischen Energieversorgung zusammenhängen (Erstellung, Instandsetzung und Sanierung sowie Modernisierung, Rückbau und Entsorgung inklusive Herstellung und Vorproduktion von Baumaterial, Gebäudeelementen und Anlagen),
- Emissionen ausserhalb der Stadt von vor- und nachgelagerten Prozessen im Gerätebereich, die mit Gebäuden auf Stadtgebiet zusammenhängen (Herstellung und Entsorgung).

Auf dieser Basis haben wir die Referenzentwicklung der Gesamtemissionen (d.h. von energiebedingten und übrigen Treibhausgasemissionen) aus der erweiterten Territorialperspektive quantifiziert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 10 dargestellt, die wichtigsten quantitativen und qualitativen Annahmen werden im Anschluss erläutert.

Abbildung 10: Themenbereich Gebäude – Referenzentwicklung Gesamtemissionen 2020 bis 2050

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die energiebedingten Emissionen (gelb, orange) sowie alle übrigen Emissionen (rot) in der Referenzentwicklung. Letztere umfassen die Emissionen, die mit der Instandhaltung, Sanierung, Erneuerung und Modernisierung oder dem Ersatz von Gebäuden und Geräten sowie der Energieinfrastruktur (v.a. aufgrund des Wärmenetzausbaus, aber auch der Zentralen) verbunden sind. Die Referenzentwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis wichtiger Grundlagedokumente sowie Einschätzungen von Experten der Stadt Zürich. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Annahmen zur Referenz zur Referenzentwicklung

Grundsätzlich gehen wir von den gleichen Annahmen aus wie für die Referenzentwicklung zu den energiebedingten Emissionen (vgl. Kapitel 3.2). Zentrale Ausgangslage bildet die Entwicklung der Wohn- sowie Nicht-Wohnflächen (Energiebezugsflächen) des gesamten Gebäudeparks auf städtischem Territorium bzw. der Gebäude im Besitz der Stadt Zürich. Entscheidend ist auch hier die Differenzierung zwischen Bestandsflächen (Gebäudebestand 2020) und nach 2020 ersetzten Flächen sowie zugebauten Flächen. Auf dieser Basis haben wir für die in Abbildung 10 dargestellte Emissionsentwicklung folgende Annahmen unterstellt (Tabelle 14).

Tabelle 14: Annahmen zur Referenzentwicklung

CO ₂ -Fussabdruck Gebäudebestand Stand 2020 exkl. energiebedingte Emissionen (Abschreibung über eine durchschnittliche Lebensdauer von 60 Jahren)	Wohnen 8000 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr sonstige 8500 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr
Energetische Sanierung (Wärmedämmung und Fensterersatz sowie PV-Installation ca. bei jeder zehnten Sanierung): Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich vollständig energetisch saniert wird (Sanierungsrate Energie)	Wohnen 1,25% (städt. Gebäude: 1,25%) sonstige 1,75% (städt. Gebäude: 1,5%)
Zusätzliche Erhöhung CO ₂ -Fussabdruck bei energetischer Sanierung exkl. energiebedingte Emissionen	Wohnen 700 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr sonstige 750 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr
Sanierung nicht energierelevanter Gebäudeteile: durchschnittlicher Erneuerungszyklus	60 Jahre (1,7% p.a.)
Zusätzliche Erhöhung CO ₂ -Fussabdruck vollständiger Erneuerung nicht energierelevanter Gebäudeteile	Wohnen 2800 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr sonstige 3000 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr
Neubau, Ersatzneubau (energiebezogene Gebäudeteile, v.a. Wärmedämmung, Fenster, PV)	Wohnen 800 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr sonstige 900 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr
Neubau, Ersatzneubau (nicht energierelevante Gebäudeteile)	Wohnen 10'000 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr sonstige 10'500 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr
Erneuerung und Ausbau städtische Energieinfrastruktur zur Energieversorgung von Gebäuden (Strom, Gas, Fernwärme)	200 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr
Vollständiger Ersatz des gesamten Parks an gebäudebezogenen elektrischen Anlagen und Geräten (v.a. bestimmt durch den I&K- und Unterhaltungsgerätepark), durchschn. Lebenszyklus 5 Jahre	Wohnen 2500 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr sonstige 5500 g CO ₂ -Äqu./m ² EBF/Jahr

Die Annahmen haben wir in eigener Einschätzung auf Basis ausgewählter Literatur sowie Auswertungen der ecoinvent-Datenbank definiert. Auf Ergebnisebene (t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn) haben wir die resultierenden Grössenordnungen mit der Studie Jungbluth und Itten 2012 plausibilisiert.

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

3.7.2. Zielbild

Wie am Anfang des Kapitels 3.7 erläutert, hat das Zielbild für die übrigen Emissionen im Gegensatz zu jenen für die energiebedingten Emissionen (Kapitel 3.3) visionären Charakter. Hier geht es nicht darum, ein direkt politikrelevantes Zielbild für die Stadt Zürich zu entwerfen, zu dem wir im Anschluss eine Detailanalyse zu Politikmassnahmen für eine forcierte Umsetzung durchführen können. Vielmehr entspricht dieses Zielbild einer möglichen Zukunftsvision für eine Stadt Zürich, die mit dem globalen Netto-Null-Ziel konsistent sind. Hauptzweck dieses Zielbildes ist es aufzuzeigen, wie stark die Gesamtemissionen pro EinwohnerIn in der Stadt Zürich maximal gesenkt werden könnten.

Nachfolgend wird das Zielbild für die Gebäude und die elektrischen Anlagen und Geräte mit Gebäudebezug beschrieben.

Gebäude

- Trotz Wachstum von Bevölkerung und Anzahl Arbeitsplätzen (exogen vorgegeben) liegen die stadtweiten, gesamten Gebäudeflächen pro Kopf 2050 im Durchschnitt viel tiefer (fast 20%) als noch 2020.
- Gebäude und vor allem Wohnungen sowie Büros stehen in der Stadt Zürich 2050 praktisch zu keiner Zeit des Jahres leer.
- Von den 2020 bestehenden Gebäuden steht 2050 noch ein sehr grosser Anteil. Ersatzneubauten wurden in der Periode 2020 bis 2050 nur dann durchgeführt, wenn eine energetische Topsanierung der bestehenden Bausubstanz nicht möglich war.
- Die durchschnittliche Nutzungsdauer von nicht energierelevanten gebäudebezogenen Infrastrukturen, Bauteilen, Innenausbauten und Anlagenteilen liegt in der Stadt Zürich 2050 viel höher als 2020. Das heisst: Die Erneuerungsrate nicht energierelevanter Infrastruktur und Gebäudeteile liegt ggü. 2020 um zwei Drittel tiefer.
- Die wenigen, 2020 bis 2050 neu gebauten Gebäude (nur Alters- und Pflegezentren, Schulen etc.; keine Büro- und Wohnbauten) sowie die modernisierten Gebäude sind seitens Gebäude- und Baukonzepten sowie Materialisierung auf eine maximale Treibhausgas-effizienz optimiert.

Elektrische Anlagen und Geräte mit Gebäudebezug

- Geräte mit einem hohen Verhältnis von Herstellungsemissionen zu Betriebsemissionen (im wesentlichen I&K- und Unterhaltungsgeräte):
 - Die Anzahl Geräte pro Person ist bis 2050 ggü. 2020 um einen Viertel reduziert.
 - Das durchschnittliche Lebensalter der Geräte liegt in der Stadt Zürich 2050 viel höher als 2020 (Ersatzrate liegt ggü. 2020 um einen Faktor vier tiefer).
- Alle Geräte, bei denen die Emissionen aus der Herstellung um Faktoren höher sind als die Emissionen aus dem Gerätebetrieb (im wesentlichen alle Geräte ausser I&K- und Unterhaltungsgeräte), weisen 2050 eine maximale Stromeffizienz auf (nur ein kleiner Teil aller Geräte, bei denen der treibhausgasbezogene «break even»-Punkt noch nicht erreicht ist, hat eine etwas geringere Stromeffizienz).

3.7.3. Handlungs- und Politikmassnahmenansätze

Um die Gesamtemissionen im Gebäudebereich gegen Null zu reduzieren, müssen für die Phase 2020 bis 2050 andere Ziele der nachhaltigen Entwicklung (Bsp.: behindertengerechter Gebäudepark) zurückgestellt und dem Ziel des Klimaschutzes untergeordnet werden. Mit dem Szenario SNN 2050 PLUS zeigen wir auf, wie weit die Gesamtemissionen bis 2050 maximal reduziert

werden könnten. Daraus leiten sich Handlungs- und Politikmassnahmenansätze ab, die auch in einer weniger extremen Form ihre Gültigkeit haben.

Handlungsansätze

Um die Gesamtemissionen maximal zu senken, müssten in der Stadt Zürich Gebäudeflächen ab sofort (d.h. ab 2020) nur noch dann ersetzt und zugebaut werden, wenn das zwingend nötig ist (z.B. zur Erweiterung von Heim- oder Spitalflächen, Schulen etc.), d.h. Ersatzneubauten und Neubauten (v.a. von Wohn- und Bürobauten) würden vorerst auf das absolute Minimum reduziert.⁶⁶ Wenn Gebäudeflächen neu erstellt werden, wird die Erstellung mit maximaler Treibhausgas-effizienz vorgenommen:

- In erster Priorität optimierte Gebäudekonzepte und Bauweisen (z.B. keine Untergeschosse/ Tiefgaragen, Verglasungsanteil geringhalten, Wohnflächen pro Wohnung senken etc.)
- In zweiter Priorität optimierte Materialisierung (z.B. anstatt Massivbauweise Bauweisen in Leichtstrukturen, nachhaltig produziertes Bauholz).
- In dritter Priorität Beschaffung der noch notwendigen Materialien nur von Top-Anbietern, was die treibhausgas-effiziente Herstellung angeht (Zement nur aus Zementfabrik, die bezüglich CO₂-Emissionen alle technisch möglichen Verminderungsmassnahmen umgesetzt hat)
- In vierter Priorität alle Bautransporte und Baustellen nur mit Strom und Biodiesel betreiben.

Unter dieser Voraussetzung müsste dafür gesorgt werden, dass die Gebäudeflächen in der Stadt Zürich trotzdem dicht belegt bzw. intensiv genutzt werden. Ginge die Entwicklung im Vergleich zur Referenzentwicklung mit einem Bevölkerungs-, Arbeitsplatz- und Stadtbesucherrückgang einher, würden die entsprechenden Emissionen nur in andere Regionen ausserhalb der Stadt Zürich ausgelagert. Der Anstieg der Bevölkerung und der Anzahl Arbeitsplätze würde also hauptsächlich über die Nutzung des 2020 bestehenden Gebäudeparks aufgefangen – mit möglichst wenig tiefgreifenden baulichen Massnahmen zur Umnutzung oder zur Anpassung der Raumeinteilung sowie maximaler Treibhausgas-effizienz beim Bauen (vgl. oben).

Die Sanierungsraten von baulichen, nicht energierelevanten Massnahmen würden ab sofort (d.h. ab 2020) auf das absolute Minimum reduziert – Bausubstanz, Aussen- und Innenausbauten werden erst dann erneuert, wenn Sicherheitsrisiken bestehen. Ansonsten würde mit baulich und materialeitig möglichst wenig tiefgreifenden Massnahmen dafür gesorgt, dass die

⁶⁶ Neubauten sind zurzeit mit einem Treibhausgasfussabdruck in der Grössenordnung von umgerechnet 10 kg CO₂ pro m² EBF und Jahr verbunden. Bei heutigen und absehbaren Rahmenbedingungen (baugesetzliche Vorgaben, bautechnologische und bauökonomische Rahmenbedingungen etc.) lässt sich bei Bauprojekten bei maximaler Optimierung (Baukonzepte bzw. Bauweisen, Materialisierung, Anbieter- und Produktwahl) ein gewisser Anteil einsparen. Es bleibt aber ein sehr grosser Fussabdruck bestehen. Bei Vernachlässigung anderer Zielsetzungen (Wirtschaftlichkeit, Wohnkomfort etc.) sind Sanierungen mit starker Reduktion des Wärmebedarfs und Umstellung auf Wärmepumpe (oder Fernwärme) schon heute treibhausgas-effizienter, was sich bei abnehmendem Stromemissionsfaktor akzentuiert.

Nutzungsdauer maximal verlängert werden kann. Das heisst: weiterhin durchgeführt wird die Wärmedämmung, der Fenster- und der Heizungersatz sowie ergänzend minimale bauliche Massnahmen zur Verkleinerung von Wohnungen und Büroräumen. Sonstige Aufwertungsmassnahmen werden möglichst lange hinausgezögert.

Konsistent dazu müsste die Nutzungsdauer von Geräten mit einem hohen Verhältnis zwischen Herstellungs- und Betriebsemissionen (im wesentlichen I&K- sowie Unterhaltungsgeräte) ab sofort maximal verlängert werden (mit Reparaturen und Austausch einzelner defekter Komponenten). Verstärkt würde der treibhausvermindernde Effekt dadurch, dass die Anzahl Geräte pro Person im Verlauf zwischen 2020 bis 2050 stetig abnehmen würde (durch Verhaltens- und Konsummusteranpassungen).

Soweit das unter Berücksichtigung zeitgemässer Sicherheitsstandards sowie des forcierten Fernwärme- und PV-Ausbaus möglich ist, müssten die Erneuerungszyklen der Energieversorgungsinfrastruktur soweit möglich verlängert werden (Potenzial ist wohl eher gering, auch aus technischer Sicht). Bei notwendigen Erneuerungen und Ausbauten müsste mit maximaler Treibhausgaseffizienz gebaut werden (vgl. oben).

Politikansätze

Damit die Ziele des Pariser Klimaübereinkommen erreicht werden können, müssen in unserer Einschätzung dienstleistungsorientierte Länder (und Städte) ihre Klimaschutzpolitik auch auf die indirekten Emissionen des Bauens sowie der Geräteherstellung ausweiten. Der bestehende Fokus auf die direkten Emissionen innerhalb des eigenen Territoriums reicht dafür nicht aus. Eine starke und beschleunigte Reduktion der Gesamtemissionen würde hierzulande bedingen, dass auch für die über die energiebedingten Emissionen hinausgehenden Emissionen ähnlich tiefgreifende Politikmassnahmen ergriffen werden. Konkret hiesse das:

- Auf Ebene EU wäre wohl eine Art «Border-Tax-Adjustment»⁶⁷ notwendig, mit der die grauen Emissionen importierter Produkte stark besteuert wird.
- Bei der gesetzlichen Umsetzung in den einzelnen Ländern müssten die CO₂-Gesetzgebungen um die übrigen Emissionen (im Gebäudebereich insbesondere um die Emissionen im Zusammenhang mit Baumaterial) erweitert werden – mit ähnlich ambitionierten Zielen und ähnlich tiefgreifenden Emissionen («CO₂-Gesetz Plus» mit Verboten bzw. gesetzlichen Anforderungen, starken finanziellen Anreizen etc.).
- Die nationale CO₂-Gesetzgebung wiederum würde in der Schweiz kantonale «Baugesetze Plus» bedingen, in welchen die grauen Emissionen gleich ambitioniert (d.h. mit gesetzlichen

⁶⁷ «Border Tax Adjustment (BTA)»: Unter Border Tax Adjustments versteht man einen Grenzsteuerausgleich, der entsprechend dem Bestimmungslandprinzip Güter in dem Land besteuert, in dem sie konsumiert werden. Dementsprechend können Border Tax Adjustments aus zwei Komponenten bestehen, der Besteuerung importierter Produkte und der Rückzahlung von Steuern beim Export von Produkten (vgl. Volmert 2011).

Anforderungen wie Grenzwerten, mit starken finanziellen Anreizen wie z.B. einer CO₂-Abgabe auch für graue Emissionen etc.) berücksichtigt werden wie die energiebedingten Emissionen (Stichwort «MuKE Plus»).

- Auf Basis dieser Grundlage könnten Städte den Politikmassnahmen-Mix zur starken Reduktion der Gesamtemissionen ergänzen, entweder auf ambitionierte (Beispiel Stadt Zürich) oder in weniger ambitionierte Art und Weise.
- Konsistent dazu müssten dann auch die übergeordneten Eckpfeiler der Raumplanung auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene tiefgreifend angepasst werden (Zielvorstellungen, Planungsgrundsätze, Planungsinstrumente und Verfahrensregeln, Bau- und Zonenordnungen).

Tabelle 15: Handlungsansätze zur Reduktion der über die energiebedingten Emissionen hinausgehenden Emissionen (z.T. mit Rückwirkung auf die energiebedingten Emissionen)

Handlungsansatz	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene	Ansätze für städtische Politikmassnahmen	Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte
Gebäude			
Hohe (auch zeitliche) Belegungsdichte in den Gebäuden	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lenkungsabgabe auf Wohnflächen ▪ Gebäudebelegungsvorschriften auf Bundes-/Kantonebene 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoring der Belegung in den Verwaltungsgebäuden und in den stadteigenen Liegenschaften und Umsetzen flexibler und raumsparender Konzepte (z.B. keine fixen Arbeitsplätze mehr, Förderung Homeoffice) ▪ Vorschriften für die Genossenschaften bezüglich Belegung ▪ Verstärkte Förderung von Genossenschaften, die strenge Klimakriterien einhalten ▪ Förderung von Wohngemeinschaftswohnungen (z.B. Studenten oder Senioren-WGs) 	<ul style="list-style-type: none"> + Synergien mit der Reduktion der energiebedingten Emissionen (weniger Fläche muss beheizt werden) + Trends zu Grossraumbüros und Heimarbeit existieren schon + Synergien mit Verkehrsmassnahmen: Pendlerströme von ausserhalb werden dank höherer Bevölkerungsdichte in der Stadt reduziert + Büro-Kosteneinsparungen für Arbeitgeber - Raumaufteilung älterer Gebäude verhindert eine zeitgemässe Nutzung - Kleinere Haushaltsgrösse resultiert in mehr Fläche pro Person - Eingriff in die persönliche Freiheit kann zu einer Verlagerung des Raumanspruchs führen (z.B. mehr Zweitwohnungen in den Bergen)
Tiefe Neubaurate	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung der Baugesetzgebung, Forderung eines Bedarfsnachweises für Neubauten ▪ Hohe CO₂-Abgabe mit Border Tax Adjustment für Importe von Konsumprodukten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Stadt setzt bei eigenen Gebäuden hohe Anforderungen an die Bewilligung von Neubauten. Zu jedem Projekt werden Grundlagen zu den direkten und indirekten THG-Wirkungen des Vorhabens erarbeitet, inkl. Optionenvergleich (wird in dieser Form heute bereits praktiziert; allerdings baut auch die Stadt noch viele Gebäude neu, ggf. könnten Kriterien verschärft werden) 	<ul style="list-style-type: none"> + Kosteneinsparungen - Immobilien(bau) als Investitionsinstrument für institutionelle (z.B. Pensionskassen) und private Anleger - Kosten für das energetische Sanieren hoch im Vergleich zu einem Neubau - Zielkonflikt mit tiefgreifenden Energiezielen in den Gebäuden (sanierte Gebäude erreichen nicht den gleichen energetischen Stand wie neue)
Reduktion der nicht-energetischen Sanierungsaktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe CO₂-Abgabe mit Border Tax Adjustment für Importe von Konsumprodukten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beratung, Information ▪ Hohe Gewichtung der THG-Wirkungen bei der Planung von Bauaktivitäten bei eigenen Gebäuden 	<ul style="list-style-type: none"> + Kosteneinsparungen - Komfortansprüche

<p>Handlungsansatz</p> <p>Optimierte Gebäudekonzepte mit tiefen grauen THG Beschaffung von Material und vorproduzierten Elementen des Hoch- und Tiefbaus</p>	<p>Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe umfassende CO₂-Abgabe kombiniert mit Border Tax Adjustment für Importe von Konsumprodukten ▪ Einbezug der THG der Baumaterialien in den MuKEn ▪ Entwicklung einer Strategie für den Einbezug der Bauwirtschaft zur Förderung der klimafreundlichen Produktion. ▪ Förderung von Recyclingtechnologien und -pfaden für Kunststoffe, Holz etc. ▪ Informationskampagnen und Ratgeber, Stärkung Gebäudelabel 	<p>Ansätze für städtische Politikmassnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ECO-Vorgaben für die eigenen Gebäude verschärfen ▪ Vermehrte Nutzung klimaverträglicher Baumaterialien bei Erstellung und Umbau von eigenen Gebäuden (z.B. untersucht eine aktuelle Studie der Stadt für den Baustoff Holz, wie hoch die Vorteile dieser Option bzgl. Treibhausgase sind) ▪ Finanzielle Anreize für die Verwendung von klimaverträglichen Baumaterialien ▪ Wettbewerbe und Auszeichnungen für THG-optimierte Bauprojekte auf Stadtgebiet ▪ Weiterführung und Vertiefung des Baumaterial- und Bauteil-Recyclings 	<p>Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte</p> <ul style="list-style-type: none"> + Innovation in der Bauindustrie (viele aktuelle Forschungsprojekte zu treibhausgasarmen Baumaterialien und Baukonzepten) + Trend zur verstärkten Benutzung von klimaverträglichen Baumaterialien + Teilweise Synergie zu energetischen Massnahmen im Gebäude - Technologische Grenzen: Heute ist es nicht möglich, Gebäude klimaneutral zu erstellen - Kostendruck bei fehlender gesetzlicher Grundlage (wie z.B. CO₂-Abgabe) - Die Effizienz der Materialwahl hängt vom Baukonzept ab - Vorkette von Holz enthält immer noch relativ viel fossile Energie (inkl. Klebstoffe) - Zielkonflikt zwischen der Speicherung von Kohlenstoff im Wald und in der Anthroposphäre wie z.B. in den Gebäuden
<p>Elektrische Anlagen und Geräte</p>			
<p>Erhöhung der Lebensdauer Stärkung der Kreislaufwirtschaft</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlängerung der Gewährleistungsfrist inklusive Reparaturoption ▪ Stärkung Reparierbarkeit (Vorschriften oder Förderung) ▪ Deklarationspflichten (z.B. Reparierbarkeit, Lebensdauer, Herstellergarantie oder Recyclingfähigkeit) ▪ Stärkung von Nutzerbasierten Geschäftsmodellen ▪ Ressourcen statt Arbeit besteuern ▪ Aufnahme von Kriterien zur Prüfung der Wiederverwendbarkeit von Geräten in der «Verordnung über die Rückgabe, Rücknahme und Entsorgung elektronischer Geräte» 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Öffentliche Beschaffung (z.B. gemäss Treibhausgasintensität Herstellung oder Lebensdauer) ▪ Förderung von Sharing, Reparierstationen oder Plattformen zum Verkauf von gebrauchten Geräten ▪ Verstärkung von Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> + Verlängerte Lebensdauer senkt langfristig oft Kosten + Innovationen in der Schweiz können Vorbildcharakter für andere Regionen haben - Hohe Reparaturkosten im Vergleich zum Neukauf

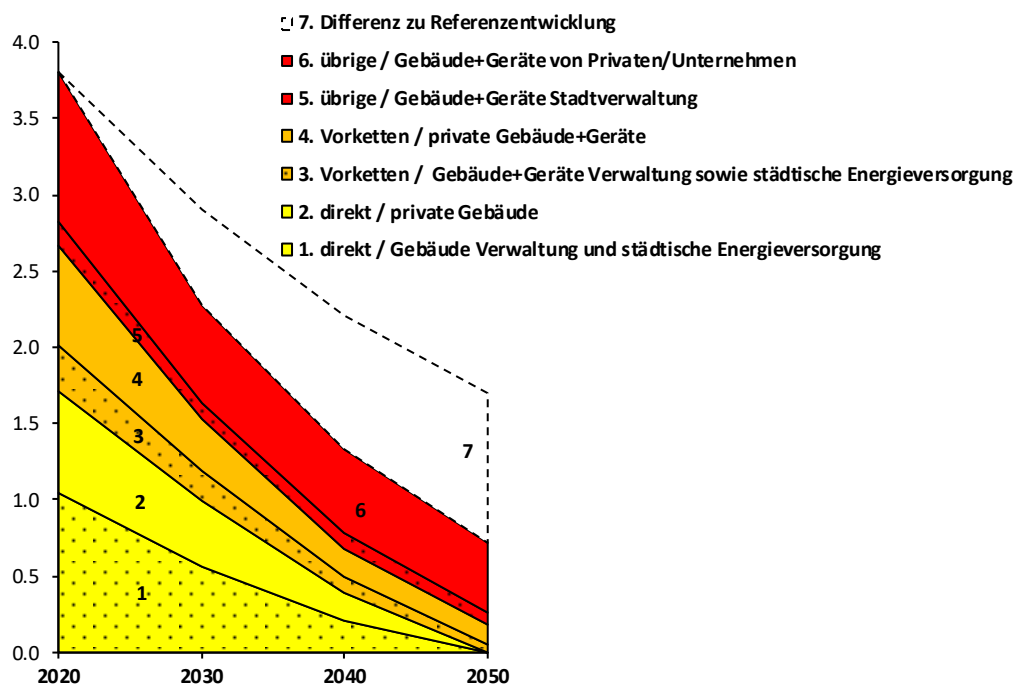
Tabelle INFRAS/Quantis

3.7.4. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

In Abbildung 11 illustrieren wir die Treibhausgasentwicklung für ein Szenario SNN 2050 PLUS, in dem der Übergang und die Zielerreichung gemäss Zielbilddefinition (Kapitel 3.7.2) mit den in Kapitel 3.7.3 beschriebenen Handlungsansätzen maximal forciert wird.

Abbildung 11: Entwicklung der Gesamtemissionen im Szenario SNN 2050 PLUS

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die energiebedingten Emissionen (gelb, orange) sowie alle übrigen Emissionen (rot) im Szenario SNN 2050 PLUS. Letztere umfassen die Emissionen, die mit der Instandhaltung, Sanierung, Erneuerung und Modernisierung oder dem Ersatz von Gebäuden und Geräten sowie der Energieinfrastruktur verbunden sind. Die gestrichelt umrahmten Flächen zeigen die Differenz. Die Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Welchen Anteil kann die Stadt Zürich als Akteurin leisten?

Die Stadt Zürich hat insgesamt keine grossen Hebel, um die übrigen Emissionen im Zusammenhang mit der Instandsetzung, Sanierung und Erstellung von Gebäuden, der Energieinfrastruktur sowie dem Gerätepark (Geräteherstellung) zu senken, auch wenn sie alle oben beschriebenen Hebel umlegt. Wichtig ist v.a. die Vorbildwirkung, die die Stadt im Klimaschutz einnehmen möchte. Neben den Gebäuden sollte sie sich dabei v.a. auch auf den Gerätebereich fokussieren, besonders auf die I&K-Geräte. Diese tragen schon aufgrund der kurzen Nutzungsdauern stark zu den übrigen Emissionen bei. Dazu kommt, dass der Gebäudepark im

städtischen Eigentum einen wesentlich höheren Anteil an Nicht-Wohnbauten aufweist als im Durchschnitt über die ganze Stadt.⁶⁸ In Nicht-Wohnbauten liegen die über die energiebedingten Emissionen hinausgehenden Emissionen (v.a. für Herstellung) pro Gebäudeflächeneinheit deutlich höher als in Wohnbauten. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Stadt Zürich die Geräteausrüstung in der Regel auch bei von ihr zugemieteten Gebäudeflächen direkt verantwortet, die an allen von der Stadt Zürich als Akteurin genutzten Gebäudeflächen immerhin etwas mehr als 6% ausmachen. So schätzen wir, dass der durch die Stadt Zürich verantwortete Gerätepark an den Herstellungsemissionen des stadtweiten Geräteparks bis zu 10% ausmacht. Diesen Fussabdruck kann die Stadt Zürich mit Fokus auf den Bereich der I&K-Geräte durch Reduktion der Geräteanzahl (soweit möglich), durch die Erhöhung der Nutzungsdauer sowie durch die ausschliessliche Beschaffung von Top-Geräten wohl stark reduzieren. Umso grösser läge der entsprechende Beitrag, wenn sie es dabei auch noch schafft, ihre rund 30'000 Mitarbeitenden einzubeziehen (Sensibilisierung, Belohnungssysteme, verbindliche Vorgaben für privat und geschäftlich genutzte Geräte, eigene kostenlose Reparaturabteilung für private und geschäftliche Geräte der Mitarbeitenden etc.).

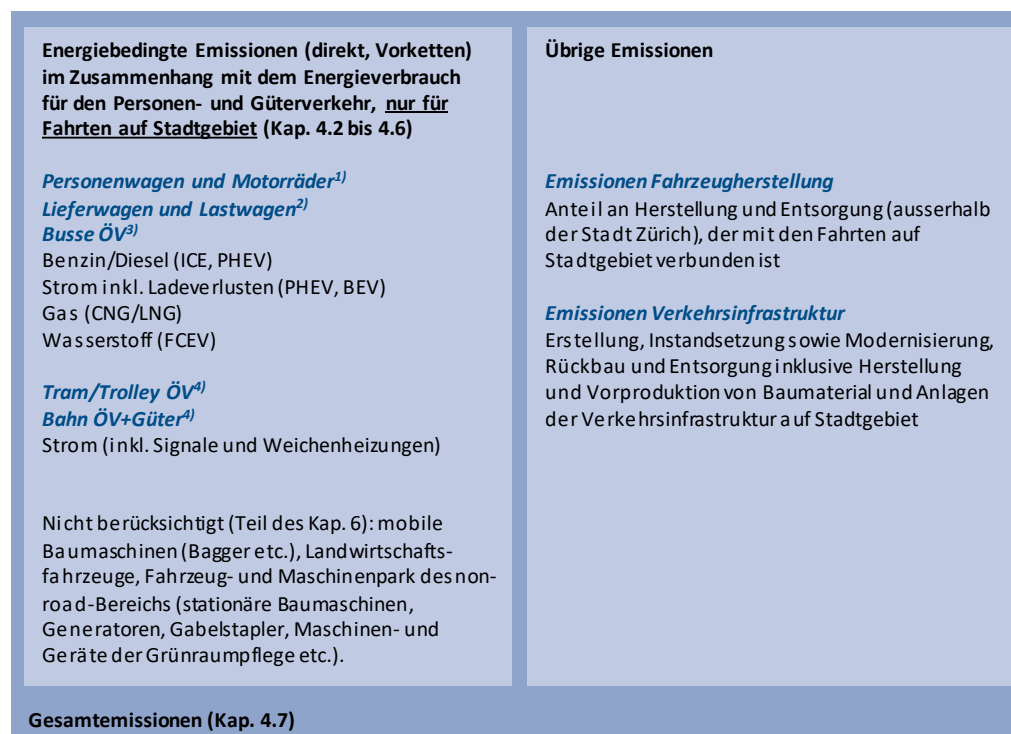
⁶⁸ Gebäudepark Stadt Zürich: Anteil Nicht-Wohnflächen etwas mehr als zwei Drittel; Gebäudepark auf Territorium der Stadt: Anteil Nicht-Wohnflächen etwas mehr als 40%.

4. Personen- und Güterverkehr

4.1. Einleitung

Im Kapitel 4 befassen wir uns mit dem Themenbereich «Personen- und Güterverkehr». Wir führen unsere Analyse aus der Territorialperspektive (CO₂-Emissionen des Verkehrs auf Stadtgebiet) durch (Kapitel 4.2 bis 4.6) und machen ergänzende Kommentare zu zusätzlichen Aspekten, die aus der Perspektive der Haushalte auf Stadtgebiet sowie der Stadt als Akteurin zu beachten sind. Im Kapitel 4.7 wird ergänzend dargestellt, welche THG-Emissionen mit der Herstellung der Fahrzeuge ausserhalb der Stadtgrenze verbunden sind.

Abbildung 12: Systemgrenzen



1) Die Motorräder vernachlässigen wir bei der quantitativen Modellierung (diese sind ergebnisseitig nicht relevant).

2) Leichte Nutzfahrzeuge = v.a. Lieferwagen; schwere Nutzfahrzeuge = Lastwagen sowie Fahrten von weiteren schweren Nutzfahrzeugen (Bautransporte, Abfallentsorgung etc.).

3) Fossilbetriebene Busse ÖV exkl. Trolleybusse. Weitere Busse (z.B. Kleinbusse) vernachlässigen wir bei der quantitativen Modellierung (sind ergebnisseitig nicht relevant).

4) Diesel-Einsatz bei der Bahn vernachlässigen wir bei der quantitativen Modellierung (sind ergebnisseitig nicht relevant).
 Abkürzungen: ICE = herkömmlicher Antrieb («Internal Combustion Engine»), PHEV = Plug-in-Hybrid («Plugin Hybrid Electric Vehicle»), BEV = Batteriefahrzeug («Battery Electric Vehicle»), CNG/LNG = Gasfahrzeug («Compressed Natural Gas Vehicle» oder «Liquefied Petroleum Gas Vehicle»), FCEV = Brennstoffzellenfahrzeug («Fuel Cell Electric Vehicle»). Auf eine feinere Gliederung der Antriebsarten verzichten wir in der quantitativen Modellierung (z.B. Einbezug Batteriefahrzeuge mit Range Extender etc.).

Für den qualitativen Teil unserer Analyse stützen wir uns auf ein themenbereichsspezifisches Wirkungsmodell (siehe Anhang, Kapitel 11.3.2), dessen wichtigsten Aspekte und Zusammenhänge wir in einem quantitativen Modell abbilden – mit folgenden Eckpunkten (Details und Grundlagen vgl. Excel-Modell INFRAS):

- Wie beim quantitativen Modell zum Gebäudebereich arbeiten wir mit vier Zeitschnitten 2020 (Ausgangslage), 2030, 2040 und 2050.
- Zentrale Basis bildet ein Mengengerüst zu den jährlichen Fahrleistungen auf Stadtgebiet (in Fahrzeug-km). Für den ÖV (Busse, Tram/Trolley, Bahn) wird das Mengengerüst plausibilisiert, indem konsistente Personenverkehrsleistungen aus der ÖV-Statistik angesetzt bzw. berechnet werden.
- Für Personenwagen, leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie Busse unterstellen wir einen Flottenmix (als Anteil an den Fahrleistungen in %) strukturiert in die fünf Antriebskategorien gemäss Abbildung 12 (ICE, PHEV, BEV, CNG/LPG, FCEV). Für jede Antriebskategorie definieren wir darauf basierend einen spezifischen Endenergieverbrauch pro 100 Fahrzeug-km (bei BEV und PHEV inklusive Ladeverlusten).
- Für Tram/Trolley definieren wir einen Stromverbrauch pro 100 Personen-km (inklusive Signale und Weichenheizungen). Für die Bahn definieren wir einen Stromverbrauch pro 100 Fahrzeug-km (ebenfalls inklusive Signale und Weichenheizungen).
- Die Kalibrierung des Modells erfolgt auf Basis der städtischen Endenergiestatistik, der TAZ-Prognosen im Rahmen von 'Stadtverkehr 2025' und des kantonalen Gesamtverkehrsmodells.

4.2. Referenzentwicklung für die energiebedingten Emissionen

Anders als etwa im Gebäudebereich ist der Einflussbereich der Stadt auf technologische Änderungen im Personen- und Güterverkehr gering. Der Umstieg auf fossilfreie Antriebe ist im Wesentlichen abhängig von den Vorgaben des Bundes. Im Zentrum stehen hier die Anpassung der Flottengrenzwerte (für Neuwagen) und marktwirtschaftliche Steuerungsinstrumente wie eine CO₂-Abgabe auf Treibstoffen bzw. Mobility Pricing oder LSVA. Entsprechend sind die Annahmen, wie der Bund seine Klimapolitik im Verkehr definiert und welche Wirkung das auf die Umstellung der Flotte und damit die CO₂-Emissionen der Stadt hat, äusserst sensitiv.

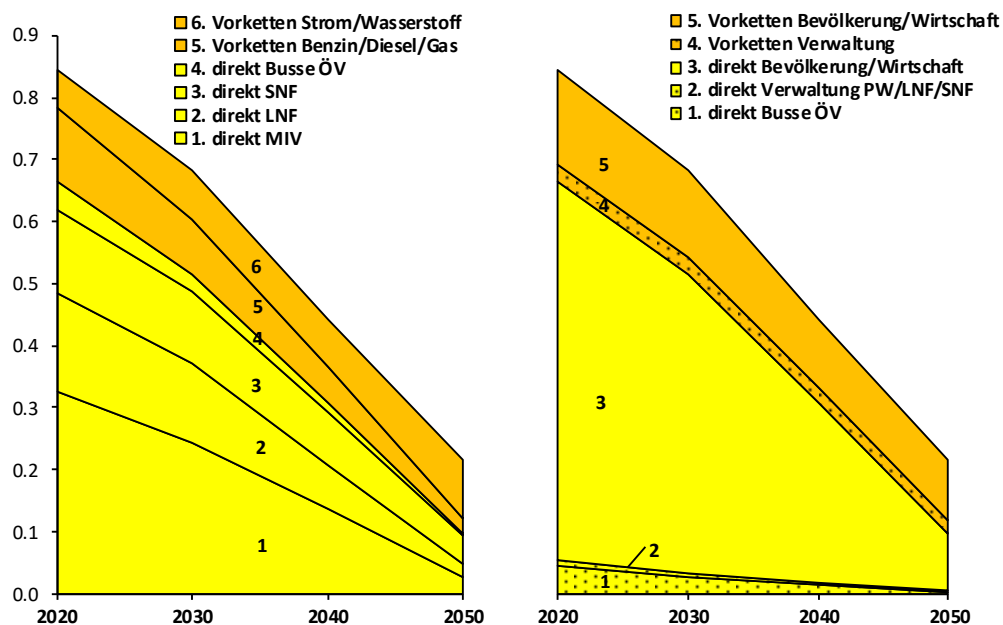
Für die Bestimmung der Referenzentwicklung bilden die Energieperspektiven des Bundes (in Arbeit) den Ausgangspunkt. Die hier unterstellte Referenzentwicklung geht aber davon aus, dass der Bund nicht weiter macht wie bisher, sondern seine grossen Hebel in Richtung fossil-

freie Antriebe nutzt. Entsprechend wird ein ambitioniertes, aber realistisches Handeln auf Bundesebene (damit verbunden natürlich auch auf EU-Ebene) unterstellt.⁶⁹

Abbildung 13 zeigt die durch uns zugrunde gelegte Referenzentwicklung der energiebedingten Emissionen für den Themenbereich «Personen- und Güterverkehr». Ausgewählte Annahmen und (Zwischen-)Ergebnisse führen wir direkt im Anschluss auf.⁷⁰

Abbildung 13: Personen- und Güterverkehr auf Stadtgebiet – Referenzentwicklung CO₂-Emissionen

energiebedingte Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Gliederung nach Verkehrsmittel und Vorketten

Gliederung nach Einflussmöglichkeit Stadtverwaltung

Dargestellt sind die direkten Emissionen auf Stadtgebiet (gelb) sowie die Emissionen aus den Vorketten (orange) – einmal thematisch gegliedert (links) und einmal mit Abgrenzung jener Anteile, auf welche die Stadt Zürich als Akteurin direkten Einfluss nehmen kann (gepunktete Flächen). Die Referenzentwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis wichtiger Grundlagendokumente (Stadt: v.a. Strategie Stadtverkehr 2025 sowie Vorüberlegungen zu deren Update, Energiekonzept 2050, Masterplan Energie, städtische Statistiken und bestehende Szenariendarstellungen; übergeordnet: v.a. Analyse Energieverbrauch nach Verwendungszwecken, Energieperspektiven) sowie Einschätzungen von Experten der Stadt Zürich. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Anhang (Kapitel11.4.2) und Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

⁶⁹ Würde auf Bundesebene einfach ein 'Weiter wie bisher' unterstellt, wäre der Handlungsbedarf auf Stadtgebiet derart gross, dass nur mit völlig unverhältnismässigen Massnahmen ein Netto-Null-Ziel erreicht werden könnte. Diese Massnahmen könnten aber ebenfalls nicht unabhängig von nationalen Gesetzesänderungen umgesetzt werden. Dies wird sich drastisch zeigen, wenn die Stadt – losgelöst von den Zielsetzungen auf Bundesebene – selbständig bis 2030 (anstatt 2050) eine Netto-Null im Verkehrsbereich erreichen will.

⁷⁰ Details sind im Anhang, Kapitel11.4.2 und im Excel-Modell dokumentiert, in dem auch Hinweise zu berücksichtigten Quellen aufgeführt sind.

Tabelle 16: Ausgewählte Annahmen und Zwischenergebnisse zur Referenzentwicklung(ganze Stadt)

	2020	2030	2040	2050	Δ20-50
Bevölkerung (Tausende)	439	492.9	520	540	+23%
Arbeitsplätze (Tausende)	460	475	490	505	+10%
Veränderung Verkehrsleistungen / EinwohnerIn (ggü. 2020)					
▪ Personenwagen	-	-12%	-22%	-30%	-30%
▪ Dieselbusse (ÖV)	-	-5%	-10%	-14%	-14%
▪ Tram/Trolley (ÖV)	-	+3%	+7%	+13%	+13%
▪ Bahn (ÖV)	-	+5%	+9%	+15%	+15%
▪ Leichte und schwere Nutzfahrzeuge	-	-4%	-7%	-9%	-9%
Personenwagen: Flottenmix nach Antriebskategorien					
▪ Konventionell (Anteil erneuerbarer Treibstoff)	97% (1%)	88%	66%	18% (40%)	
▪ Gasfahrzeug (Anteil erneuerbares Gas)	0,3% (13%)	1%	2,5%	5% (40%)	
▪ Plug-in-Hybrid	2%	6%	11%	15%	
▪ Rein batteriebetrieben	0,8%	5%	20%	60%	
▪ Brennstoffzelle Wasserstoff	0%	0%	1%	2%	
Leichte Nutzfahrzeuge: Flottenmix nach Antriebskategorien					
▪ Konventionell (Anteil erneuerbarer Treibstoff)	99% (1%)	91%	64%	28% (40%)	
▪ Gasfahrzeug (Anteil erneuerbares Gas)	0,3% (13%)	1%	2,5%	5% (40%)	
▪ Plug-in-Hybrid	0,5%	1%	3%	5%	
▪ Rein batteriebetrieben	0,2%	7%	30%	60%	
▪ Brennstoffzelle Wasserstoff	0%	0%	1%	2%	
Schwere Nutzfahrzeuge: Flottenmix nach Antriebskategorien					
▪ Konventionell (Anteil erneuerbarer Treibstoff)	100% (1%)	96%	89%	70% (40%)	
▪ Gasfahrzeug (Anteil erneuerbares Gas)	0% (13%)	1%	2,5%	5% (40%)	
▪ Plug-in-Hybrid	0%	1%	3%	5%	
▪ Rein batteriebetrieben	0%	1%	3%	10%	
▪ Brennstoffzelle Wasserstoff	0%	1%	3%	10%	
Ergebnisse Endenergiebedarf (in Mio. kWh pro Jahr)					
▪ Flüssiger Treibstoff	1'120	1'004	709	290	-75%
▪ Gas	3	15	29	48	+1800%
▪ Strom	260	323	409	548	+110%
▪ Wasserstoff	0	2	11	36	
Ergebnisse CO₂-Emissionen (in t CO₂ pro EinwohnerIn)					
▪ CO ₂ -Emissionen direkt	0.66	0.51	0.31	0.10	-85%
▪ CO ₂ -Emissionen Vorketten	0.18	0.17	0.14	0.12	-35%

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

Tabelle 17: Annahmen zu Politikmassnahmen im Bereich des Personen- und Güterverkehrs in der Referenzentwicklung (mit Relevanz für Fahrten auf Stadtgebiet)

	Bund, Kanton Zürich	Stadt Zürich
Massnahmen mit Wirkung auf die Verkehrsleistungen, v.a. im MIV	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übergeordneter Infrastrukturausbau gemäss aktuellen Ausbauplänen, im Raum Zürich Fertigstellung Nordumfahrung Gubrist, Brüttener Tunnel und Ausbau Stadelhofen als übergeordnete Infrastrukturen, Kapazitätsausbau S-Bahn ohne grundlegende Systemänderungen ▪ CO₂-Lenkungsabgabe auf Treibstoffen ab 2025, zunächst moderat (30 CHF/t) ▪ Ablösung der Mineralölsteuer durch Mobility Pricing ab 2030; Weil dadurch der Treibstoffpreis sinken würde, wird die CO₂-Abgabe sukzessive erhöht, auf 100 CHF/t) ▪ Umsetzung der kantonalen Infrastrukturpläne gemäss Agglomerationsprogrammen mit Realisierung Tram Affoltern und Tramverbindung Dübendorf ▪ Umsetzung GVK-Ziele des Kantons mit Modalsplitverbesserungen für ÖV im Agglomerationsraum von 35% auf 40% ▪ Weiterhin Förderanreize für fossilfreie Mobilität mit kantonalen Verkehrsabgaben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Weiterentwicklung der städtischen Verkehrsstrategie 'Stadtverkehr 2025' mit Fortschreibung der Ziele: Sukzessive Senkung des Anteils MIV, insbesondere durch Massnahmen bei Neubauten. ▪ Realisierung der geplanten Infrastrukturvorgaben gemäss Agglomerationsprogrammen (v.a. ÖV, Velo) ▪ Weiterentwicklung Parkierungspolitik und Verkehrsmanagement (Pfortnerung an den Stadtgrenzen, Abbau von bestehenden oberirdischen Parkplätzen und Umwandlung in unterirdische). ▪ Bei Neubauten wird Mobilitätsmanagement derart umgesetzt, dass das Bevölkerungswachstum gemäss SLÖBA⁷¹ einen dämpfenden Einfluss auf das Verkehrswachstum hat (Stadt der kurzen Wege, Förderung Homeoffice, abnehmende Zahl von neuen Parkplätzen bei Neubauten durch Änderung der Parkplatzverordnung). ▪ Hardfeld ist ein gesicherter Umschlagstandort für den Bahntransport für Massen- und Konsumgüter. Keine weiteren Klimamassnahmen zur Steuerung der Logistik
Massnahmen mit Wirkung auf den Flottenmix und die Fahrzeugeffizienz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschärfung der Flottengrenzwerte gemäss Plänen CO₂-Gesetz ▪ CO₂-Abgabe auf Treibstoffe aufgrund Ausgestaltung ab ca. 2025 mit zunehmend spürbarem Einfluss auf Flotten-Antriebsmix (vgl. oben) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umrüstung der städtischen PW-Flotte auf Elektroantrieb bis 2050 (s. unten) ▪ Vereinzelter Einsatz von Wasserstoff bei städtischer Nutzfahrzeugflotte (ohne spez. Förderung)
PV-Ausbau auf Stadtgebiet	<p>Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo), insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PV-Installationspflicht gemäss MuKE n 2014 ohne wesentliche Verschärfung bis 2050 ▪ kein starker Ausbau der Förderung mit Mitteln aus dem Netzzuschlag 	<p>Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo), insbesondere keine weitergehende, umfangreiche städtische Subventionierung (weder direkt noch indirekt).</p>
Reduktion Emissionen Vorketten Strom	<p>Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo).</p>	<p>Ggü. Stand 2020 keine weiteren wesentlich stärker wirkenden Politikmassnahmen (mit Ausnahme der laufenden Optimierung, Erweiterung und Intensivierung in heute üblichem Tempo): betriebswirtschaftliche Kriterien zur Ökologisierung des Strommix bleiben prioritär.</p>

⁷¹ SLÖBA: «Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen»

Die Tabelle verdeutlicht, dass bereits im Referenzfall ambitionierte Massnahmen auf Kantons- und Bundesebene unterstellt sind, die zum heutigen Zeitpunkt noch nicht vorgesehen oder konkretisiert sind, aber als zweckmässig für eine proaktive Klimapolitik im Verkehrsbereich erachtet werden (z.B. CO₂-Abgabe auf Treibstoffen, Mobility Pricing).

Annahmen zur Entwicklung des stadt eigenen Fahrzeugparks

Folgende qualitativen Annahmen haben wir bezüglich der (Politik-)Massnahmen der Stadtverwaltung Zürich im Bereich ihrer eigenen Fahrzeuge zugrunde gelegt, um die Referenzentwicklung 2020 bis 2050 festzulegen:

- Übergeordnetes Ziel: Die Stadt Zürich möchte mit ihrem eigenen Fahrzeugpark eine Vorreiterrolle wahrnehmen.
- Bei der stadt eigenen PW-Flotte (v.a. Dienstfahrzeuge, Polizei) gehen wir davon aus, dass bis 2035 alle PWs auf erneuerbare Antriebe umgestellt sind. Das entspricht den Absichten, dass alle Neuwagen grundsätzlich über fossilfreie Antriebe verfügen.
- Bei den Nutzfahrzeugen wird keine generelle Flottenanpassung erstellt.
- Dieselbusse VBZ: Mit ihrer Elektrobusstrategie⁷² verfolgen die VBZ das Ziel, die noch rund 150 Dieselbusse bis 2030 weitgehend durch Fahrzeuge mit elektrischen und emissionsfreien Antrieben abzulösen. Für die Referenzentwicklung nehmen wir an, dass das bis 2030 trotz Anstrengungen nicht gelingt und erst ca. 2040 vollständig umgesetzt ist.

Einordnung der bestehenden Zielsetzung 1 Tonne CO₂ pro EinwohnerIn

Die bestehende energie- und klimapolitische Zielsetzung der Stadt Zürich bezieht sich nicht nur auf den hier analysierten Themenbereich *Personen- und Güterverkehr*. In der Zielsetzung von maximal 1 Tonne CO₂ pro EinwohnerIn und Jahr muss neben dem Personen- und Güterverkehr auch noch der Energiebedarf von Gebäuden und Geräten auf Stadtgebiet sowie des Luftverkehrs enthalten sein (vgl. Kapitel 7), und zwar ebenfalls inklusive Vorketten von Treibstoffen und Strom. Um das mit ausreichender Sicherheit zu erreichen, müssen die direkten energiebedingten Treibhausgasemissionen des Verkehrs auf Stadtgebiet sehr stark gesenkt werden, weil die 1-Tonne-CO₂-Zielsetzung sonst mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit nicht erreicht werden kann. Ganz besonders gilt das für die direkten Emissionen des MIV auf Stadtgebiet, weil die Entwicklung beim Güterverkehr erwartungsgemäss weniger günstig verlaufen wird. In der Konsequenz heisst das: Die für unsere Analyse vorzusehende Null-Zielsetzung für die direkten energiebedingten Emissionen entspricht höchstens einer minimalen Verschärfung der bestehenden energie- und klimapolitischen Zielsetzung. Im Wesentlichen gilt also auch für den Verkehr auf Stadtgebiet: Wir müssen nicht nur über Ziele, sondern vor allem über Politikmassnah-

⁷² <https://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/mobilitaet-der-zukunft/elektromobilitaet.html>

men diskutieren, mit denen die Emissionsverminderung viel stärker beschleunigt werden kann, als sie aus heutiger Sicht zu erwarten ist.

4.3. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Zielbild

Die im Folgenden skizzierten Zielbilder haben illustrativen Charakter und sollen zeigen, wie die Stadt aussieht, wenn die für unsere Analyse vorgegebene Null-Zielsetzung bei den direkten Emissionen des Personen- und Güterverkehrs auf Stadtgebiet erreicht ist. Sie sind naturgemäss normativ. Die folgenden Zielbilder entstanden aufgrund von Literatur/Dokumenten- und Datenauswertungen, Interviews und (bisher) einem Expertenworkshop mit Experten der Dienstabteilungen der Stadtverwaltung sowie dem Abholen von INFRAS-internen Experteneinschätzungen zu verschiedenen Themengebieten.

Vorab ist zu betonen, dass diese Zielbilder mit Chancen verbunden sind und sich im Endeffekt auf verschiedenen Ebenen positiv auswirken. Die Strassen sind keine Verkehrsräume, sondern Lebensräume, die multimodale Transportkette mit ÖV und Velo-/Fussverkehr bildet das zentrale Rückgrat der Mobilität (eine vertiefte Analyse der Auswirkungen erfolgt im Kapitel 4.5):

- Die BewohnerInnen leben in einer Stadt mit einem Personen- und Güterverkehr, der bezüglich der energiebedingten Emissionen Netto-Null-kompatibel ist. Das Mobilitätsverhalten ist nachhaltig. Effizienzpotenziale sind ausgeschöpft. Suffizienz wird gelebt, um unnötige Fahrten zu vermeiden: Die 'Smart City' der kurzen Wege ist umgesetzt. Priorität hat die Vermeidung von Wegen und der Fussverkehr, der Veloverkehr und die multimodale Transportkette mit dem öffentlichen Verkehr als Rückgrat. Die verstärkte Nachfrage nach lokalen Gütern (Nahrungsmittel, weitere) verkürzt die Gütertransportwege.
- Das private Auto als Fortbewegungsmittel in der Stadt ist auf Stadtgebiet zur Nebensache geworden. Die wenigen bestehenden privaten Autos haben einen fossilfreien Antrieb und werden mehrheitlich als Sharing- oder Pooling-Fahrzeuge eingesetzt. Das Rückgrat des Verkehrs (im Binnen- und im Ziel-Quellverkehr, aber auch bei schlechtem Wetter) ist ein öffentlicher Verkehr mit hohen Kapazitäten und attraktiven Verbindungen auch über die Stadtgrenzen hinweg, ergänzt mit fossilfreien automatisierten Robo-Shuttles on demand⁷³ für Verbindungen mit wenig Aufkommen. Neben dem ÖV dominiert das Velo den Strassenraum. Verbindungen für Fussgängerinnen und Fussgänger sind attraktiv.
- Trotz der Verdichtung und des Stadtwachstums 2020 bis 2050 sind praktisch keine zusätzlichen Parkplätze entstanden. Parkierung auf öffentlichem Grund ist von der Oberfläche

⁷³ Selbstfahrende Ruftaxis. Die Automatisierung wird so reguliert, dass nur selbstfahrende Fahrzeuge mit hohen Auslastungen auf Stadtgebiet verkehren, um zu verhindern, dass die Automatisierung den MIV wiederum attraktiver macht.

verschwunden und wurde reduziert. Parkierung auf Privatgrund wird nicht mehr gefordert bei Neubauten.

- Autofreie Haushalte mit gutem Zugang zum öffentlichen Verkehr und zu Sharing Angeboten sind die Regel. Diese neu entstandenen Räume können anders genutzt und gestaltet werden und tragen 2050 zu einer höheren Aufenthaltsqualität der Wohnumgebung bei. Die Bevölkerung ist weitgehend autofrei, hat aber Zugang zu fossilfreien Sharing-Angeboten (PW, Velo, Mikromobilität). Neubauten sind mit Mobilitätsstationen für Sharing-Angebote ausgestattet. Geschäfts- und Büroliegenschaften und Freizeitangebote sind auf die multimodale Transportkette ausgerichtet.

Dieses Zielbild impliziert zusätzlich zur Reduktion der THG-Emission weitere positive Effekte:

- Flächeneffizienz, Energieeffizienz und Emissionsneutralität gehen Hand in Hand. Mit der Stärkung der multimodalen Transportkette wird die Flächeneffizienz des Verkehrs massiv verbessert, was es erlaubt, die öffentlichen Räume attraktiver zu gestalten und die Stadt der kurzen Wege umzusetzen.
- Der Strassenraum wird nicht mehr vom motorisierten Individualverkehr dominiert. Entsprechend sind die Lärmbelastungen und verkehrsunfallbedingten Auswirkungen (pro EinwohnerIn) geringer als 2020. Die Geschwindigkeit im Verkehr ist harmonisiert und die Sicherheit insbesondere für Velofahrende und zu Fuss gehende ist massiv gestiegen. Gleiches gilt in Bezug auf die subjektive Sicherheit im öffentlichen Raum.
- Weil auf Stadtgebiet kaum mehr Treibstoffe in Verbrennungsmotoren eingesetzt werden, ist die Luftschadstoffbelastung geringer als 2020 – mit positiven Auswirkungen auf die Gesundheit. Diese akzentuieren sich, weil sich Personen in der Stadt viel mehr zu Fuss und mit dem Velo bewegen.

4.3.1. Direkte energiebedingte Emissionen auf Stadtgebiet

Das Zielbild orientiert sich an der Vorgabe für unsere Analyse, dass im Jahr 2050 keine direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet erfolgen.

Personenverkehr auf Stadtgebiet

- Sinkende Verkehrsleistung: Auf Stadtgebiet (Binnenverkehr und Ziel-Quellverkehr) wird 2050 weniger Auto gefahren als 2020 (absolut knapp 10% weniger PW-Fahrleistungen auf Stadtgebiet als 2020, trotz starkem Bevölkerungs- (+23%) und Wirtschaftswachstum 2020 bis 2050). Das geht vor allem auf folgende Aspekte zurück:
 - Die MIV-Verkehrsleistung pro EinwohnerIn sinkt um 30% ggü 2020.

- Nur noch ca. 15% der Fahrten der städtischen Bevölkerung werden mit MIV zurückgelegt (heute 25%).
- StadtbewohnerInnen legen 2050 generell deutlich weniger MIV-Wege und etwas kürzere Wege zurück (mehr Home-Office; mehr Quartierleben; mehr «Coop-at-Home»).
- Rund 75 bis 80% aller Haushalte auf Stadtgebiet haben 2050 kein eigenes Auto. Car-Sharing-, Car-Pooling- und (Robo-)Taxi-Angebote nutzen diese Haushalte vor allem für längere Fahrten aus der Stadt hinaus. Innerhalb der Stadt (Binnenverkehr) sind sie vor allem zu Fuss, mit dem Velo oder dann mit dem ÖV unterwegs.
- Die Haushalte auf Stadtgebiet mit eigenem (Privat- oder Geschäfts-)Auto nutzen dieses für Binnenfahrten in der Stadt Zürich nur selten. Auch sie sind in der Stadt vor allem zu Fuss, mit dem Velo oder dann mit dem ÖV unterwegs. Bei privaten und geschäftlichen Reisen aus der Stadt unternehmen sie diese nur in jedem zweiten Fall mit dem Auto.
- Im Pendlerverkehr (Fahrten von auswärtiger Bevölkerung auf Stadtgebiet hat der ÖV-Anteil (und Veloverkehr dank Schnellrouten und E-Bikes) deutlich zugenommen. Dank Ride Pooling Angeboten hat auch die Auslastung der Fahrzeuge zugenommen.
- Auf Stadtgebiet fahren 2050 nur noch wenige, praktisch ausschliesslich elektrisch angetriebene Personenwagen, z.B. Einsatzfahrzeuge für Menschen mit Gehbehinderung etc. Ausnahmen bilden allenfalls «Restposten» an Gasfahrzeugen sowie einzelne Brennstoffzellenfahrzeuge.
- Im ÖV auf Stadtgebiet, konkret bei Bussen sowie Tram und Bahn, werden 2050 bis auf wenige Ausnahmen keine Verbrennungsmotoren mehr betrieben. Dort, wo das noch vorkommt, wird 100% erneuerbarer Treibstoff eingesetzt.

Güterverkehr auf Stadtgebiet

- Intelligente City-Logistik: Dank neuen Konzepten (City-Hubs, Quartier-Hubs, intelligente Lagersysteme, Abholstationen) sind die Versorgungsfahrten auf Stadtgebiet effizienter geworden. Die Auslastung in der Feinverteilung hat sich verbessert.
- Auf Stadtgebiet fahren 2050 praktisch ausschliesslich batteriebetriebene Lieferwagen. Ausnahmen bilden allenfalls «Restposten» an Gasfahrzeugen sowie einzelne Brennstoffzellenfahrzeuge.
- Bei den Lastwagen und den Spezialfahrzeugen unter den Nutzfahrzeugen (Bautransporte, Abfallentsorgung, Strassenreinigung etc.) ist der Antriebsmix 2050 heterogener. Neben rein batteriebetriebenen Fahrzeugen sind Brennstoffzellen-, Gas-, Hybrid- sowie auch noch herkömmlich betriebene Nutzfahrzeuge im Einsatz. Sowohl Wasserstoff und Gas wie auch die eingesetzten flüssigen Treibstoffe stammen aber zu 100% aus erneuerbaren Energien.

- Bei Gütertransporten per Bahn (auf Stadtgebiet), werden 2050 keine Dieselfahrzeuge (Rangierbetrieb) eingesetzt.

Tiefbau

Alle treibhausgasrelevanten Bauaktivitäten im verkehrsbezogenen Tiefbau auf Stadtgebiet (im Wesentlichen Transporte und Baustellen) werden im Jahr 2050 mit Fahrzeugen und Baumaschinen durchgeführt, die entweder mit Strom oder erneuerbarem Treibstoff betrieben sind.

4.3.2. Energiebedingte Emissionen ausserhalb der Stadt Zürich (Vorketten)

Das Zielbild orientiert sich am Grundsatz, dass die mit den Vorketten zusammenhängenden energiebedingten Emissionen im Jahr 2050 möglichst gering sein sollen. Wir fokussieren in den folgenden Ausführungen auf Strom, da auf Stadtgebiet keine fossilen Energien (kein Benzin, kein Diesel, kein Erdgas) mehr genutzt werden und die Vorketten im Bereich der flüssigen oder gasförmigen erneuerbaren Treibstoffe erstens nicht so relevant sind (Mengen sind gering, da nur im Güterverkehr eingesetzt) und zweitens kaum um Grössenordnungen reduziert werden können.

Strombedarf und Stromversorgung (nur Aspekte, die auf Stadtgebiet wichtig sind, vgl. auch Kapitel 3.3.2)

- Der verkehrsbezogene Strombedarf (PW, Güterverkehr und ÖV) liegt im Jahr 2050 um 90% höher als 2020 (Steigerung von 0.26 TWh auf 0.5 TWh).
- Geringerer spez. Energieverbrauch: Autos auf Stadtgebiet sind im Durchschnitt spürbar kleiner bzw. weniger leistungsstark als 2020.
- Ein grosser Teil der Gebäude auf Stadtgebiet sind aktive Energieproduzenten, indem rund 25% der Dach- und Fassadenflächen zur Stromproduktion mit Photovoltaik genutzt werden. Insgesamt sind ggü. 2020 rund 10 Millionen m² Modulfläche auf Stadtgebiet verbaut (um Faktor fünf mehr als in der Referenzentwicklung).⁷⁴ Die Photovoltaikproduktion beträgt 1 TWh/a. und KVA/Holzheizkraftwerke liefern ca. 0,4 TWh.
- Dichte und Ausbaustandard der Ladeinfrastruktur im privaten und öffentlichen Raum ist konsistent mit dem fast vollständig batteriebetriebenen Autoverkehr.
- Für die Implikationen auf das städtische Verteilnetzmanagement haben wir kein Zielbild entworfen. Die Stadt Zürich verfügt im Vergleich zu kleineren Gemeinden über einen professionellen Stromversorger, für den die technische Anpassung an den über 30 Jahre stattfindenden starken Photovoltaik- und Ladestationen-Ausbau keine in dieser Grundlagenarbeit speziell zu analysierende Herausforderung darstellt (Stichworte: bidirektionale Umrichter,

⁷⁴ Gleiche Annahme wie in Kapitel 3 «Gebäude»

Quartierspeicher, lokales Lastmanagement, Steuerung von PV-Wechselrichtereinstellungen, lokale Sektorkopplung mit dem Gebäudebereich). Im dicht bebauten Stadtgebiet ist davon auszugehen, dass das Verteilnetzmanagement durch die Kombination aus sehr hohem Strombedarf und vergleichsweise geringen PV-belegten Dach- und Fassadenflächen pro EinwohnerIn bzw. Arbeitsplatz wesentlich einfacher zu handhaben ist als z.B. in ländlichen Gemeinden.

Grossräumige Herausforderungen der Stromversorgung (ausserhalb der Stadt)

Die grössten Herausforderungen der Netto-Null-kompatiblen Stromversorgung im europäischen und im schweizerischen Verbund müssen überregional gelöst werden (u.a. die stark zu steigende erneuerbare Stromproduktion, die saisonale Speicherung bzw. die Erzeugung und Rückverstromung von erneuerbaren Gasen). Wir haben deshalb kein Zielbild entworfen (unsere Analyse fokussiert auf die Stadt Zürich). Folgende Eckpunkte sind für 2050 aber wichtig:

- Die erwähnten Herausforderungen der Stromversorgung im europäischen und im schweizerischen Verbund sind 2050 gemeistert.
- Der THG-Emissionsfaktor von Strom im Jahr 2050 liegt rund 65% tiefer als im Jahr 2020⁷⁵ (zum Vergleich: in der Referenzentwicklung erfolgt eine Reduktion um 18%).
- Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich trägt dank seiner starken Wettbewerbsstellung auch ausserhalb des Stadtgebiets aktiv dazu bei, dass die Netto-Null-kompatible, überregionale Stromversorgung aufrechterhalten und nachhaltig weiterentwickelt wird. Insbesondere liefert es seinen Kunden ausschliesslich Strom mit geringen Emissionen aus Vorketten und leistet einen aktiven Beitrag an den Ausbau von PV-Anlagen, dies auch in Abstimmung mit anderen Stromversorgern.

4.4. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: städtische Politikmassnahmen

Vorbemerkung: Stadt Zürich als Teilsystem

Für die forcierte Umsetzung des im Kapitel 4.2 beschriebenen Zielbilds durch die Stadt Zürich ist übergeordnet zu beachten, dass die Möglichkeiten zur direkten Einflussnahme wesentlich stärker begrenzt sind als im Gebäudebereich (vgl. Kapitel 3). Die Stadt hat zwar viele – und darunter auch bedeutende – Hebel, um einen Beitrag an die Reduktion der direkten Treibhausgasemissionen aus dem städtischen Verkehr zu leisten (vgl. Tabelle 18). Diese beziehen sich

⁷⁵ Gemäss Vorgabe der Stadt verwenden wir für diese Arbeit den Strommix gemäss «Szenario 3 Stromzukunft ewz».

primär auf die Steuerung der Verkehrsleistung und die Stromproduktion und sekundär auf die Steuerung der Antriebssysteme (vgl. die Ausführungen zur Referenzentwicklung im Kapitel 4.2).

Es geht also darum, ein ausgewogenes Massnahmenbündel mit übergeordneten Massnahmen und lokalen Massnahmen zu schnüren, das möglichst kosteneffizient ist und die Lasten und Verantwortlichkeiten sinnvoll verteilt. Dazu folgende Überlegungen:

- Müsste der Bund Netto-Null alleine oder mit wenig Unterstützung von Stadt und Kanton im Verkehrsbereich umsetzen, wäre ein Paket von verschärften Emissionsvorschriften für Neuwagen, einer stark wirkenden (hohen) Lenkungsabgabe und Abwrackprämien für Altfahrzeuge (solange Eigentumsrechte nicht tangiert werden sollen) voraussichtlich am kosteneffizientesten. Diese Massnahmen könnten ergänzt werden durch eine Kontingentierung (Mengenbeschränkung) von Treibstoffen oder eine entsprechende Zertifikatslösung. Als ultima ratio hat der Bund theoretisch die Möglichkeit, den Import von fossilen Treibstoffen zu verbieten.
- Müsste die Stadt Zürich Netto-Null alleine oder mit wenig Unterstützung von Bund und Kanton im Verkehrsbereich umsetzen, liegen die starken Hebel bei der Parkplatzpolitik (Abbau der Anzahl, Zulassung nur für E-Fahrzeuge), gekoppelt mit grossflächigen fossilfreien Zonen (für den motorisierten Verkehr) auf Stadtgebiet, allenfalls ergänzt durch massive Abgaben (Road Pricing) für fossil betriebene Fahrten ins bzw. auf Stadtgebiet. Aktuell hat die Stadt für eine solche Zone keine Kompetenz, sondern könnte nur auf Gemeindestrassen kleine Zonen (analog Anlieferungsregelung) erlassen. Es wäre also auf Bundesebene eine Änderung des Strassenverkehrsgesetzes und ein Mitwirken des Kantons (für das übergeordnete Netz) notwendig. Das «Enforcement» wäre höchst anspruchsvoll und nur dann effektiv umsetzbar, wenn wiederum der Bund entsprechende Vorgaben (z.B. elektronische Kennzeichnung von Fahrzeugen) machen würde. Zudem wäre diese Massnahme zum grössten Teil nur territorial wirksam. Da es aber (anders als etwa bei immissionsorientierten Massnahmen wie Massnahmen zur Eindämmung von Luftbelastung und Lärm) um globale und emissionsorientierte Ansätze geht, wäre die Zweckmässigkeit einer solchen Massnahme fraglich. Mit Sicherheit wäre bei diesem Vergleich der Bundesansatz kosteneffizienter als ein – kaum machbarer – städtischer Alleingang.

Diese Überlegungen zeigen: Nur ein sinnvolles Zusammenspiel von ambitionierten Massnahmen auf europäischer Ebene, Massnahmen auf Bundes- und Kantonsebene und ambitionierten städtischen Massnahmen ist zielführend. Weil die Einführung und die konsequente Durchsetzung einer Null-Emissionszone schrittweise und über sehr lange Zeit erfolgen muss, ist auch die Dynamik der Einführung (Dosierungspfade) zu berücksichtigen. Dies ist für die Bundesebene für die Referenzentwicklung definiert. Hier geht es nun darum, zweckmässige und zielführende

Massnahmen im Kompetenzbereich der Stadt Zürich zu definieren. Als ultima ratio, wenn der Bund seine Verantwortlichkeiten nicht wahrnimmt und die Stadt nicht auf andere Akteure angewiesen sein kann oder will, wäre ein Fahrverbot für fossil betriebene Fahrzeuge auf Stadtgebiet (kommunale Strassen) einzusetzen. Dazu wären die Rechtsgrundlagen frühzeitig zu schaffen.

Unterstützung Elektromobilität – fossilfreie Antriebe

Die sukzessive Umrüstung der verwaltungseigenen Fahrzeugflotte (gemäss aktueller Fahrzeugpolitik) ist bereits im Referenzfall unterstellt. Die Stadt kann aber die Umrüstung mit zusätzlichen Massnahmen beschleunigen und die Flottenumwälzung auch für die privaten Fahrzeuge von Bevölkerung/Wirtschaft fördern. Die Stadt muss dazu möglichst zeitnah klären, welche Rolle die Stadt bei der Förderung der Elektromobilität sonst noch übernehmen soll bzw. will. In unserer Einschätzung müssen die Stadt und die Werke (ewz und E360°) hier vor allem eine proaktive «Enabler»-Rolle übernehmen. Insbesondere ist dafür zu sorgen, dass die durch die Stadt beeinflussbaren Rahmenbedingungen zum Bau von Ladestationen durch Private möglichst günstig ausgestaltet sind (allenfalls mit einem Contracting Modell). Insbesondere mit Blick auf die Phase ab 2030 ist die Elektromobilität insgesamt ein «Business-Case» - die finanzielle Subventionierung durch die Stadt macht hier höchstens im Notfall Sinn, d.h., wenn der Ausbau trotz allem zu langsam verlaufen sollte. Im Einzelnen geht es um folgende Massnahmen:

- Umrüstung aller Regiebetriebe und Beteiligungen (Spitäler, Ausbildungsstätten etc.).
- Ladestationen: In Frage kommt die Mitfinanzierung (mit anderen Partnern) von Schnellladestationen im öffentlichen Raum (an ÖV-Knoten, in Parkhäusern, bei weissen PP bei öffentlichen Bauten, bei weissen Parkplätzen generell, bei blauen Parkplätzen). Die zweckmässige Rolle der Stadt wird im Rahmen des Gesamtkonzepts Elektromobilität geklärt.
- Realisierung (mit anderen Partnern) von E-Hubs, die sowohl Strom als auch E-Fahrzeuge (Kleinfahrzeuge, E-Bikes, E-Mikromobilität) anbieten und vermarkten)
- Einrichtung von Wasserstofftankstellen (für die eigene Nutzfahrzeugflotte, für Dritte)
- Abgabe von vergünstigtem Strom und – in einer Übergangsphase – gezielte Prämien für E-Mobilität
- Vergünstigte Konditionen beim Errichten von Photovoltaik-Anlagen für E-Mobilität.

Nicht zuletzt sind alle durch die Stadt aktivierbaren Hebel umzulegen (und zwar so schnell als möglich), dass sich der PV-Ausbau in der Stadt stark beschleunigt. Entsprechende Schlüssel-massnahmen haben wir bereits im Kapitel 3 zum Gebäudebereich konkretisiert.

Schlüsselmassnahmen zur Senkung des MIV-Anteils

Im Zentrum stehen folgende Massnahmen (Details vgl. Massnahmenkatalog in Tabelle 18):

In zwei Bereichen erfordert das Zielszenario «Quantensprünge»:

- Das **Velonetz** – auch stadtgrenzenübergreifend – muss im Vergleich zur Entwicklung seit den 1990er-Jahren und der Referenzentwicklung bis 2050 viel schneller und viel stärker ausgebaut werden. Hier ist der Handlungsbedarf im Vergleich zu den bestehenden Zielen der städtischen Verkehrspolitik am grössten. Trotz intensiver Velopolitik konnte in den letzten zwei Jahrzehnten zu wenig Veloinfrastruktur realisiert werden. Es bestehen jedoch auch grosse Hemmnisse, zum einen die räumliche Konkurrenz (Platzverhältnisse, Berücksichtigung Anti-Stauartikel) und zum anderen die Anforderung, dass ein Ausbau der Velowege nicht zulasten des ÖV gehen sollte. Ein grosser Beitrag zur Senkung der Verkehrsleistungen im MIV kann also geleistet werden, wenn das städtische Strassennetz sukzessive Flächen vom MIV an den Veloverkehr abgibt (bei gleichbleibendem Flächenanteil und Bevorzugung ÖV). Dazu bedarf es eines prioritären Ausbaus des geplanten Veloschnellroutennetzes, einer prioritären Spurführung auf dem Neben- und Hauptstrassennetz und eine prioritäre Behandlung (zusammen mit ÖV) der Velos an Kreuzungen. Mehr Strassenraum für das Velo kann auch durch eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten und verbesserte Koexistenz (Tempo 30 auf Hauptachsen und Überholverbot von Velos) erreicht werden.
- Ein «Quantensprung» ist zudem bei der Planung und Bewirtschaftung von **Parkraum** in der Stadt Zürich nötig, wenn das im Kapitel 4.2 beschriebene Zielbild erreicht werden soll:
 - Erste zwingende Voraussetzung ist eine «Null neue Parkplätze»-Politik (Voraussetzung: Anpassung Parkplatzverordnung) über die nächsten drei Jahrzehnte. Der Richtplan «Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen» (SLÖBA) wird mit einer Netto-Null-Zusatz-Parkplatzpolitik umgesetzt (für Wohn- und Geschäftsliegenschaften). Das bedingt eine verbesserte Zugänglichkeit von Neubauten insbesondere zur Velo- und Sharing-Infrastruktur.⁷⁶
 - Zweite Voraussetzung ist, dass die bestehenden Parkplätze vermehrt für Sharing-Fahrzeuge reserviert sind.
 - Dritte Voraussetzung ist, dass bei allen bestehenden Parkplätzen (blau, weiss) zunächst in Test-Zonen und danach in schrittweiser Verschärfung verbindliche Einschränkungen zur Nutzung durch herkömmlich betriebene Fahrzeuge gemacht werden. Allfällige juristische Vorabklärungen und Grundsatz-Verfahren müsste die Stadt sofort starten und intensiv vorantreiben. Ultimatives Ziel muss sein, dass der städtische Parkraum (weiss,

⁷⁶ In Fällen wie bei Google an der Europa-Allee ist das gut umsetzbar, durch Rahmenbedingungen in der Baubewilligung resp. in der Sondernutzungsplanung. Der politische Fokus muss vielmehr auf Neubaugebiete, insbesondere verdichtete Gebiete wie beispielsweise in Oerlikon, Altstetten oder Affoltern gelegt werden.

blau) im Jahr 2050 nur noch in Ausnahmefällen für Fahrzeuge zugänglich ist, die nicht mit dem städtischen Null-Ziel kompatibel sind.

In den folgenden Bereichen geht es um eine forcierte und ambitionierte Umsetzung von bestehenden Pfeilern der städtischen Mobilitätsstrategie:

- Intensivierung **ÖV-Ausbau** gemäss den aktuellen Ausbauprogrammen und forcierten Zusatzaktivitäten (v.a. neue stadtgrenzenüberschreitend Kapazitäten) sowie Ersatz aller heute noch bestehenden Dieselbusse durch Busse, die zu 100% mit erneuerbaren Energien betrieben werden.
- Eine wichtige Rolle kommt der Stadt bei **verhaltensorientierten Massnahmen** zu: Die Stadt soll als Labor für fossilfreie Mobilität mit starker Vorbildfunktion dienen. Dazu sind folgende Massnahmen denkbar:
 - Mobilitätsmanagement im breiteren Sinne (raum- und siedlungsplanerisch unter Berücksichtigung Freizeitaktivitäten und Naherholung, Layout öffentliche Räume etc.).
 - «Konsumexperimente» und Sensibilisierung im Bereich Mobilität und City-Logistik (heute z.B. Bike-to-Work, Urban-Bike-Festival, morgen z.B. Aktion «Stadt Zürich fährt eine Woche lang kein Auto», «Stadt Zürich bestellt eine Woche lang keine Pakete» etc.).
- Konsequente Verkehrsberuhigung (Tempo 30, Begegnungszonen) und Steigerung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum (Plätze, Flanierräume). Dies dient als Basis für die Verbesserung des Fussverkehrs (als Teil der Wegekette, im Einkaufs- und Freizeitbereich. Dabei sind auch die Bedürfnisse des ÖV (Fahrplan, Attraktivität) zu berücksichtigen.
- Weiterarbeit im Bereich des Güterverkehrs- und Logistikkonzepts:
 - Infrastruktur z.B. Ausweitung und prioritäre Nutzung von Güterverkehrsflächen als multifunktionale Logistikhubs mit Wohn- und Arbeitsnutzungen (Ausweitung der heutigen Ansätze Hardfeld/Altstetten); Einrichtung von Quartierhubs, Feinverteilungskonzepte, Förderung von Konzepten zur Feinverteilung mit fossilfreien Antrieben etc.
- Vorbildwirkung der Stadtverwaltung als Akteur verstärken (eigenes umfassendes Mobilitätsmanagement), u.a.:
 - Geschäftsreisen-Minimierung, Geschäftsreisen-Routen- und -Verkehrsmitteloptimierung, Sensibilisierung des privaten Reiseverhaltens der 30'000 Mitarbeitenden,
 - Emissionsreduktionsfokussiertes Flottenmanagement der Personenwagen (insbesondere auch Spezialfahrzeuge wie Polizeiautos), Lieferwagen, Lastwagen, Spezialfahrzeuge (Grün Stadt Zürich, ERZ etc.).
- Konsequenter ökologischer Umgang bei der Zulassung von neuen Mobilitätsangeboten im Dienste einer nachhaltigen Mobilitätskette (z.B. Mobility as a Service-Angebote,

Mobilitätsplattformen, integriertes Ticketing, Zulassung von automatisierten Fahrzeugen nur im kollektiven Verkehr).

Politisches Lobbying für ambitionierte Massnahmen auf übergeordneter Ebene

Neben diesen eigenen Massnahmen, bei denen die Stadtverwaltung von sich aus aktiv werden kann, geht es darum sicherzustellen, dass die übergeordneten Ebenen (Bund, Kanton) ihre «Hausaufgaben» machen und entsprechend ideale Rahmenbedingungen – über den Referenzfall hinaus – schaffen, insbesondere:

- **Bund:**
 - Konsequente Umsetzung der Schlüsselmassnahmen Emissionsvorschriften – Flottengrenzwert und CO₂-Abgabe auf Treibstoffen,
 - Umsetzung eines fahrleistungsabhängigen Abgabensystems (Mobility Pricing), das auch die externen Kosten internalisiert und dafür sorgt, dass Fahrzeuge mit einer geringen Auslastung höher bepreist werden,
 - Gesetzesgrundlagen für die eigene Bepreisung von Strassenraum und Möglichkeiten, Temporegimes, Kapazitätsumverteilungen MIV-Velo und Fahrverbote zu erlassen.
- **Kanton:**
 - Prioritäre Modalsplit-Politik zugunsten ÖV, Velo- und Fussverkehr (Neuinterpretation des Anti-Stau-Artikels),
 - Umwidmung von Kapazitäten weg vom MIV hin zu Velo- und Fussverkehr sowie ÖV-Trassen auf Stadtgebiet, vor allem aber auch die Weiterentwicklung der grenzüberschreitenden Stadtbahnen, die Realisierung der nächsten S-Bahn-Generation (2G) und die Realisierung von Veloschnellrouten bei gleichzeitiger Verhinderung des Ausbaus von Strasseninfrastrukturen,
 - Unterstützung für eine Netto-Null Parkplatzpolitik durch das kantonale Planungs- und Baugesetz.

Massnahmenübersicht

Die folgende Tabelle fasst die Massnahmen zusammen:

Tabelle 18: Prioritäre Politikmassnahmen der Stadt Zürich (Szenario «Netto-Null 2050»)

<i>Massnahmenpaket (MP)</i>	<i>Schlüsselmassnahmen</i>	<i>weitere Massnahmen</i>
DIREKTE ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN AUF STADTGEBIET		
MP6 Reduktion Fahrleistungen auf Stadtgebiet, v.a. im MIV	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FL-1: Velonetz-Ausbau massiv beschleunigen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Realisierung Veloschnellroutennetz /HB, Seeufer, wichtige Einfallsrouten stadtgrenzenüberschreitend ▪ Umwidmung Kapazitäten vom MIV zum Velo- und Fussverkehr im Strassenraum und ▪ Entflechtung und Priorisierung Velo an Knoten ▪ FL-2: Parkraum begrenzen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Null neue Parkplätze ab 2020 ▪ Verschärfte Bewirtschaftung bestehende Parkplätze (Tarif, Nutzungsdauer, Beschränkung für fossilfreie Fahrzeuge) ▪ FL-3: Vorbildwirkung: Einführung und Umsetzung umfassendes Mobilitätsmanagement für die Stadt als Akteurin, u.a. mit dem Ziel PW-Fahrten soweit als möglich zu reduzieren. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorbildliches städt. Mobilitätsmanagement ▪ Städt. Labors für fossilfreie Mobilität (z.B. grosse Firmen, Quartiere) ▪ FL-4: Aufwertung öffentlicher Raum und Fusswegnetz. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrsberuhigung und Begegnungszonen, Ausdehnung autofreie Zonen ▪ Aufwertung Fusswegverbindungen und Flanierzonen ▪ Sicherstellung des Prinzips Stadt der kurzen Wege in der Stadtraum- und Verkehrsplanung 	Weitere bestehende, geplante sowie absehbare Massnahmen gemäss Strategie Stadtverkehr, Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, im Bereich der Stadtentwicklung (Stichwort Smart City) erfolgen in Hinblick auf die Netto-Null-Ziele, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Planungsprozesse öffntl. Raum und Grossbauten, städt. Wohnbaupolitik mit Vorbildcharakter ▪ Ausbau ÖV-Kapazitäten und Verbesserungen auf Tangentialkursen, stadtgrenzenüberquerend und in der Feinverteilung; Verbesserung der Umsteigebeziehungen an ÖV-Knoten (multimodale Hubs) ▪ Sicherstellung von Logistik-Hubs Strassenbahn auf Stadtgebiet ▪ Fördern von digitalen Innovationen: Homeoffice, Sharing Angebote

<i>Massnahmenpaket (MP)</i>	<i>Schlüsselmassnahmen</i>	<i>weitere Massnahmen</i>
MP7 Transformation Flottenmix (v.a. Antriebs- substitution)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TFM-1: Entwicklung Territorium der Stadt Zürich zur Null-Emissionszone <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechtsgrundlagen für die Möglichkeit, Gebiete und Strassenräume nur noch für E-Fahrzeuge zuzulassen ▪ Zonenausscheidung und Pilotversuche ▪ TFM-2: Stadt als proaktiver «Enabler» des Ladestationen-Ausbaus auf Stadtgebiet: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterstützung von Schnellladestationen auf öffentl. Grund ▪ Realisierung von Wasserstoff-Tankstellen 	<p>Weitere bestehende, geplante sowie absehbare Massnahmen gemäss Strategie Stadtverkehr, Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Umrüstung städt. Flotte, Regiebetriebe ▪ Weiterentwicklung ewz-GWL zur Förderung der E-Mobilität ▪ Sensibilisierung E-Mobilität mit Kleinfahrzeugen und Lieferwagen

ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN AUSSERHALB STADT (VORKETTEN)

MP5 Emissionen Strom-Vorketten senken (gleiche Massnahmen wie im Gebäudebereich, Kapitel 3.4)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VS-1: Finanzielle Anreize zur effizienten Stromnutzung stark erhöhen, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ewz-Stromtarife zeitlich dynamisch ausgestalten, damit effizient genutzter Strom wesentlich günstiger ist ▪ Contracting-Modelle mit hoher finanzieller Attraktivität schaffen ▪ Ggf. direkte finanzielle Förderung ausgewählter Anlagen und Geräte ▪ VS-2: Finanzielle Anreize PV-Ausbau stark erhöhen, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ewz-Rückspeisetarif für PV-Anlagen stark erhöhen, Höhe in Abhängigkeit der Systemdienlichkeit differenzieren ▪ Finanzielle Attraktivität von Contracting-Modellen stark erhöhen ▪ Die Stadt zahlt Einmalvergütung auf eigene Kosten schnell und unkompliziert aus, übernimmt Anmeldung (Warteliste) und Risiko, dass Rückfinanzierung über Bundestopf nicht möglich ist. ▪ Die Stadt führt in Ergänzung zur Bundesförderung eigene direkte Förderbeiträge für die Installation von PV-Anlagen ein, z.B. in Kombination mit Dachsanierungen und zur Deckung von Zusatzkosten, die aufgrund von städtischen Rahmenbedingungen entstehen (bspw. zusätzliche gestalterische Anforderungen auf geschützten Gebäuden). 	<p>Weitere bestehende und geplante Massnahmen gemäss Masterplan Energie und Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stadt und städtische Stromversorgerin arbeiten wie bisher weiter darauf hin, dass der durch ewz verkaufte Strom (inkl. Anteil, der aus dem Handel stammt) aus erneuerbaren Quellen stammt (falls möglich: Kriterium der Betriebswirtschaftlichkeit weniger stark gewichten, damit ewz mehr Flexibilität hat, bei Stromeinkauf bzw. Projektbeteiligungen im grossräumigen Kontext die «Zusätzlichkeit» stärker einzubeziehen). ▪ Stadt und städtische Stromversorgerin beteiligen sich zusammen mit anderen wichtigen Playern (politische und institutionelle Akteure, Energieversorger) aktiv an der Meisterung der grössten Herausforderungen der grossräumigen Stromwende (Ausbau Erneuerbare, saisonale Speicherung bzw. Erzeugung und Rückverstromung erneuerbarer Gase, Blindleistungsbereitstellung). ▪ Förderbeiträge u.a. für PV-Anlagen, thermische Solaranlagen, Stromsparmassnahmen
---	--	--

Massnahmenpaket (MP)	Schlüsselmassnahmen	weitere Massnahmen
	<ul style="list-style-type: none"> ■ VS-3: Baubewilligungsverfahren soweit möglich vereinfachen, Regeln für transparente Güter- und Interessenabwägungen (zwischen Bau PV und bspw. Dachbegrünung oder denkmalpflegerische Aspekte). ■ VS-4: Bei allen Bauprojekten, auf die die Stadt direkt Einfluss nehmen kann (eigene Gebäude, Umnutzungen mit Sondernutzungsplanungen etc.), wird möglichst verbindlich und ausnahmslos gefordert, dass Dach- und Fassadenflächen soweit sinnvoll maximal mit PV-Modulen belegt werden. 	

Tabelle INFRAS/Quantis

4.5. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»: Auswirkungen

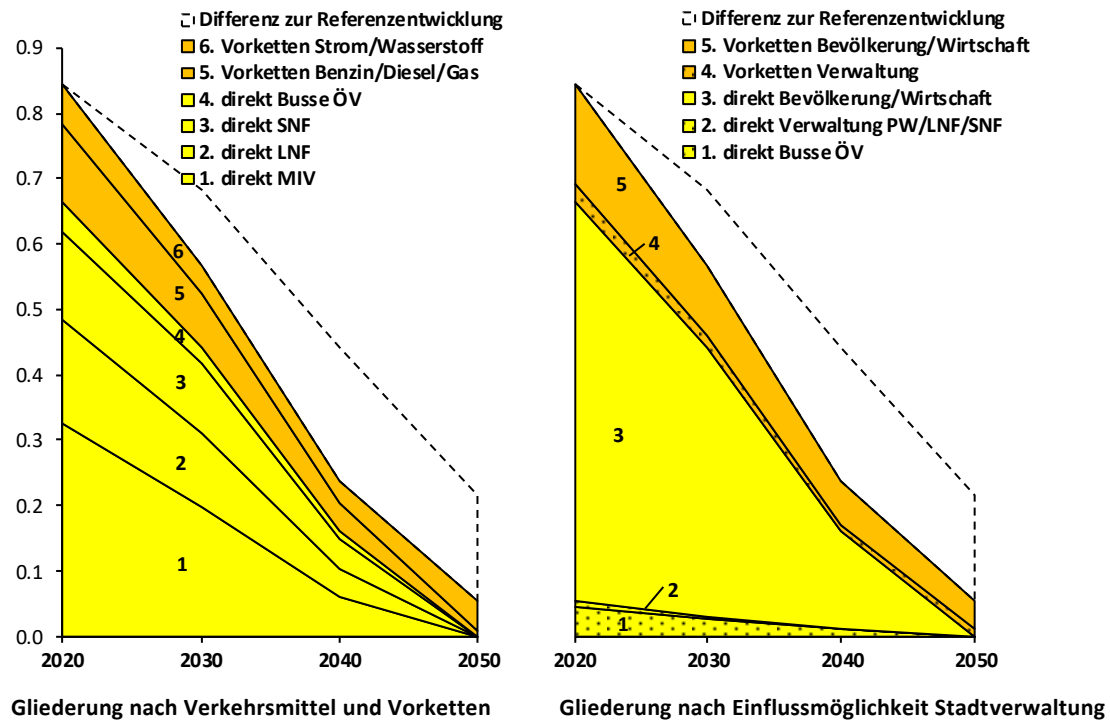
Da eine Wirkungsaufteilung auf einzelne Massnahmen aus methodischen Gründen nicht machbar ist, werden die Auswirkungen des Szenarios SNN 2050 auf Ebene der Massnahmenpakete analysiert.

4.5.1. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Unter der Voraussetzung, dass die Stadt Zürich die Reduktion auf Null direkte energiebedingte Emissionen forciert, indem sie alle Schlüsselmassnahmen gemäss Kapitel 4.4 konsequent umsetzt (Voraussetzung: Bund ändert nationale Gesetzgebung so, dass Stadt Null-Emissionszone durchsetzen kann), betragen die jährlichen energiebedingten Emissionen im Jahr 2050 nur noch rund 30 kg CO₂ pro EinwohnerIn – hauptsächlich aufgrund der Strom- sowie Wasserstoff-Vorketten (vgl. Abbildung 14). Für die zugrundeliegende Quantifizierung haben wir die Annahmen gemäss den im Kapitel 4.2 beschriebenen Zielbildern unterstellt.⁷⁷

⁷⁷ Das entsprechende Rechenmodell inklusive aller quantitativen Annahmen ist im Anhang Kapitel 11.4.2 dargestellt. Für weitergehende Informationen – insbesondere zu Quellen und Kommentaren seitens INFRAS/Quantis – ist das Excel -Modell zu konsultieren.

Abbildung 14: Personen- und Güterverkehr auf Stadtgebiet – Szenario SNN 2050

energiebedingte Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn

Dargestellt sind die direkten Emissionen auf Stadtgebiet (gelb) sowie die Emissionen aus den Vorketten (orange) – einmal thematisch gegliedert (links) und einmal mit Abgrenzung jener Anteile, auf die die Stadt Zürich als Akteurin direkten Einfluss nehmen kann (gepunktete Flächen). Die Modellierung erfolgt auf Basis der Annahme, dass die Stadt Zürich alle Schlüssel-massnahmen gemäss Kapitel 4.4 konsequent umsetzt (begleitet durch weitere geeignete Massnahmen). Berechnungen und Detailannahmen vgl. Anhang (Kapitel 11.4.2) und Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

4.5.2. Ökonomische Auswirkungen (gesamte Stadt)

In diesem Abschnitt analysieren wir die ökonomischen Auswirkungen der Massnahmenpakete MP6 (Reduktion Fahrleistungen auf Stadtgebiet, v.a. im MIV) und MP7 (Transformation Flottenmix, v.a. Antriebssubstitution) gemäss Kapitel 4.4. (Hinweis: Die ökonomischen Auswirkungen des Massnahmenpakets MP5 (Emissionen Strom-Vorketten senken, v.a. über den forcierten PV-Ausbau auf Stadtgebiet) haben wir im Kapitel 3.5.2 diskutiert.)

MP6 – Reduktion der Fahrleistungen auf Stadtgebiet, v.a. im MIV

Da es sich um ein komplexes Massnahmenpaket handelt, das sowohl «Pull»-Massnahmen (Velo- und Fussverkehr, ÖV, Förderung Sharing, multimodale Transportkette) wie auch «Push»-Massnahmen (Parkierung, Verbote) enthält, ist eine ökonomische Analyse äusserst komplex und bezieht sich auf diverse Kosten- und Nutzenparameter. Allgemein lässt sich sagen, dass

eine solche Stossrichtung wenig Investitionen bindet (bzw. umverteilt) und weitere externe Kosten wie Sicherheit, Luft und Lärm gesenkt werden können. Bezüglich der einzelnen Schlüsselmassnahmen lässt sich folgendes festhalten:

- Die Grössenordnung der Investitionen in den **Ausbau des Velonetzes** hängt insbesondere vom Ansatz ab. Die Projekte für die Entflechtung mit zusätzlichen neuen Veloschnellrouten (HB-Unterquerung, Seerouten) bewegen sich in einer Grössenordnung von je 10 Mio. CHF. Diese werden durch den Bund und den Kanton mitfinanziert. Weitergehende Kapazitätsanpassungen wie Spurumverteilungen oder Priorisierungen an Lichtsignalanlagen sind bezüglich Investitionen nicht teuer, bewirken aber eine (erwünschte) Einschränkung des MIV. Rein ökonomisch müssten die volkswirtschaftlichen Differenzkosten der Benutzung von MIV der Benutzung einer multimodalen Transportkette (ÖV-Velo-Fussverkehr) gegenübergestellt werden. Die Zusammenstellung der volkswirtschaftlichen Kosten pro Pkm in der Transportkostenstatistik des BfS⁷⁸ zeigt, dass der MIV volkswirtschaftlich im städtischen Gebiet teurer ist als der öffentliche Personennahverkehr und der Veloverkehr, insbesondere dann, wenn die individuellen Zeitkosten dazugerechnet werden. Untersuchungen im Auftrag des ASTRA (INFRAS 2002) zeigen, dass die spezifischen Kosten für eine bestimmte Transportkapazität für den Bau von Fusswegen und Velowegen deutlich tiefer sind als die Kosten für den Ausbau von Strassen für den MIV oder Bahnausbauten. Hinzu kommt der bedeutende Gesundheitsnutzen des Fuss- und Veloverkehrs, den der Bund pro km mit 18 Rappen beziffert. Demgegenüber betragen die externen Kosten des MIV pro km knapp 15 Rappen. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass bei einem prioritären Ausbau der Velowege auch die Sicherheit steigt, damit keine zusätzlichen Externalitäten entstehen und sich die Investitionen volkswirtschaftlich rechnen. Insgesamt kann also festgehalten werden, dass sich aus ökonomischer Sicht der Ausbau des Velonetzes rechnet.
- Zusätzliche Massnahmen im Bereich der **Parkierung** sind bezüglich Vollzugskosten ebenfalls nicht teuer. Ähnlich wie oben lässt sich argumentieren, dass sich der Umstieg vom MIV auf die multimodale Transportkette ökonomisch rechnet.
- Zusätzliche Massnahmen im **Mobilitätsmanagement** kosten pro Jahr 1 bis 2 Mio. CHF. Deren volkswirtschaftlicher Nutzen (weil Freiwilligkeit unterstellt) lässt sich isoliert nicht beziffern, dürfte aber (im Gesamtpaket der Push+Pull-Massnahmen) äusserst positiv sein. Ein wichtiger Beitrag ist auch die Vermeidung von zusätzlichem Verkehr.
- Die Aufwertung des öffentlichen Raums und des Fusswegnetzes ist ein genereller Standortnutzen für die Stadt Zürich. Die Steigerung der Aufenthaltsqualität erbringt sowohl für die Standortkonkurrenz für Unternehmen als auch für den Tourismus wirtschaftliche Nutzen.

⁷⁸ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/kosten-finanzierung.html>

- **Verbote** von Fahrzeugen im Strassenraum lösen ebenfalls wenig Investitionen aus (Signalisation). Umgekehrt dürfte das «Enforcement» relativ teuer sein. Auch hier ist eine ökonomische Beurteilung nur möglich, wenn die Alternativen bewertet werden. Wenn dadurch unerwünschte Ausweicheffekte in die umliegenden Gemeinden resultieren, können unerwünschte Zusatzkosten entstehen.

MP7 – Transformation Flottenmix (v.a. Antriebssubstitution)

Da in diesem Paket explizite Investitionen ausgelöst werden, ist eine Quantifizierung (analog zum Gebäudebereich) einfacher. Als Grundlage für die Analyse der ökonomischen Auswirkungen haben wir folgende Auswertung (Tabelle 19), die wir in Anlehnung an die Erkenntnisse aus dem Projekt «Umweltauswirkungen von Fahrzeugen im urbanen Kontext» (INFRAS/PSI/Quantis 2020) durchgeführt haben. Wichtigsten Erkenntnisse:

- Bei den Personenwagen gehen wir davon aus, dass in den 2030er-Jahren der Punkt erreicht wird, an dem batteriebetriebene Fahrzeuge in der Anschaffung nicht teurer sind als herkömmliche Fahrzeuge. Unter Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen im Betrieb ist die Umstellung von herkömmlichen auf batteriebetriebene Fahrzeuge wohl schon vor 2030 wirtschaftlich, auch wenn Benzin- und Dieselpreise exkl. Steuern und Abgaben unterstellt werden.
- Bei den Lieferwagen gehen wir bezüglich der Anschaffungskosten von ähnlichen Entwicklungen aus. Bei unseren Annahmen zu Preisen und spezifischen Energieverbräuchen bringt die Umstellung von herkömmlichen auf batteriebetriebene Fahrzeuge aber geringere Energiekosteneinsparungen. Insgesamt wird die Umstellung ab den 2030er-Jahren aber ohne Mehrkosten möglich sein.
- Ungünstiger schneiden Umstellungen bei schweren Nutzfahrzeugen und Bussen von herkömmlichem Antrieb auf Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb ab (vgl. Tabelle 19), wobei die Unsicherheiten hier sehr hoch sind.
- Generell nicht berücksichtigt sind in Tabelle 19 die Mehrkosten im Bereich der Energieversorgungsinfrastruktur (Ladeinfrastruktur E- und H₂-Mobilität). Für die Installation von Ladestationen ist mit Investitionen zwischen wenigen 1'000 CHF bis zu 200'000⁷⁹ CHF zu rechnen. Analysen von INFRAS⁸⁰ zeigen, dass je nach Ausbaupfaden und Betrachtungsjahr von Mehrkosten bis zu ca. 0,6 Rp./Fzg-km (E-Ladeinfrastruktur) bzw. bis zu 1 Rp./Fzg-km (H₂-Ladeinfrastruktur) auszugehen ist. Auch hier sind die Unsicherheiten sehr hoch und die Ergebnisse

⁷⁹ Die Preisspanne der Stationen beträgt für Wallboxen zuhause (max. 11kW) rund 1000 bis 3000 CHF, für 22kW Ladestationen 3'500 bis 12'000 CHF und für Schnellladestationen 50kW rund 40'000 CHF. Eine grössere Schnellladestation kostet je nach Installation Tankstelleninfrastruktur (2 - 3 Säulen, Asphaltierung etc.) bis zu 200'000 CHF.

⁸⁰ im Rahmen der Erarbeitung der kantonalen Massnahmenpläne (AWEL) und der nationalen Energieperspektiven (BFE), (laufende Projekte).

stark von diversen Annahmen abhängig. Allerdings sind die entsprechenden Infrastruktur-mehrkosten im Vergleich zu den übrigen Kosten (Fahrzeuge inkl. Betriebsenergie) um Größenordnungen geringer.

Die folgende Tabelle stellt die Kosten und Nutzen zusammen. Sie beruhen auf heutigen durchschnittlichen Kostengrößen. Die Annahmen bezüglich zukünftiger Entwicklung sind (da es sich beim Treibstoff und bei Fahrzeugen um einen globalen Markt handelt) mit grossen Unsicherheiten behaftet.

Tabelle 19: Kosten und Nutzen der Antriebssubstitution

Umstellung von ... auf ...	Anschaffung im Jahr			
	2020	2030	2040	2050
Mehrkosten Anschaffung in Rp./Fzg-km				
Personenwagen herkömmlich → batteriebetrieben	5	2	0	-1
Lieferwagen herkömmlich → batteriebetrieben	8	2	0	0
schweres Nutzfahrzeug herkömmlich → H ₂ -Brennstoffzelle	110	30	2	< -5
Dieselbus → H ₂ -Brennstoffzellen-Bus	90	30	9	0
Einsparung Betriebskosten in Rp./Fzg-km (exkl. Klimakosteneinsparung)				
Personenwagen herkömmlich → batteriebetrieben	3	3	2	1
Lieferwagen herkömmlich → batteriebetrieben	1	1	0	-1
schweres Nutzfahrzeug herkömmlich → H ₂ -Brennstoffzelle	-30	-20	-13	-8
Dieselbus → H ₂ -Brennstoffzellen-Bus	-80	-60	-40	-30
<u>Unterstellte Energiepreise (Rp./kWh exkl. Steuern/Abgaben¹⁾)</u>				
herkömmlich (Benzin/Diesel)	9,7	11	12	13
Strom	20	21	22	24
Wasserstoff	34	29	26	24
Einsparung Betriebskosten in Rp./Fzg-km (inkl. Klimakosteneinsparung bei fixen 200 CHF/t CO₂)				
Personenwagen herkömmlich → batteriebetrieben	7	6	5	3
Lieferwagen herkömmlich → batteriebetrieben	6	5	4	1
schweres Nutzfahrzeug herkömmlich → H ₂ -Brennstoffzelle	-20	-9	-5	-3
Dieselbus → H ₂ -Brennstoffzellen-Bus	-66	-39	-25	-18
Nettoeffekt: Einsparungen inkl. Klimakosten				
Personenwagen herkömmlich → batteriebetrieben	-2	-4	-5	-4
Lieferwagen herkömmlich → batteriebetrieben	2	-3	-4	-1
schweres Nutzfahrzeug herkömmlich → H ₂ -Brennstoffzelle	130	39	7	> -2
Dieselbus → H ₂ -Brennstoffzellen-Bus	156	69	34	18

1) Steuern/Abgaben (reine Transfers) werden hier nicht berücksichtigt.

Tabelle INFRAS/Quantis. Quelle: INFRAS/Quantis/PSI 2020, eigene Analysen im Rahmen des vorliegenden Projekts

Auf Basis dieser Grundlagen lässt sich folgendes Fazit ziehen:

- Die Umstellung der PW-Flotte rechnet sich monetär bereits ab 2030, weil die Einsparungen bei den Betriebskosten die zusätzlichen Investitionskosten überwiegen. Werden die Klimakosten (und weitere externe Kosten) dazugerechnet, wird die Bilanz noch positiver.
- Bei der Umstellung der Lieferwagenflotte ist der monetäre «Break-even» etwas später. Werden aber ebenfalls Klimakosten berücksichtigt, ist die ökonomische Bilanz bereits ab 2030 positiv.

- Bei der Umstellung von schweren Nutzfahrzeugen ist der Break-even schwieriger zu erreichen, weil Diesel-Nutzfahrzeuge sehr tiefe Betriebskosten aufweisen. Mit den heute absehbaren Preisentwicklungen rechnet sich die Umstellung auf Brennstoffzellen nur dann vor 2050, wenn die Erzeugung von Wasserstoff deutlich günstiger wird.
- Die Umstellung von Dieseln auf Brennstoffzelle ist aus heutiger Sicht auch 2050 nicht wirtschaftlich (auch nicht unter Berücksichtigung des Klimanutzens). Hier ist aber zu berücksichtigen, dass mit der Umrüstung von Dieseln auf Trolley oder Depotlader günstigere Alternativen zur Verfügung stehen. Deshalb verfolgt die VBZ diese Strategie.

Diese Aussagen beziehen sich auf Neuwagen. Zu berücksichtigen ist, dass PW im Schnitt 8 Jahre, maximal aber bis zu 24 Jahre im Betrieb sein können. Bei einer Gesamtbetrachtung ist also zu berücksichtigen, dass die vorzeitige Ausserbetriebsetzung von Altfahrzeugen ebenfalls mit volkswirtschaftlichen Kosten verbunden sein kann. Bei der Umstellung auf batteriebetriebene PW und Lieferwagen dürfte aber der Mehrnutzen diese Kosten überwiegen. Eher kritischer ist dies für die Nutzfahrzeugflotte zu werten.

4.5.3. Weitere Auswirkungen auf die gesamte Stadt

Wie oben erwähnt, ist eine klimaneutrale Stadtmobilität in Bezug auf die Qualität des öffentlichen Raums, die minimalen Lärm- und Schadstoffemissionen und die erhöhte Verkehrssicherheit positiv zu werten. Dies verbessert wiederum die Aufenthaltsqualität und ist ein wichtiger Standortfaktor, sowohl für die Wirtschaft als auch die Bevölkerung. Smart City und Smart Transport sowie ein hoher Fuss- und Veloanteil sind im internationalen Städteranking wichtige Faktoren, die sich auch auf die Standortwahl von innovativen Firmen (u.a. auch Headquarters) positiv auswirken. Das Beispiel von Google an der Europaallee (mit praktisch Null MIV-Anteil) ist ein gutes Beispiel für diese Entwicklung.

Bezüglich sozialer Verteilungswirkungen ist Folgendes zu erwarten: Zunächst sind die Verteilungswirkungen davon abhängig, wer in Zukunft in der Stadt wohnt. Aktuelle Entwicklungen zeigen in einzelnen aufgewerteten Quartieren eine gewisse Gentrifizierung (Seefeld, Wiedikon). Es wird stark davon abhängen, wie die zukünftige Entwicklung in Wachstums- bzw. Transformationsquartieren wie Altstetten, Seebach, Affoltern und v.a. Schwamendingen von statten geht. Der Umstieg auf Elektromobilität führt kurzfristig (solange E-Fahrzeuge vor allem in der Anschaffung teuer sind) zu zusätzlichen relativen Belastungen unterer Einkommenschichten. Fördermassnahmen begünstigen eher obere Einkommenschichten. Diese Zusatzbelastung verringert sich allerdings mit zunehmendem Angebot von E-Fahrzeugen und insbesondere von Kleinfahrzeugen. Die unterstellten Massnahmen (Veloförderung, Parkraum) als Unterstützung der 'Verkehrswende' ist demgegenüber sozialverträglich: Schon heute nutzen untere

Einkommensschichten den ÖV und das Velo überdurchschnittlich. Zudem wirken sich Lenkungsabgaben auf Treibstoffen (bei Pro-Kopf-Rückerstattung) positiv auf die Einkommensverteilung aus.

4.5.4. Ökonomische Auswirkungen auf Stadt als Flottenbesitzerin

Folgende Berechnungen zeigen den Investitionsbedarf für die Stadtverwaltung für die Umrüstung ihrer Flotte (vgl. Tabelle 20). Im Unterschied zur obigen Berechnung (volkswirtschaftliche Einheitskosten ohne Transfers) werden hier auch die Abgaben wie Mineralölsteuer bzw. kantonale Verkehrsabgabe berücksichtigt. Es handelt sich also um zu erwartende finanzielle Kosten.

Tabelle 20: Analyse städtische Fahrzeugflotte (exkl. VBZ-Dieselbusse)

		Personen wagen	Lieferwagen	Schwere Nutzfahr- zeuge, Spezi- alfahrzeuge	Total
KENNDATEN 2020-2050					
Anzahl Fahrzeuge Bestand 2020 (gerundet)		850	630	720	2200
Fahrleistungen in Mio. Fzg-km 2020 (davon auf Stadtgebiet, Grobschätzung)		8,1 (75%)	4,4 (85%)	3,2 (80%)	16
verbleibende Fahrzeuge mit herkömmlichem oder gas- betriebenem Antrieb 2020 (in % des Bestands 2020)		80%	94%	100%	
Fahrleistungen in Mio. Fzg-km 2050	REF	7,8	4,7	3,5	16
	SNN	7,0	4,5	3,4	15
verbleibende Fahrzeuge mit herkömmlichem oder gas- betriebenem Antrieb 2050 (in % des Bestands 2050)	REF	8%	23%	55%	
	SNN	2%	12%	35%	
Anteil erneuerbare Treibstoffe (biogen/PtL) bzw. Gas (bi- ogen/PtG) am Treibstoff-/Gaseinsatz 2050	REF	50%			
	SNN	100%			
AKTIVITÄTEN 2020-2030					
Mehrkosten Anschaffung in Mio. CHF (Annuität bei 2,5% Zins und 12 Jahren Nutzungsdauer)	REF	1,4 (0,14)	1,6 (0,16)	2,9 (0,28)	5,9 (0,57)
	SNN	2,4 (0,23)	2,7 (0,27)	5,0 (0,49)	10 (0,99)
Energiekosteneinsparungen exkl. Klimakosteneinsparung in Mio. CHF/Jahr (negativ = Einsparung)	REF	-0,050	+0,005	+0,031	-0,015
	SNN	-0,094	+0,002	+0,033	-0,063
Energiekosteneinsparungen inkl. Klimakosteneinsparung (bei 200 CHF/t CO ₂) in Mio. CHF/Jahr	REF	-0,12	0,024	+0,035	-0,11
	SNN	-0,21	-0,055	+0,031	-0,23
AKTIVITÄTEN 2030-2040					
Mehrkosten Anschaffung in Mio. CHF (Annuität bei 2,5% Zins und 12 Jahren Nutzungsdauer)	REF	0,27 (0,026)	0,29 (0,028)	2,0 (0,20)	2,6 (0,25)
	SNN	0,14	0,27	3,6	4,0

		Personen wagen	Lieferwagen	Schwere Nutzfahr- zeuge, Spezi- alfahrzeuge	Total
		(0,013)	(0,027)	(0,35)	(0,39)
Energiekosteneinsparungen exkl. Klimakosteneinsparung in Mio. CHF/Jahr (negativ = Einsparung)	REF	-0,044	+0,007	+0,039	+0,003
	SNN	-0,065	-0,009	+0,046	-0,028
Energiekosteneinsparungen inkl. Klimakosteneinsparung (bei 200 CHF/t CO ₂) in Mio. CHF/Jahr	REF	-0,089	-0,014	+0,022	-0,082
	SNN	-0,10	-0,037	+0,010	-0,13
AKTIVITÄTEN 2040-2050					
Mehrkosten Anschaffung in Mio. CHF (Annuität bei 2,5% Zins und 12 Jahren Nutzungsdauer)	REF	-0,15 (-0,015)	+0,006 (+0,0006)	-0,84 (-0,082)	-0,99 (-0,097)
	SNN	-0,062 (-0,006)	+0,004 (+0,0004)	-1,0 (-0,10)	-1,1 (-0,10)
Energiekosteneinsparungen exkl. Klimakosteneinsparung in Mio. CHF/Jahr (negativ = Einsparung)	REF	-0,045	+0,017	+0,038	+0,009
	SNN	-0,086	-0,018	-0,037	-0,14
Energiekosteneinsparungen inkl. Klimakosteneinsparung (bei 200 CHF/t CO ₂) in Mio. CHF/Jahr	REF	-0,087	-0,022	-0,023	-0,13
	SNN	-0,10	-0,035	-0,072	-0,21

Tabelle und Modellierung INFRAS/Quantis

Insgesamt ergibt sich für den Referenzfall bis 2030 eine monetäre Bilanz von rund -0.55 Mio. CHF pro Jahr (Energiekosteneinsparungen abzüglich der Annuität der Anschaffungsmehrkosten), und für das Zielszenario von -0.93 Mio. CHF. Unter Berücksichtigung der Klimakosteneinsparungen (nicht finanzrelevant) verbessert sich die Bilanz um rund 20%. Während die Bilanz bei den PW positiv ist, schlägt vor allem die Umrüstung der schweren Dieselfahrzeuge negativ zu Buche. Dies gilt bereits für den Referenzfall.

Diese Bilanz verbessert sich laufend und wird für die letzte Dekade 2040-2050 positiv. Aus ökonomischer Sicht stellt sich also die Frage, wie eine frühzeitige Umrüstung der städtischen Nutzfahrzeugflotte gerechtfertigt werden kann. Dafür können ein paar übergeordnete Argumente sprechen. Einerseits geht es hier um eine Vorbildfunktion der Stadt, z.B. auch in einem aktiven Engagement für das Vorantreiben von Wasserstoff, mit einem hohen langfristigen Potenzial. Hier ist beispielsweise denkbar, dass sich die Stadt kurzfristig an (gut vermarktbar) Pilotbetrieben und (in Zusammenarbeit mit Partnern) am Bau einer Wasserstoff-Tankanlage beteiligt. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die öffentlichen Nutzfahrzeuge eine hohe Lärmrelevanz aufweisen. Auch hier kann also mit einer frühzeitigen Umrüstung ein Nutzen erzeugt werden.

Bei einer frühzeitigen Umrüstung der Flotte zeigt sich die Stadtverwaltung als Vorbild. Dieser Effekt ist einerseits für das Stadtmarketing oder das Image (Polizei, Grün Stadt Zürich, VBZ) positiv zu würdigen und ebenfalls ein Standortfaktor. Andererseits sollen diese Aktivitäten

auch als Katalysator für alle klimarelevanten Handlungen der Stadtverwaltung (in der Verwaltung, privat) eine positive Vorbildwirkung zeitigen.

4.5.5. Auswirkungen, falls auf übergeordneten Politikebenen weniger wirksame Massnahmen umgesetzt werden

Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangslage bezüglich energie- und klimapolitischen Handlungsspielräume im Gebäude- und Verkehrsbereich (vgl. Kapitel 4.2 und 4.4) betrachten wir hier den Fall, dass auf übergeordneter Ebene weniger wirksame Massnahmen umgesetzt werden als im Referenzfall angenommen.

Wie im Kapitel 4.4 ausgeführt, geht es im Verkehrsbereich um einen ausgewogenen Ansatz, bei dem alle hoheitlichen Ebenen ihren (effizienten, zweckmässigen und akzeptierten) Beitrag leisten. Angesichts der Tatsache, dass grossflächige Ansätze beim Klima eine höhere Kosteneffizienz aufweisen als kleinräumige, verschlechtert sich die volkswirtschaftliche Bilanz, wenn der Bund oder der Kanton seine Verantwortung nicht wahrnehmen würde.

Wenn also die Stadt als «ultima ratio» Verbote für fossile Antriebe auf Stadtgebiet aussprechen wollte, um die zusätzliche Lücke zu füllen, bräuchte sie zunächst entsprechende Kompetenzen. Wären diese vorhanden, wären bei diesen Verboten folgende Auswirkungen zu erwarten:

- Im positiven Fall würden diese Verbote akzeptiert: Es würde eine «best available technology» im dichten Siedlungsgebiet resultieren. Dies ist vergleichbar mit den Ansätzen im alpenquerenden Verkehr (wo es aber vor allem darum geht, Immissionen zu reduzieren). Wenn aber dies nur dazu führt, dass Fahrten mit fossilfreien Antrieben auf dem Stadtgebiet zurückgelegt werden, für Fahrten im Umland aber herkömmliche Antriebe eingesetzt werden, kann der Nettoeffekt im Extremfall auch negativ sein. Positiv zu würdigen wäre also nicht der Klimateffekt, sondern der Vorzeigeeffekt der Stadt.
- Im negativen Fall würden diese Verbote nicht akzeptiert, was negative Auswirkungen auf die Standortgunst der Stadt Zürich hat. Dies kann im Extremfall auch zu wirtschaftlichen Einbussen führen.

Die volkswirtschaftliche Bilanz wäre also schlechter. Die Stadt müsste zusätzliche Mehrkosten auf sich nehmen. Die skizzierten Ansätze müssten verstärkt werden und wären vor allem aus Akzeptanzsicht kritisch zu beurteilen. Trotzdem können gut dosierte Verbote (zum Beispiel für die Innenstadt) durchaus auch positive Effekte (für die Position und das Image der Stadt) haben.

4.6. Szenarien «SNN 2030/2040 – energiebedingte Emissionen»

4.6.1. Zielbild bei angestrebter Zielerreichung bis 2030 oder 2040

Soll das Zielbild Netto-Null bereits in den Jahren 2040 oder 2030 erreicht werden, dann bedeutet das:

- Die Stadt Zürich versteht sich im Mobilitätsbereich als führende Stadt für einen fossilfreien Verkehr und ergreift prioritär alle möglichen Massnahmen, um dies auf Stadtgebiet möglichst rasch zu erreichen.
- Die gesamte Verkehrspolitik wird ab sofort konsequent auf eine Minimierung des MIV auf Stadtgebiet ausgerichtet. Die Strassennetzkapazitäten werden rigoros vom MIV auf den Fuss- und Veloverkehr und die multimodale Transportkette (mit dem ÖV als Rückgrat) umverteilt.
- Die Stadt Zürich ergreift alle Möglichkeiten und holt sich rasch die notwendigen Kompetenzen, Fahrzeuge mit fossilen Antrieben auf dem städtischen Strassennetz und den städtischen Parkplätzen zu verbieten.

Ein optimaler Pfad kann aber nur beschritten werden, wenn auch auf den höheren politischen Ebenen (EU, Bund, Kanton) dieses Zielbild verfolgt wird. Vor allem einer raschen Umsetzung eines fossilfreien Verkehrs sind Grenzen gesetzt. Eine von der Stadt ausgehende einseitige vorzeitige Zielerreichung ist deshalb nur zweckdienlich, wenn die Stadt Zürich eine innovative Vorreiterrolle spielen kann.

4.6.2. Welche Massnahmen können verstärkt und ergänzt werden?

Grundsätzlich gelten die Ausführungen unter Kapitel 4.5.6. Es gibt keine grundsätzlich neuen Massnahmen. Relevant ist ebenfalls die Kompetenz, die Haltung von Bund und Kantonen und die Akzeptanz von Wirtschaft und Gesellschaft. Grundsätzlich lassen sich die oben skizzierten Massnahmen folgendermassen verstärken:

- Vollständige Umrüstung der städtischen Flotte und rigorose Vorgaben für den Fahrzeugeinsatz im Beschaffungsrecht.
- Umwidmung von städtischen Strassen zu verkehrsberuhigten und -freien Räumen (Plätze, Begegnungszonen, Velostrassen) und verstärkte Bevorzugung, kombiniert mit generellen Fahrverboten und Abbau von Parkplätzen auf öffentlichem Grund.
- Verbote für fossilfreie Antriebe bei der Benutzung von öffentlichen Parkplätzen.
- Generelle Verbote von fossilen Antrieben auf Stadtgebiet. Sukzessive Ausweitung einer fossilfreien Zone von der Innenstadt in die umliegenden Quartiere.

Grundsätzlich sind alle diese Massnahmen dosierbar, immer unter Berücksichtigung der Zuständigkeiten. Wichtig ist, dass die Vorlaufzeit für die Anpassung der Strassenverkehrsgesetzgebung berücksichtigt wird. In jedem Fall ist es sinnvoll, in einem frühen Stadium auf nationaler Ebene für die Kompetenz von Verbotszonen für fossile Antriebe zu lobbyieren, um diesbezüglich einen flexiblen Ansatz einleiten zu können (von Pilotbetrieben bis zur Möglichkeit, grössere Gebiete auszuschneiden).

Zu berücksichtigen ist, dass das Notrecht hier nicht greift, weil die Wirkung von Verboten (anders als bei Smog-Massnahmen) nicht standortgebunden ist. Allerdings ist es denkbar, dass schweizweit Notrecht greifen könnte, wenn an ausserordentlichen Hitzetagen aus politischen Gründen Massnahmen notwendig würden. Bei übermässigen Ozonbelastungen wurden ebenfalls Verkehrsmassnahmen diskutiert, obwohl von wissenschaftlicher Seite der direkte Zusammenhang zwischen Massnahme und Wirkung nicht nachweisbar ist.

4.6.3. Auswirkungen

Auch hier sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- Divergieren die nationalen und die kommunalen Einstellungen und Interessen stark, wird also der Problemdruck auf übergeordneter Ebene viel weniger kritisch eingeschätzt als in der Stadt, führt ein Szenario SNN 2030 zu einem Alleingang mit negativen Auswirkungen auf die Akzeptanz in Bevölkerung und Wirtschaft sowie massiven Mehrkosten für die Stadt Zürich, weil sie die fossilfreie Mobilität alleine bewerkstelligen müsste. Die Mehrkosten äussern sich insbesondere in Form von Fördergeldern für die Umrüstung der privaten Flotte sowie im raschen Umbau des Strassenraums (z.B. Fuss- und Velonetz).
- Wird der Problemdruck schweizweit, ja gar weltweit deutlich kritischer eingeschätzt und ist akzeptiert, dass die Stadt als Vorreiterin einer nachhaltigen Mobilität einen grossen Beitrag leisten will und kann, ist es auch möglich, dass die Stadt die notwendigen Kompetenzen erhält und die zusätzlichen Massnahmen finanzieren kann. Entsprechend wären die anfallenden Mehrkosten besser verteilt und auch finanzierbarer. Trotzdem ist aus heutiger Sicht die volkswirtschaftliche Bilanz negativ, solange die Klimakosten in einem solchen Szenario nicht vollständig anders bewertet werden müssten.

4.7. Szenario «SNN 2050 PLUS – Gesamtemissionen»

Soll das Ziel Netto-Null bis 2050 global erreicht werden, müssen nicht nur die energiebedingten, sondern auch alle übrigen Emissionen gegen Null reduziert werden, weil die realistischerweise nutzbaren Treibhausgasenken-Potenziale bis 2050 sehr gering sind.⁸¹

Analog zum Themenbereich *Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung* skizzieren wir ein Szenario SNN 2050 PLUS, mit dem wir ausgehend von einer Referenzentwicklung aufzeigen, wie der Personen- und Güterverkehr auf Stadtgebiet mit «möglichst nahe Null» Gesamtemissionen aussehen könnte (als visionäre Zielbilder) und über welche Handlungsansätze eine entsprechende Entwicklung forciert werden müsste – inklusive einer groben qualitativen Einschätzung dazu, auf welchen politischen Ebenen und ggf. Instrumenten diese Handlungsansätze angegangen werden könnten und welche Synergien und Zielkonflikte dabei relevant sind.

4.7.1. Referenzentwicklung

Neben den energiebedingten Emissionen sind beim Personen- und Güterverkehr auf Stadtgebiet (Betrachtung aus der Territorialperspektive) folgende Emissionen zu berücksichtigen:

- Emissionen ausserhalb der Stadt von vor- und nachgelagerten Prozessen im Bereich von Fahrzeugen, d.h. der Herstellung, Wartung und Entsorgung von Personenwagen, leichten und schweren Nutzfahrzeugen, ÖV-Autobussen, Tram und Trolleys sowie der Bahn.
- Emissionen ausserhalb der Stadt von vor- und nachgelagerten Prozessen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur, d.h. v.a. aus dem Bau und Instandsetzung sowie der Entsorgung der Strassen-, Tram- und Trolley- sowie Bahninfrastruktur auf Stadtgebiet.

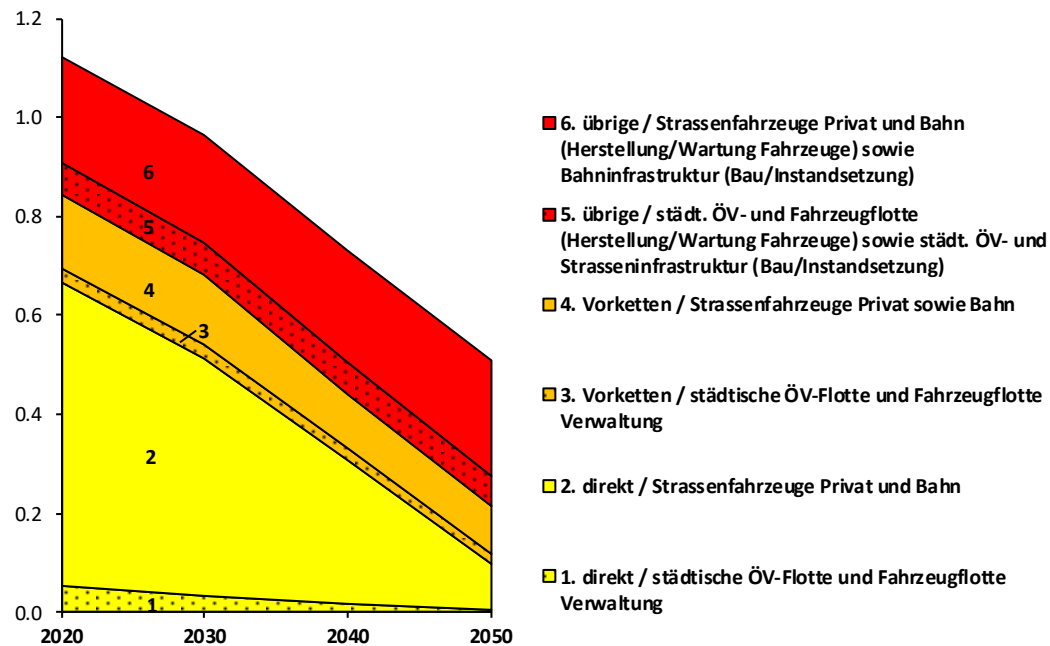
Auf dieser Basis haben wir die Referenzentwicklung der Gesamtemissionen (d.h. von energiebedingten und übrigen Treibhausgasemissionen) aus der Territorialperspektive quantifiziert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 15 dargestellt.⁸²

⁸¹ Diese liegen insgesamt wohl unter einer halben Tonne CO₂-Äqu. pro Kopf, wie eine Parallelstudie von Perspectives/Infras i.A. von UGZ/EB zeigt (jedenfalls wäre es aus heutiger Sicht fahrlässig, von wesentlich grösseren realisierten Senkenpotenzialen auszugehen).

⁸² Das entsprechende Rechenmodell inklusive aller quantitativen Annahmen ist im Anhang Kapitel 11.4.2 dargestellt. Für weitergehende Informationen – insbesondere zu Quellen und Kommentaren seitens INFRAS/Quantis – ist das Excel-Modell zu konsultieren.

Abbildung 15: Personen- und Güterverkehr auf Stadtgebiet – Referenzentwicklung Gesamtemissionen inkl. Vorprozesse Produktion Flotte und Infrastruktur

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die energiebedingten Emissionen (gelb, orange; entsprechen der Referenzentwicklung gemäss Kapitel 4.2) sowie alle übrigen Emissionen in der Referenzentwicklung (rot), wobei wir jeweils jene Anteile abgrenzen, auf die die Stadt Zürich direkten Einfluss nehmen kann (gepunktete Flächen). Die Modellierung der übrigen Emissionen basiert hauptsächlich auf Erkenntnissen und Analysen aus dem Projekt «Umweltauswirkungen von Fahrzeugen im urbanen Kontext» (INFRAS/PSI/Quantis 2020). Die Referenzentwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis wichtiger Grundlagendokumente sowie Einschätzungen von Experten der Stadt Zürich. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Anhang Kapitel 11.4.2 sowie Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

4.7.2. Zielbild

Wie am Anfang des Kapitel 4.7 erläutert, hat das hier skizzierte Zielbild für die übrigen Emissionen im Gegensatz zu jenen für die energiebedingten Emissionen (Kapitel 4.2) visionären Charakter. Hier geht es also nicht darum, ein direkt politikrelevantes Zielbild für die Stadt Zürich zu entwerfen, zu dem wir im Anschluss eine Detailanalyse zu Politikmassnahmen für eine forcierte Umsetzung durchführen können. Vielmehr entspricht dieses Zielbild einer möglichen Zukunftsvision für eine Stadt Zürich, die mit dem globalen Netto-Null-Ziel konsistent ist. Hauptzweck dieses Zielbildes ist es aufzuzeigen, wie stark die Gesamtemissionen pro EinwohnerIn in der Stadt Zürich maximal gesenkt werden könnten, aber auch mögliche Unterschiede bei der Entwicklung der Emissionen auf Stadtgebiet, in der Vorkette und bei der Produktion offen zu legen.

- Die skizzierten Massnahmen im Szenario SNN 2050 führen bereits massgeblich zu weniger Autos und leisten damit einen Beitrag zur Senkung der LCA-bezogenen Emissionen. Ein maximaler Veloanteil und ein minimaler MIV-Anteil leisten dazu einen massgeblichen Beitrag.
- Beim Ausbau der notwendigen ÖV-Kapazitäten werden möglichst rezyklierbare und klimaneutrale Materialien eingesetzt.
- Die städtische Flotte wird möglichst standardisiert. Bei der Auswahl wird darauf geachtet, dass die Fahrzeuge möglichst klimaneutral hergestellt werden.
- Um die LCA-bezogenen Emissionen aus der Nutzung von Privat-Fahrzeugen und der Infrastruktur zu reduzieren, werden die Kreisläufe optimiert: Die Autos sind möglichst klein und weniger leistungsstark; Materialien von Autos sind standardisiert und rezyklierbar und der Fahrzeugbau erfolgt möglichst klimaneutral. Bei der Infrastrukturherstellung und im Unterhalt wird ein maximaler Anteil an rezyklierbaren und klimaneutralen Materialien eingesetzt.
- Dank veränderten Konsummustern und einem Quantensprung in der City-Logistik liegen die Fahrleistungen von Liefer- und Lastwagen auf Stadtgebiet 2050 absolut um rund 20% tiefer als 2020, obwohl die Stadt Zürich 2050 fast ein Viertel mehr EinwohnerInnen hat als noch 2020.

4.7.3. Handlungs- und Politikmassnahmenansätze

Mit dem Szenario SNN 2050 PLUS kommen Massnahmen für klimaneutrale Herstellungs- und Unterhaltsprozesse hinzu. Wenn diese nicht ausreichen, sind weitere Reduktionen an anderen Orten notwendig. Im Verkehrsbereich sind dann verhaltensorientierte Massnahmen (Einschränkung der Fahrten und Suffizienz) zu adressieren.

Daraus leiten sich Handlungs- und Politikmassnahmenansätze ab, die auch in einer weniger extremen Form ihre Gültigkeit haben, wenn unter Berücksichtigung anderer Ziele der nachhaltigen Entwicklung ein möglichst hoher Beitrag an die Reduktion der Gesamtemissionen geleistet werden soll.

Handlungsansätze

Um die Gesamtemissionen des Personen- und Güterverkehrs auf Stadtgebiet maximal zu senken, sind im Wesentlichen folgende vier Handlungsansätze zu berücksichtigen, die sich direkt aus dem im Kapitel 4.7.2 beschriebenen Zielbild ableiten. Zentrale Voraussetzung ist allerdings auch hier, dass ein über diese Handlungsansätze forcierter Wandel nicht dazu führt, dass die Stadt Zürich weniger stark wächst als in der Referenzentwicklung (bis 2050 rund plus ein Viertel ggü. 2020). Ginge die Entwicklung im Vergleich zur Referenzentwicklung mit einem Bevölkerungs-, Arbeitsplatz- und Stadtbesucherrückgang einher, würden die entsprechenden Emissionen nur in andere Regionen ausserhalb der Stadt Zürich ausgelagert:

- **Maximaler Fuss- und Veloanteil:** Fuss- und Veloverkehr werden so gefördert, dass bestehende Flächen umgewidmet werden und keine neuen Emissionen für den Infrastrukturbau resultieren. Neue Infrastrukturen werden weitestgehend vermieden und im bestehenden Strassenraum realisiert (Umverteilung MIV-Fuss/Velo).
- **Flotte standardisieren und rezyklierbare Materialien einsetzen:** Im Rahmen der eigenen Flottenpolitik (Dienstfahrzeuge und ÖV) werden Anforderungen an die Beschaffung für die klimaneutrale Herstellung von Fahrzeugen formuliert. Parkplätze werden wo möglich verkleinert, damit Kleinfahrzeuge (mit fossilfreiem Antrieb) gefördert werden.
- **Klimaneutraler Tiefbau:** Mit einem eigenständigen städtischen Programm sollen die Möglichkeiten einer Dekarbonisierung im Tiefbau überprüft und verankert werden. Dazu gehören eine Prüfphase, um die Potenziale der Dekarbonisierung der Infrastruktur zu erkennen. Anhand einer solchen Potenzial-Analyse können auch eine zielführende Priorisierung und konkrete Handlungsoptionen (Neubau, Sanierung) abgeleitet werden. Diese sind in einem zweiten Schritt verwaltungsintern zu verankern. Aus heutiger Sicht stehen zwei Ansätze (Niedrigtemperaturasphalt und Asphaltkollektoren auf Erdsonden-Basis) im Fokus. Weitere Möglichkeiten sind der Einsatz von kohlenstoffärmeren Baumaterialien (z.B. Holz anstatt Beton, CO₂-reduzierter Zement) bei Kunstbauten (v.a. Brücken, Tunnel), von Kaltmischfundationen oder von Belägen mit weniger Rollwiderstand.
- **City-Logistik auf höchste Treibhausgas-effizienz auslegen:** Die Grobverteilung erfolgt maximal möglich per Bahn. Dazu werden die notwendigen Umschlagplätze insbesondere im Westen der Stadt (Hardfeld, Gaswerkareal Schlieren) geschaffen. Die Feinverteilung erfolgt vollständig mit elektrisch betriebenen Lieferwagen. Dazu werden entsprechende Anliefergebiete definiert.

Das Szenario «Netto-Null PLUS» gelingt nur mit einer grundsätzlichen Änderung des Mobilitätsverhaltens. Dazu gehört vor allem das Vermeiden von energierelevanter Mobilität: Kurze Wege, Suffizienz. In diesem Zusammenhang gelingt der Fuss- und Veloverkehr als zentrale Fortbewegungsmittel der Stadt der kurzen Wege zusätzlich an Bedeutung.

Politikansätze

Eine starke und beschleunigte Reduktion der Gesamtemissionen würde bedingen, dass auch für die über die energiebedingten Emissionen hinausgehenden Emissionen ähnlich tiefgreifende Politikmassnahmen ergriffen würden. Konkret hiesse das, die bereits im Szenario SNN 2050 skizzierten Massnahmen auf allen Ebenen mit maximaler Priorität umzusetzen. Die folgende Tabelle stellt die zentralen Massnahmen zusammen.

Tabelle 21: Handlungsansätze zur Reduktion der über die energiebedingten Emissionen hinausgehenden Emissionen (z.T. mit Rückwirkung auf die energiebedingten Emissionen)

Handlungsansatz	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene	Ansätze für städtische Politikmassnahmen	Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte
Maximaler Anteil Fuss- und Veloverkehr	<ul style="list-style-type: none"> ▪ s. SNN 2050 ▪ Ermöglichen von Veloschnellrouten und Kapazitätseinschränkung MIV auf städtischem Gebiet (v.a. Kanton) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ s. SNN 2050 ▪ Umverteilung von Kapazitäten anstatt Neubau 	Kapazitätsdiskussion mit Kanton und damit verbunden das Risiko, dass der Veloroutenausbau neue Infrastrukturen braucht und damit zusätzliche LCA Emissionen auslöst.
Flottenstandardisierung und maximale Rezyklierbarkeit der Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flottengrenzwerte Bund und stärkere Berücksichtigung der Fahrzeuggrösse ▪ Forschungsprogramme zur Rezyklierbarkeit von Materialien im Fahrzeugbau in Richtung klimaneutrale Fahrzeugproduktion ▪ Eigene Beschaffungsvorschriften, insbesondere auch im Bahnbereich 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Standardisierung der Flotte in Beschaffungsprogrammen ▪ Anforderungen an klimaneutrale Produktion bei Beschaffungsvorgängen ▪ Bevorzugung von Kleinfahrzeugen in der städtischen Parkierungspolitik 	Da der Grossteil des Fahrzeugbaus ausserhalb der Schweiz stattfindet, sind internationale Ansätze (Forschung, Entwicklung, Umsetzung in Vorgaben) von entscheidender Relevanz. Entsprechend müssen die CH-Akteure auf EU-Ebene aktiv werden.
Klimaneutraler Tiefbau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bundes- und kantonale F&E-Programme zur Entwicklung und Einsatz von klimaneutralen Prozessen und Materialien ▪ Vorgaben für den Tiefbau auf kantonaler und Bundesebene 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eigene F&E Programme und eigene Vorgaben, auch im Rahmen der Beschaffungsprozesse 	Die Ansätze stecken erst in den Anfängen und sind auf allen staatlichen Ebenen relevant.
City-Logistik auf höchste Treibhausgaseffizienz auslegen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlagerungspolitik des Bundes und des Kantons ▪ City Logistik-Ansätze, Unterstützung Cargo sous terrain 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umsetzung der städtischen Strategie Güterverkehr mit der Förderung Bahnverlad 	Cargo sous terrain oder ein Bahnausbau mit Verladeanlagen haben selbst auch wieder LCA-Emissionen zur Folge

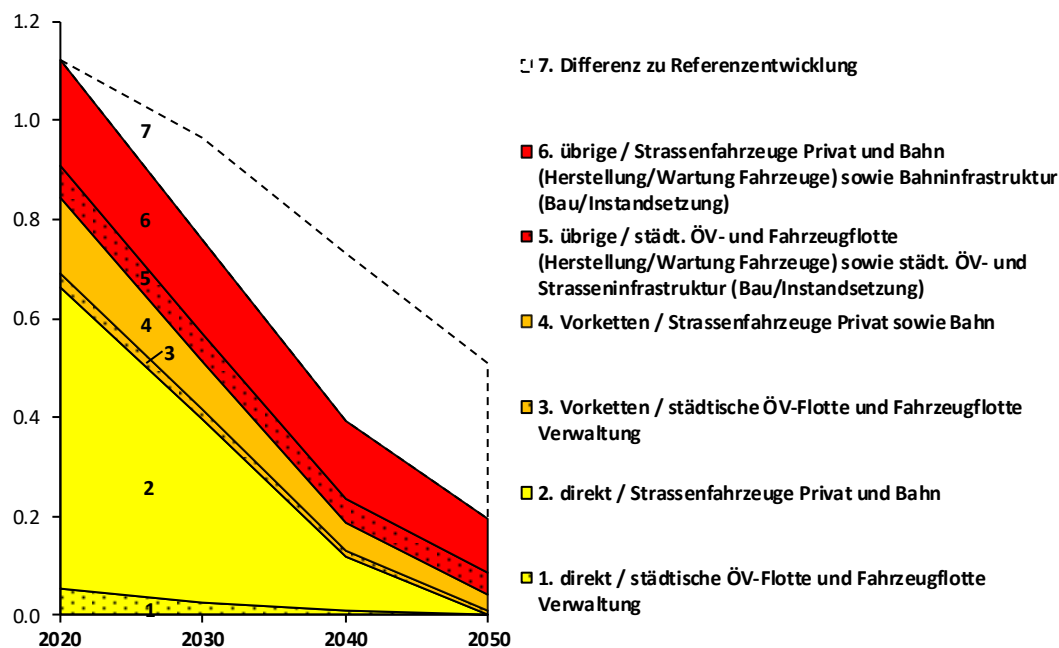
Tabelle INFRAS/Quantis

4.7.4. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

In folgender Abbildung 16 illustrieren wir die Treibhausgasentwicklung für ein Szenario SNN 2050 PLUS, in dem der Übergang und die Zielerreichung gemäss Zielbilddefinition (Kapitel 4.7.2) mit den im Kapitel 4.7.3 beschriebenen Handlungsansätzen maximal forciert wird.⁸³

Abbildung 16: Personen- und Güterverkehr auf Stadtgebiet im Szenario SNN 2050 PLUS

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die energiebedingten Emissionen (gelb, orange) sowie alle übrigen Emissionen (rot) inkl. Vorprozesse Produktion Fahrzeuge und Infrastruktur im Szenario SNN 2050 PLUS. Die Abbildung zeigt die Entwicklung, wenn in der Stadt die visionären Zielbilder gemäss Kapitel 4.7.2 bis 2050 erreicht werden. Zur Information grenzen wir hier wiederum jene Anteile ab, auf die die Stadt Zürich (theoretisch) direkten Einfluss nehmen kann (gepunktete Flächen). Berechnungen und Detailnahmen vgl. Anhang Kap 11.4.2 sowie Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Die Abbildung zeigt, dass mit zusätzlichen Anstrengungen zur Senkung der motorisierten Mobilität und eine konsequente Ausrichtung die indirekten Emissionen durch Vorprozesse im Bereich Flotte und Infrastruktur gegenüber der Referenzentwicklung in etwa halbiert werden können.

⁸³ Das entsprechende Rechenmodell inklusive aller quantitativen Annahmen ist im Anhang Kapitel 11.4.2 dargestellt. Für weitergehende Informationen – insbesondere zu Quellen und Kommentaren seitens INFRAS/Quantis – ist das Excel-Modell zu konsultieren.

Welchen Anteil kann die Stadt Zürich als Akteurin leisten?

Der grösste Beitrag leistet die Stadt, indem sie die skizzierten Policy-Ansätze zur Senkung der direkten Emissionen umsetzt. Der Beitrag zur Senkung der LCA-Emissionen im Fahrzeugbau und im Tiefbau dürfte erst mittelfristig relevant sein. Trotzdem ist das Potenzial (v.a. im Tiefbau) gross.

5. Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen, F-Gase – Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet

5.1. Einleitung

In diesem Kapitel werden alle energiebedingten Rest-Emissionen abgedeckt, d.h. diejenigen, die nicht durch die Gebäude, den Strassen- oder Luftverkehr verantwortet werden und folglich in den Kapiteln 3, 4 und 6 nicht behandelt sind. Da das Netto-Null-Ziel gemäss Pariser Klimaabereinkommen alle Treibhausgase erfasst, wird in diesem Kapitel auch die Treibhausgaswirkung durch F-Gas-Emissionen⁸⁴ erfasst, welche in der Einschätzung der Autoren für das Territorium der Stadt Zürich die bedeutendste Quelle von nicht-CO₂-Treibhausgasen darstellt.

Für diesen Emissionsbereich kommt ausschliesslich die Territorialperspektive zur Anwendung. Die Perspektive der Stadt als Akteurin bilden wir nicht separat ab, weil die von der städtischen Verwaltung und den städtischen Werken verantworteten Rest-Treibhausgasemissionen im Vergleich zu ihren Emissionen aus Gebäuden und Verkehr vernachlässigbar klein sind.⁸⁵

In diesem Kapitel ist **wichtig zu berücksichtigen**, dass die energiebedingten direkten Emissionen von Industrie- und Gewerbebetrieben im Zusammenhang mit dem gebäudebezogenen Endenergieverbrauch für **Raumwärme- und Warmwasserversorgung, die damit verbundenen Vorketten, sowie die vor- und nachgelagerten Prozesse des Bauens und der Geräte bereits im Kapitel 3 abgedeckt** sind.

Relevant sind in diesem 5 folgende Emissionsquellen:

- energiebedingte Emissionen durch den Endenergieverbrauch zur Bereitstellung von Prozesswärme (Direktbefeuerung, Dampf, Heisswasser mit fossilen Energieträgern und Strom),
- energiebedingte Emissionen aus dem «non-road» Maschinenpark (z.B. mit Benzin/Diesel/elektrisch betriebene Gabelstapler, Baumaschinen und Aggregate),
- Emissionen von F-Gasen aus Kälteanlagen, Klimaanlage und Wärmepumpen (alle Sektoren, inkl. Gebäudebereich und Verkehr),
- Emissionen von F-Gasen in weiteren technischen Anwendungen.⁸⁶

⁸⁴ Der Begriff «F-Gase» steht für fluorierte Treibhausgase und ist ein Sammelbegriff für teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoff (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃).

⁸⁵ Genaue Angaben zu den Restemissionen der städtischen Verwaltung und Werke liegen uns nicht vor. Die relevantesten Emissionsquellen dürften die Emissionen der F-Gase (z.B. aus Kälteanlagen und Schaltanlagen) und die Vorketten des Stromverbrauchs der Werkhöfe und -stätten von ewz, E360° und ERZ sein. Zur Einordnung: Das ewz weist für ein typisches Jahr Emissionen aus Schaltanlagen (SF₆) und Kälteanlagen von einigen 100 t CO₂-Äqu. aus (mündl. Information G. Emch). Damit sind diese Emissionen um Grössenordnungen geringer als z.B. die Emissionen der durch ewz erbrachten Energiedienstleistungen, die mehrere zehntausend Tonnen pro Jahr betragen.

⁸⁶ Z.B. als Schutzgas bei der Halbleiterherstellung und bei Giessverfahren, Lösungs- und Reinigungsmittel in industriellen Prozessen, Lichtbogenlöschung in elektrischen Schaltanlagen.

In der Stadt Zürich sind im Industrie- und Gewerbebereich nur die folgenden drei Branchen relevant für die Prozessenergie- und F-Gas-Emissionen:⁸⁷

- Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln,
- Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern,
- Gross- und Detailhandel, Gastronomie (nur relevant für F-Gase wegen Kühlbedarf).

Nach unserer Einschätzung sind die Emissionen aus fossilen Energieträgern für Prozessenergiezwecke in der Stadt Zürich sehr klein und werden deshalb im quantitativen Modell vernachlässigt. Diese Einschätzung basiert darauf, dass auf dem Territorium der Stadt Zürich (exkl. Hotels und Gastgewerbe) nur rund ein Dutzend Unternehmen eine Zielvereinbarung mit Befreiung von der CO₂-Abgabe abgeschlossen haben. Die meisten davon sind nach unserem Wissen v.a. wegen den Emissionen aus der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser in einer CO₂-Zielvereinbarung. Nur einzelne dieser Betriebe (z.B. Schlachtbetriebe und Chemieunternehmen) dürften mehr als hundert Tonnen CO₂ pro Jahr an «echten» Prozessemissionen aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern aufweisen. Auch die Verwendung von Erdgas für den Kochprozess in Hotel- und Gastrobetrieben ist nach unserer Einschätzung von den absoluten Mengen her wenig relevant, weil inzwischen viele Betriebe auf Induktionsherde umgestellt haben.

Emissionen und Senkenpotenzial der Land- und Forstwirtschaft, durch Landnutzung und Landnutzungsänderungen (LULUCF⁸⁸) und Einsatz von Holz als Baustoff

Gemäss der Beschäftigtenstatistik der Stadt Zürich gibt es im primären Sektor aktuell je rund 80 Vollzeitäquivalente bei Landwirtschaft/Jagd und Forstwirtschaft. Zusammen sind dies rund ein halbes Promille aller Beschäftigten. Die energiebedingten Emissionen der Land- und Forstwirtschaft liegen heute gemäss dem Emissionskataster der Stadt Zürich bei rund 900 t CO₂-Äqu. pro Jahr und sind damit im Vergleich zu den Gesamtemissionen unbedeutend.

Eine potenziell grössere Relevanz könnten die Emissionen durch Landnutzung und Landnutzungsänderung in Land- und Forstwirtschaft haben. Es gibt rund 30 Landwirtschaftsbetriebe auf Stadtgebiet, die 810 ha landwirtschaftliches Land nutzen. Dies sind rund 10% der Gesamtfläche der Stadt. Zudem ist rund ein Viertel der Stadtfläche von Wald bedeckt. Die Waldfläche in der Stadt Zürich ist seit einiger Zeit stabil und es sind keine wesentlichen Flächenveränderungen durch Aufforstung oder Entwaldung zu erwarten. Auf diesen Flächen

⁸⁷ Eigene Einschätzung INFRAS auf Basis der Branchenangaben in Statistisches Jahrbuch der Stadt Zürich 2019, Tabelle T_3.1.2. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/prd/Deutsch/Statistik/Publikationsdatenbank/jahrbuch/2019/Tabelle/T_JB_2019_3_1.xlsx

⁸⁸ Land Use, Land Use Change and Forestry

können durch die wirtschaftliche Nutzung und durch Nutzungsänderungen Emissionen entstehen, je nach Bewirtschaftung können sie aber auch eine Senkenfunktion übernehmen und CO₂ aus der Luft im Boden und in der Biomasse speichern.

Die Bedeutung der Landwirtschafts- und der Forst-Flächen als Emissionsquellen ist mit Emissionen von rund 4'000 t CO₂-Äqu. pro Jahr sehr klein (AWEL 2015). Im Vergleich zu den energiebedingten Emissionen sind das weniger als 0.2 Prozent. Die Potenziale zur Nutzung dieser Flächen als Senken zur CO₂-Entfernung sind in einem separaten Bericht untersucht und zusammengefasst (INFRAS/Perspectives 2020). Die Grössenordnungen der mit den verschiedenen Ansätzen erreichbaren Menge an CO₂-Entfernung sind sehr unterschiedlich. Die mit Abstand grössten Potenziale auf dem Territorium der Stadt Zürich liegen bei der Kombination von Abscheidung von CO₂ und Speicherung im Untergrund (Carbon Capture and Storage) mit der Nutzung von Biomasse für die Energiegewinnung oder der Verwertung von Abfällen in Kehrrechtverbrennungsanlagen. Dieser Ansatz hat für den Perimeter der Stadt Zürich ein theoretisches Senkenpotenzial von mehreren hunderttausend Tonnen CO₂ pro Jahr. Demgegenüber weist die Anwendung von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft und der langfristige Aufbau von Humus in landwirtschaftlichen Böden nur ein kleines Potenzial von wenigen hundert Tonnen CO₂ pro Jahr auf und ist daher vernachlässigbar. Dazwischen liegt das Potenzial der Nutzung von Holz als Baumaterial mit einigen Tausend Tonnen CO₂ pro Jahr.

Perspektive der Stadt als Akteurin

Die Stadt Zürich besitzt rund 60 Prozent der Waldfläche und ist Besitzerin eines Drittels der Landwirtschaftsbetriebe, die sie vorwiegend verpachtet. Damit hat sie einen grossen Hebel, um diese Flächen klimafreundlich zu bewirtschaften, allerdings sind die erzielbaren Minderungs- und Senkenleistungen – wie oben dargestellt – von der absoluten Bedeutung her gesehen sehr klein.

5.2. Referenzentwicklung

Für die Referenzentwicklung bis ins Jahr 2050 gelten im Bereich Prozessenergie und F-Gase folgende Annahmen:

- Die Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Energien für die Bereitstellung von Prozesswärme reduzieren sich gegenüber 2020 um 35 Prozent⁸⁹ reduziert. Dies ist eine Folge der Effizienzfortschritte, der Dekarbonisierung des Gasnetzes und der fortschreitenden Umstellung auf erneuerbare Energieträger. Diese Emissionen sind im Verhältnis zu den gesamten Emissionen auf Stadtgebiet weiterhin auf einem vernachlässigbaren Niveau.

⁸⁹ Angelehnt an Energieperspektiven 2050 des Bundes, Zusammenfassung, Tab. 9 (BFE 2013).

- Der prozessbedingte Stromverbrauch von Industrie und Gewerbe ist rund 20 Prozent tiefer als 2020.⁹⁰
- Die Treibhausgaswirkung der F-Gas-Emissionen aus industriellen und gewerblichen Kälteanlagen und Wärmepumpen reduziert sich bis 2050 pro Kopf um 80 Prozent.⁹¹

Unter diesen Annahmen sinken die Emissionen in der Referenzentwicklung vom Ausgangswert von rund 0.3 t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn im Jahr 2020 bis zum Jahr 2050 um rund 65 Prozent auf 0.1 t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn.

5.3. Zielbild

Das Zielbild orientiert sich an der Vorgabe für unsere Analyse, dass im Jahr 2050 keine direkten energiebedingten Emissionen mehr auf Stadtgebiet erfolgen. Für die **Bereitstellung von Prozesswärme** kommen nur noch die folgenden Energieträger und Technologien zum Einsatz:

- Tieftemperatur-Prozesswärme (bis 100 °C): Fernwärme, Hochtemperatur-Wärmepumpen,
- Mitteltemperatur-Prozesswärme (100 - 500 °C): Biomasse- und Biogas-Feuerungen, elektrische Wärmeerzeuger (direkt oder mit Thermoölkreislauf),
- Hochtemperatur-Prozesswärme (ab 500 °C): Mit Biogas- oder synthetischen Brennstoffen aus erneuerbaren Energien betriebene Feuerungen.

Biogas und synthetischen Brennstoffe aus erneuerbaren Energien können grundsätzlich alle Temperaturbereiche abdecken. Aufgrund des beschränkten Potenzials mit Nutzungskonkurrenz zum Verkehrsbereich und den hohen Kosten werden sie aber nur für Prozesse eingesetzt, bei denen hohe Anforderungen an die Temperaturniveaus gelten und keine Niedertemperaturoptionen zur Verfügung stehen.

Folgende weiteren Eckpunkte zur Prozesswärme sind im Zielbild relevant:

- Die Prozesse sind deutlich effizienter als im Jahr 2020. Der realisierte Effizienzgewinn wird allerdings durch die höhere Wirtschaftsleistung teilweise kompensiert. Insgesamt liegt der prozessbezogene Endenergieverbrauch nur rund 35% tiefer als 2020.⁹²
- Der Hauptanteil der Dekarbonisierung wird über den erfolgten Energieträgerwechsel geleistet.
- Der absolute Strombedarf der industriellen und gewerblichen Prozesse liegt rund 35 Prozent tiefer als im Jahr 2020. Dies, weil vermehrt flexible Produktionsprozesse zum Einsatz kommen, thermische Verfahren durch mechanische Verfahren mit erhöhter Effizienz ersetzt

⁹⁰ Angelehnt an Energieperspektiven 2050 des Bundes, Zusammenfassung, Tab. 10 (BFE 2013).

⁹¹ Ausgangswert ist der Pro-Kopf-Wert von 0.166 t CO₂-Äqu. gemäss schweizerischem Treibhausgasinventar; Absenkpfad angelehnt an die Ziele der [EU-Verordnung Nr. 517/2014 über fluorierte Treibhausgase](#).

⁹² angelehnt an Energieperspektiven 2050 des Bundes, Zusammenfassung, Tab. 7 (BFE 2013).

wurden und Strom in speziellen Anwendungen auch direkt für die Wärmeerzeugung eingesetzt wird.

Der «**non-road**» **Maschinenpark** wird ausschliesslich elektrisch betrieben. Damit fallen keine direkten CO₂-Emissionen mehr an.

Die Industrie- und Gewerbebetriebe haben zwar insgesamt mehr Kälteanlagen und installierte Kälteleistung, die **Treibhausgaswirkung der F-Gas-Emissionen** liegen aber um 90 Prozent tiefer als im Jahr 2020.⁹³ Dies, weil durch den Bund und international bedeutende Anstrengungen unternommen wurden, F-Gase mit hohem Treibhausgaspotenzial zu verbieten oder zu regulieren und weil inzwischen für fast alle Anwendungen klimafreundliche, technisch effiziente Kältemittel zur Verfügung stehen. Die Anwendung von Ammoniak, CO₂ und Kohlenwasserstoffen als Kältemittel ist inzwischen eine Standardlösung, die von der Effizienz her in den wichtigsten Anwendungen gleichwertig oder besser als die F-Gase-Kältemittel sind.

5.4. Handlungs- und Politikmassnahmenansätze

Die Handlungs- und Politikmassnahmenansätze ergeben sich direkt aus dem im Kapitel 5.3 definierten Zielbild. Es gibt keine eigentlichen Schlüsselmassnahmen im Handlungsbereich der städtischen Politik. Die entsprechenden Regulierungen liegen im Wesentlichen im Kompetenzbereich des Bundes (ChemRRV für F-Gase, CO₂-Abgabe, Zielvereinbarungen für Industrie und Gewerbe). Der Kanton hat primär eine Vollzugsrolle, insbesondere bei den Zielvereinbarungen mit der Industrie. Trotzdem kann die Stadt einen Beitrag leisten. Mögliche Ansätze sind in Tabelle 22 aufgeführt.

⁹³ Annahme INFRAS, dass eine weitere Halbierung gegenüber den EU-Zielen bis 2035 gemäss F-Gase-Verordnung möglich ist.

Tabelle 22: Handlungsansätze zur Reduktion der Emissionen im Bereich Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen, F-Gase

Handlungsansatz	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene	Ansätze für städtische Politikmassnahmen	Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte
Reduktion der Prozessenergiebedingten Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kanton: Verbindliche Vorgaben zur Minimalqualität des Stroms mit Anforderung, dass nur erneuerbar erzeugter Strom zugelassen ist (inkl. Verbraucher im freien Markt) ▪ Bund: Erhöhung der CO₂-Abgabe auf Brennstoffe und Verschärfung der Anforderungen an Zielvereinbarungen mit Abgabebefreiung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konsequente Dekarbonisierung des ewz-Stromliefermix ▪ Direkter «Klima-Dialog» mit den wichtigsten Emittenten des Sektors Industrie/Gewerbe ▪ Punktuelle finanzielle Unterstützung für Pilotprojekte 	<p>+ Die Industrie ist bereits sehr aktiv + Grössere CO₂-Emittenten sind in Zielvereinbarungen mit Bund oder Kanton eingebunden</p> <p>- Primat der Wirtschaftlichkeit - Kurze Amortisationsdauern gefordert</p>
Reduktion der Treibhausgaswirkung von F-Gasen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ International: Weiterentwicklung des Montrealer Protokolls zum Schutz der Ozonschicht und Verschärfung der THG-relevanten Anforderungen mit internationalen Reduktionszielen für F-Gase bis 2050 ▪ Bund: Konsequente Weiterentwicklung der ChemRRV mit Ziel eines Verbots von F-Gasen mit hohem Treibhausgaspotenzial ▪ Bund: Besteuerung aller F-Gase anhand ihrer Klimawirkung 	<p>Handlungsoptionen beschränken sich auf die Stadt als Eignerin:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verzicht auf Beschaffung von Kälte- und Klimaanlageanlagen und Wärmepumpen mit Kältemitteln mit einem Treibhausgaspotenzial (GWP) über 50 ▪ Weiterführung der Strategie ewz zur Reduktion der SF₆-Emissionen aus Schaltanlagen 	<p>+ Internationale Regulierung ist bereits beschlossen und wurde in Etappen verschärft + Erste europäische Länder haben klimawirkungsbezogene Abgaben auf F-Gase eingeführt</p> <p>- Anlagen haben z.T. lange Lebensdauer - Entscheid für Kältemittel muss aus einer Gesamtsicht mit Einbezug der Vorketten des Strombedarfs erfolgen - Für gewisse Anwendungen stehen zurzeit keine technisch gleichwertigen Alternativen mit tiefem Treibhausgaspotenzial zur Verfügung</p>
Reduktion der non-Road Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bund: Erhebung einer CO₂-Abgabe auf Treibstoffe ▪ Bund/Kanton: Finanzielle Förderung des Umstiegs auf elektrische Antriebe 	<p>Handlungsoptionen beschränken sich auf die Stadt als Eignerin:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Konsequente Dekarbonisierung der non-Road Emissionsquellen im eigenen Besitz (z.B. Baumaschinen, Generatoren, Laubbläser) über Elektrifizierung oder Einsatz von Biogas oder synthetischen Brennstoffen 	<p>+ Elektroantriebe werden wirtschaftlicher und für immer mehr Anwendungen verfügbar</p> <p>- Instrumente des CO₂-Gesetzes und des Kantons greifen wenig im non-Road-Bereich</p>

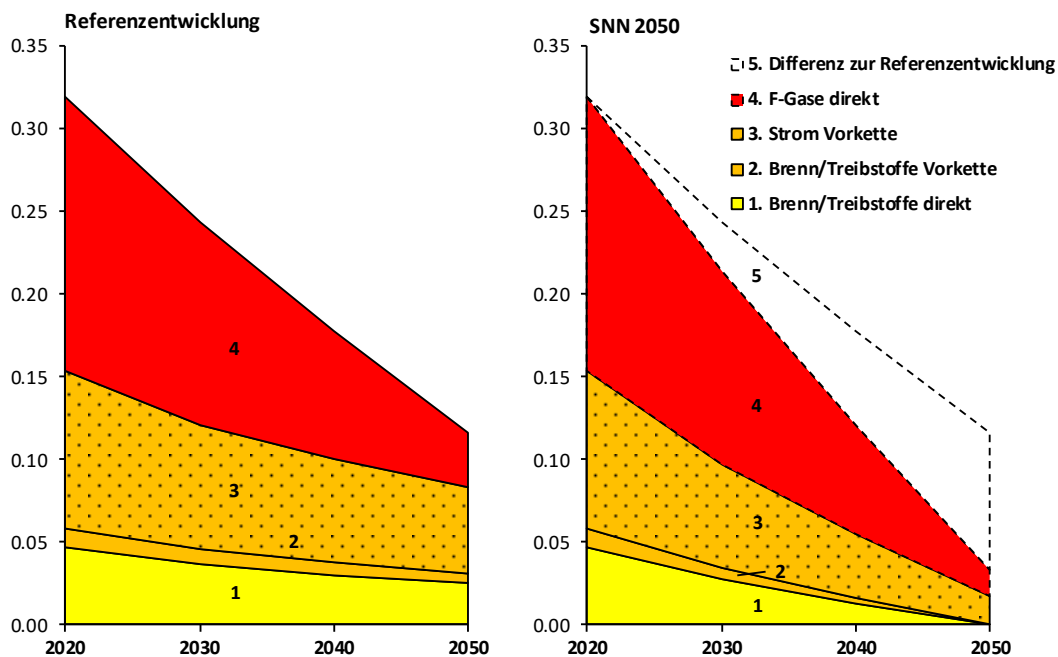
Tabelle INFRAS/Quantis

5.5. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Mit den oben erwähnten Handlungsansätzen können im Zielszenario die Treibhausgasemissionen pro Kopf für Emissionen durch Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen und F-Gase im Jahr 2050 um über 90 Prozent gegenüber 2020 (von 0.3 auf 0.02 t CO₂-Äqu. pro Kopf) reduziert werden. Gegenüber der Referenzentwicklung entspricht dies einer Reduktion der Pro-Kopf-Emissionen um rund drei Viertel, allerdings auf vergleichsweise tiefem absolutem Niveau gegenüber den emissionsstarken Bereichen Gebäude und Verkehr. Die Differenz zur Referenzentwicklung ist zu rund der Hälfte auf die energiebedingten Emissionen zurückzuführen und zu je rund einem Viertel auf die Vorketten des Stroms und die F-Gase.

Abbildung 17: Entwicklung der Prozessemissionen, Restemissionen und THG-Wirkung F-Gase

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die energiebedingten Emissionen (gelb, orange) und die Treibhausgaswirkung von F-Gasen (rot). Letztere sind anhand der Schweizer Pro-Kopf-Werte gemäss dem nationalen Treibhausgasinventar abgeschätzt.

Modellierung und Grafik INFRAS. Quelle: Eigene Berechnungen, Energieperspektiven 2050 (Prognos 2013), Schweizer Treibhausgasinventar (BAFU 2020).

6. Luftverkehr

6.1. Einleitung

Im Zivilluftverkehr (im weiteren Luftverkehr genannt) werden der Passagier- und der Frachtverkehr unterschieden. Im Passagierverkehr, der hier im Vordergrund steht, sind primär folgende Segmente und Differenzierungen relevant:

- Privatreiseverkehr und Geschäftsreiseverkehr,
- Kurzstrecken- und Langstreckenverkehr: Im Wesentlichen gelten Kontinentalflüge als Kurzstreckenflüge und Interkontinentalflüge als Langstreckenflüge,
- Incoming- und Outgoing-Passagiere: Der Flughafen Zürich wird sowohl von Inländern genutzt, die eine Reise ab der Schweiz ins Ausland unternehmen (Outgoing-Passagiere), wie auch von Ausländern, die die Schweiz aus privatem oder geschäftlichem Grund besuchen (Incoming Passagiere).

Die verschiedenen Segmente lassen sich unterschiedlich gut substituieren: Kurzstreckenflüge bis ca. 600–700 km weisen eine schlechtere Klimabilanz auf als dieselben Reisen per Zug, Reisebus oder Personenwagen mit einer Belegung von mehr als zwei Personen (vgl. z.B. INFRAS und Fraunhofer ISI 2010).⁹⁴ Bei Langstreckenflügen ist die Verlagerbarkeit kaum gegeben. Hier liegen die Hebel zu geringeren Treibhausgasemissionen v.a. im technischen Fortschritt (Effizienz), in der Vermeidung von Flugreisen (Suffizienz) und in der preislichen Lenkung (Luftverkehrsabgabe). Bezüglich des technischen Fortschrittes sind im Linien- und Charterverkehr kurzfristig nur kleinere Optimierungen der Treibstoffverbrennung (Kerosin) zu erwarten. Batterieelektrische Flugzeuge oder Flugzeuge mit Wasserstoffantrieb sind noch weit von der Marktreife entfernt, insbesondere in den Fluggerätkategorien, die für den Linien- und Charterverkehr relevant sind. Kurz- bis mittelfristig bieten sich deshalb synthetische Kraftstoffe und Biotreibstoffe als einzige technologische Variante für signifikante Reduktionen der CO₂-Emissionen durch die Luftfahrt an (BAZL 2020). Wichtig ist zu betonen, dass die Luftfahrt nicht nur aufgrund ihres CO₂-Ausstosses eine Klimawirkung hat: Durch die Verbrennung von Treibstoff in grossen Höhen entstehen weitere Effekte (sogenannte Non-CO₂-Effekte⁹⁵), die den Treibhausgaseneffekt der Luftfahrt in etwa verdoppeln.⁹⁶ Diese bleiben grösstenteils auch beim Einsatz von syntheti-

⁹⁴ Vgl. auch mobitool 2016: mobitool-Faktoren 2.0. <https://www.mobitool.ch/de/tools/mobitool-faktoren-25.html>

⁹⁵ Die Emissionen von SO₂, NO_x und Russ führen zu einem direkten Strahlungsantrieb durch Reflexion von Sonnenstrahlung oder Absorption von Wärmestrahlung. Zudem bewirken diese Komponenten Veränderungen bei der Ozonkonzentration oder führen – zusammen mit ebenfalls emittiertem Wasserdampf oder Wasserdampf der Umgebungsluft – zur Bildung von Kondensstreifen und hohen Wolken, was zusätzlichen, indirekten Einfluss auf das Klima hat (Akademien Schweiz 2020).

⁹⁶ Die aktuelle Forschung zu den Non-CO₂-Effekten des Luftverkehrs zeigt, dass der Zusammenhang zwischen CO₂-Emissionen und Non-CO₂-Effekten des Fliegens nicht linear ist. Der Faktor 2 wird hier – wie heute vielfach - vereinfachend verwendet. 2 gilt als konservativer Wert. Heute werden typischerweise Faktoren zwischen 2 und 3 angewendet (vgl. z.B. Akademien Schweiz 2020).

schen Treibstoffen bestehen. Das Problem der Non-CO₂-Effekte der Luftfahrt wird durch den Einsatz von synthetischen Kraftstoffen («Power to Liquid», bzw. «Power to Kerosin») noch nicht gelöst.

6.2. Referenzentwicklung

Die Referenzentwicklung startet im Jahr 2020. Analog zu den anderen Kapiteln berücksichtigen wir die insbesondere bei der Luftfahrt sehr starken Effekte von COVID-19 nicht, sondern stützen auf das Jahr 2019 ab. Der Startpunkt der Referenzentwicklung bildet der durchschnittliche Energieverbrauch im Luftverkehr pro Jahr und EinwohnerIn der Stadt Zürich. Aktuell gibt es keine verlässlichen Daten, wie sich die Luftverkehrsnachfrage in der Schweiz nach Regionen unterscheidet. Deshalb wird der schweizerische Durchschnitt pro EinwohnerIn als Ausgangswert verwendet, der auf dem Absatzprinzip basiert.⁹⁷

Neben den weiter unten behandelten regulatorischen Entwicklungen sehen wir zwei gegensätzliche Haupttreiber der Referenzentwicklung: Das Passagierwachstum, das die Emissionen erhöht und den technischen Fortschritt, der emissionsmindernd wirkt.

▪ Passagierwachstum:

Die Nachfrageprognose für den Luftverkehr des BAZL (Intraplan 2015) geht von 2015 bis 2030 von einem jährlichen Passagierwachstum von 3.1% aus. Eine ähnliche Grössenordnung unterstellt auch das Luftverkehrskonzept des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur für denselben Zeitraum in Deutschland (+3.0% pro Jahr). Etwas zurückhaltender sind neuere Prognosen wie beispielsweise jene der ICAO.⁹⁸ Sie erwartet für die reifen Luftverkehrsmärkte in Europa (insb. Intra-Europaverkehr, Transatlantikverkehr) von 2015 bis 2045 ein Wachstum von 2.5% pro Jahr. In den noch weniger stark entwickelten Märkten (insb. Europa-Asien, Europa-Südamerika, Europa-Ozeanien) wird im selben Zeitraum ein jährliches Wachstum im Bereich von 4.0% bis 4.4% erwartet. Dabei ist das erwartete Wachstum in der letzten Dekade (2035-2045) geringer als in der Dekade von 2025-2035 (ICAO 2018). Etwas vorsichtiger als die ICAO ist die IATA⁹⁹, die für Deutschland von 2018 bis 2038 ein jährliches Passagierwachstum von rund 2% prognostiziert (IATA 2019). Die Auswirkungen der Klimastreikbewegung und die Effekte von COVID-19 dürften die Wachstumsaussichten der Luftfahrt noch etwas schmälern. Diese Effekte sind in dieser Prognose noch nicht berücksichtigt. Vor diesem Hintergrund unterstellen wir ein Passagierwachstum von 2.25% pro Jahr für die Referenzentwicklung in der Schweiz.

⁹⁷ Dabei wird der gesamte Absatz von Flugtreibstoff eines Jahres in der Schweiz durch die Anzahl EinwohnerInnen geteilt.

⁹⁸ ICAO: International Civil Aviation Organisation

⁹⁹ IATA: International Air Transport Association

- Technischer Fortschritt: Wir unterstellen, dass die Luftfahrt ihr selbst gestecktes Ziel erreicht, die Treibstoffeffizienz jährlich um 1.5% zu erhöhen. Mit Blick in die Vergangenheit scheint dies realistisch zu sein. So konnte z.B. die deutsche Flugzeugflotte ihre Effizienz zwischen 1990 und 2018 im Durchschnitt um 2.0% pro Jahr erhöhen (BDL 2019).

Unter Berücksichtigung der erwarteten Entwicklung der zentralen Treiber ergibt sich ein Wachstum der Treibhausgasemissionen des Luftverkehrs um 0.75% pro Jahr. Bis ins Jahr 2050 würden damit die Emissionen ohne weitergehende regulatorische Eingriffe gegenüber 2019 um 25% wachsen. In den vorangegangenen 10 Jahren (2008–2018) erhöhten sich die Emissionen des Luftverkehrs um 32%.¹⁰⁰

Auf nationaler regulatorischer Ebene unterstellen wir, dass in der Referenzentwicklung eine Luftverkehrssteuer eingeführt wird, die die Nachfrage ab 2030 um 10% reduziert. Zudem werden die Flughäfen bis ins Jahr 2050 treibhausgasneutral betrieben (siehe Flughafen Zürich 2019 «Reduktionsziele»). Zudem nehmen wir an, dass im Luftverkehr ab 2030 Beimischungsquoten für Biotreibstoff bzw. synthetische Treibstoffe bestehen. In der Modellrechnung ist unterstellt, dass 2030 5%, 2040 12.5% und 2050 20% fossilfreie Treibstoffe im Luftverkehr eingesetzt werden müssen. Dies führt über die Jahre zu einem allmählichen Anstieg der Treibstoffkosten und einer damit einhergehenden allmählichen Nachfrageminderung.

International verpflichtet das CORSIA-Kompensationssystem¹⁰¹ die Fluggesellschaften, ab dem 1.1.2021 ihre auf internationalen Flügen entstandenen CO₂-Emission auszugleichen, welche über dem Emissionsniveau von 2020 liegt.¹⁰² Die Kompensation erfolgt durch den Kauf von Emissionszertifikaten, die eine CO₂-Reduktion in Höhe der emittierten Menge nachweisen.

Aus den dargelegten Annahmen zur Referenzentwicklung ergeben sich luftverkehrsbedingte THG-Emissionen, welche im Jahr 2050 (ohne Non-CO₂-Effekte) rund 4% unter jenen des Jahres 2019 liegen. Für die Kennzahl der Emissionen pro EinwohnerIn der Stadt Zürich bedeutet das eine Minderung um 22% auf 1.1 t CO₂-Äqu. (inkl. Non-CO₂-Effekte) bzw. 0.6 t CO₂-Äqu. (ohne Non-CO₂-Effekte) bis 2050. Zwar gehen wir in der Referenz davon aus, dass die Trendnachfrage nach Flügen noch etwas stärker wächst als die Effizienz der Flugzeuge. Zusammen mit der unterstellten Beimischungsquote von fossilfreien Treibstoffen resultiert pro Kopf die genannte Abnahme der luftverkehrsbedingten Emissionen.

¹⁰⁰ Daten BAZL Zivilluftfahrtstatistik (Tabelle T7.1) basiert auf in der Schweiz getanktem Treibstoff.

¹⁰¹ «Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation», das von der ICAO (International Civil Aviation Organization) weltweit eingeführt und von allen 191 ICAO-Mitgliedsländern im Oktober 2016 genehmigt wurde. In der Schweiz trat CORSIA im Herbst 2018 in Kraft.

¹⁰² Massgebend sind die internationalen Flüge, die zwischen den CORSIA-Teilnehmerstaaten durchgeführt werden.

6.3. Zielbild

Das Zielbild orientiert sich an einem CO₂-neutralen Luftverkehr im Jahr 2050. Daher unterstellen wir, dass im Jahr 2050 der Luftverkehr vollständig mit erneuerbaren Treibstoffen (beispielsweise synthetischem Kerosin) betrieben wird. Das bedeutet, dass die direkten CO₂-Emissionen bis 2050 auf Null sinken. Die Non-CO₂-Effekte (Lee 2018, Righi et al. 2016, Jungbluth and Meili 2019, Cox and Althaus 2019), die nach wie vor bei der Verbrennung von synthetischem Treibstoff in grosser Höhe entstehen, fallen dagegen flugstreckenabhängig weiterhin in ähnlichem Umfang wie heute an.

Die Erwartungen, um welchen Faktor höher die Kosten von synthetischen Treibstoffen in 20–30 Jahren im Vergleich zu Kerosin sind, schwanken stark (im Bereich von Faktor 1.8 bis 6). Wir verwenden für die Berechnungen im Zielbild für den Luftverkehr einen unteren Wert von 2, den auch eine UBA-Studie vorschlägt¹⁰³, weil technische Lernkurven von neuen Technologien oft unterschätzt werden (z.B. Kostenprognosen Speichermedien IT, Batteriekosten E-Mobilität, Photovoltaik, etc.). Weil die Treibstoffkosten rund ein Drittel der Produktionskosten des Luftverkehrs ausmachen, bedingt der Einsatz von Power-to-Liquid (PtL) eine erhebliche Erhöhung der Flugpreise und eine merkliche Nachfragereduktion im 2050 von rund einem Drittel im Vergleich zur Referenzentwicklung. Im Jahr 2050 wird ausschliesslich mit PtL geflogen, der mit Strom aus erneuerbaren Quellen produziert wird.¹⁰⁴ Für die Jahre 2030 und 2040 haben wir unterstellt, dass Beimischungsquoten (Bio Fuels oder PtL) von 10% (2030) bzw. 25% (2040) bezogen auf den Energieverbrauch gelten. Dies führt auch mit den Jahren zu einem allmählichen Anstieg der Treibstoffkosten und einer damit einhergehenden allmählichen Nachfragereduktion über die betrachteten Jahrzehnte.

Die Ausführungen zeigen, dass im Luftverkehr bis 2050 die direkten CO₂-Emissionen stark reduziert werden können. Bei Einsatz von synthetischen Treibstoffen (aus erneuerbaren Quellen) können sie auf Null sinken. Das Problem der Non-CO₂-Effekte bleibt aber weitgehend proportional zur Luftverkehrsintensität bestehen, auch nach dem Umstieg auf PtL-Treibstoffe.

Bezogen auf die direkten CO₂-Emissionen ist bis 2050 also eine Reduktion auf 0 t CO₂ pro EinwohnerIn möglich. Unter Einbezug der Vorketten bei der Stromproduktion, welche für die Produktion von PtL eingesetzt wird, ergeben sich pro Kopf und Jahr 0.1 t CO₂-Äqu. 2050. Wenn die klimawirksamen Non-CO₂-Effekte des Luftverkehrs mit betrachtet werden, die auch bei Verbrennung von synthetischem Treibstoff in grosser Höhe anfallen, dann ist eine Reduktion auf

¹⁰³ siehe <https://www.klimaschutz-portal.aero/klimaneutral-fliegen/alternative-kraftstoffe/kerosin-aus-wasser-und-co2/> unter «Wasserverbrauch, Landnutzung und Kerosinpreis von PtL»

¹⁰⁴ Unter dem Begriff Power-to-Liquid (PtL) und Sun-to-Liquide (StL) versteht man unterschiedliche technische Prozesse, die alle die Herstellung klimaneutraler flüssiger Treibstoffe ermöglichen. Als Alternative können auch Sun-to-Liquid Treibstoffe eingesetzt werden. Wo in diesem Bericht von PtL gesprochen wird, ist als Alternative jeweils auch StL denkbar.

0.6 t CO₂-Äqu. bis 2050 erreichbar. Dies entspricht einer Abnahme gegenüber der Referenzentwicklung um 48% und gegenüber dem Wert 2019 einer Reduktion um 85%.

6.4. Handlungs- und Politikmassnahmenansätze

Wird unterstellt, dass ein gewisses Mass an Luftverkehr aus gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Sicht auch im Jahr 2050 erwünscht ist, stellt die Einführung treibhausgasneutraler Technologien die zentrale Herausforderung für das Erreichen eines CO₂-neutralen Luftverkehrs dar. Neben den Emissionen aus der Verbrennung von Treibstoffen sind dabei auch die Non-CO₂-Effekte zu berücksichtigen, die für sich genommen eine gleich starke Treibhausgaswirkung haben wie die direkten CO₂-Emissionen aus der Kerosinverbrennung. Der Luftverkehr wird er zu grossen Teilen durch internationale Gremien (insb. die ICAO) reguliert. Bereits der Handlungsspielraum für den Bund ist begrenzt. Die Stadt Zürich kann gemeinsam mit dem Kanton Zürich als wichtiger Mitbesitzer über den bestehenden Einsitz der Stadt Zürich im Verwaltungsrat der Flughafen Zürich AG auf den Luftverkehr einwirken.

Tabelle 23: Handlungsansätze zur Reduktion der Emissionen im Bereich Luftverkehr

Handlungsansatz	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene	Ansätze für städtische Politikmassnahmen	Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte
Einsatz von synthetischen Kraftstoffen (PtL und StL) im Luftverkehr	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bund/Kanton: Förderung der Forschung, die die Produktion von nachhaltigem synthetischem Kerosin zur Marktreife bringen will ▪ ICAO: Vorschrift zur Beimischung von nachhaltigem synthetischem Kerosin weltweit ▪ EU: Vorschrift zur Beimischung von nachhaltigem synthetischem Kerosin EU-weit ▪ Bund: Vorschrift zur Beimischung von nachhaltigem synthetischem Kerosin am Flughafen Zürich und Genf ▪ Airlines: Kunden können die Preisdifferenz für den Einsatz von synthetischem Kerosin gegenüber fossilem Kerosin übernehmen und die Airlines setzen entsprechend dem Treibstoffverbrauch der bezahlenden Passagiere synthetisches Kerosin ein 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusammen mit dem Kanton Förderung der Forschungsanstrengungen, die Produktion von nachhaltigem synthetischem Kerosin zur Marktreife bringen wollen ▪ Bei Flugreisen der Personen aus der städtischen Verwaltung wird - sofern von der Airline angeboten - die Option gewählt, dass der Treibstoffverbrauch mit synthetischem Kerosin gedeckt wird. (Alternative damit auf allen Flugreisen diese Option möglich ist: Der Treibstoffverbrauch wird abgeschätzt und mit der Swiss eine Vereinbarung getroffen, dass sie in dieser Menge synthetisches Kerosin tanken.) 	<p>- Kurzfristig ist eine industrielle Produktion von synthetischem Kerosin mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen noch nicht im grossen Stil möglich. Der Entwicklungsbedarf ist kostenintensiv. Die finanziellen Möglichkeiten der Stadt sind beschränkt.</p> <p>- Der Einsatz von nachhaltigem synthetischem Kerosin verteuert den Luftverkehr spürbar. Eine globale Vorschrift zur Beimischung von synthetischen Kraftstoffen dürfte insbesondere im Hinblick auf wirtschaftlich aufstrebende Länder schwierig sein. +/- Die Lufthansa bietet ihren Kunden bereits die Option an, ihren Treibstoffverbrauch mit synthetischem Kerosin zu decken. Zurzeit ist die Preisdifferenz zu herkömmlichem Kerosin jedoch so hoch, dass nur eine sehr geringe Anzahl Kunden diese Option wählen.</p>
Reduktion der Reisetätigkeit der Bevölkerung anregen	<p>Preisliche Anreize:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ICAO: Griffige Umsetzung von CORSIA sowie Erweiterung der unter CORSIA kompensierten CO₂-Emissionen ▪ EU: Wirksame Weiterentwicklung des EU-ETS für den Luftverkehr ▪ Bund: Einführung einer Flugticketabgabe 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informationskampagne zur Klimawirkung von Flugreisen 	<p>- Preisliche Anreize waren international jeweils stark umstritten und dürften dies auch in Zukunft bleiben. Der Handlungsspielraum der Nationalstaaten ist aufgrund von Bestimmungen in internationalen Verträgen beschränkt.</p> <p>+/- Informationskampagnen sind relativ einfach umsetzbar. Über deren Wirksamkeit ist bisher wenig bekannt.</p>
Anregung zur Verlagerung von Reisen unter 700 km auf Zug/Car, allf. MIV, sofern mind. 2 Personen gemeinsam reisen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bund/EU: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Investitionen in ein hochwertiges Hochgeschwindigkeitsschiennetz und entsprechenden Bahnangebote ▪ Bereitstellung eines hochwertigen Busangebotes im Fernverkehr ▪ Anbindung von wichtigen Flughäfen an Hochgeschwindigkeitsnetz der Bahn ▪ Nachtzugangebot stärken 		<p>+/- Eine Offensive für landgebundenen Verkehr im Bereich von 300 bis 700 km ist mit den entsprechenden finanziellen Mitteln nur im internationalen Verbund möglich. Es sind flankierende Massnahmen nötig, damit die Kunden das Angebot auch nutzen (z.B. Integration von Bahnangeboten in Flugreiseportale).</p> <p>Aktuell ist unklar, ob Nachtzüge gegenüber Flugzeugen weniger Treibhausgase verursachen (Strommix Bahnreise, graue Energie Rollmaterial). Eine solide Basis zur Beantwortung der Frage ist den Autoren dieser Studie nicht bekannt. Eine</p>

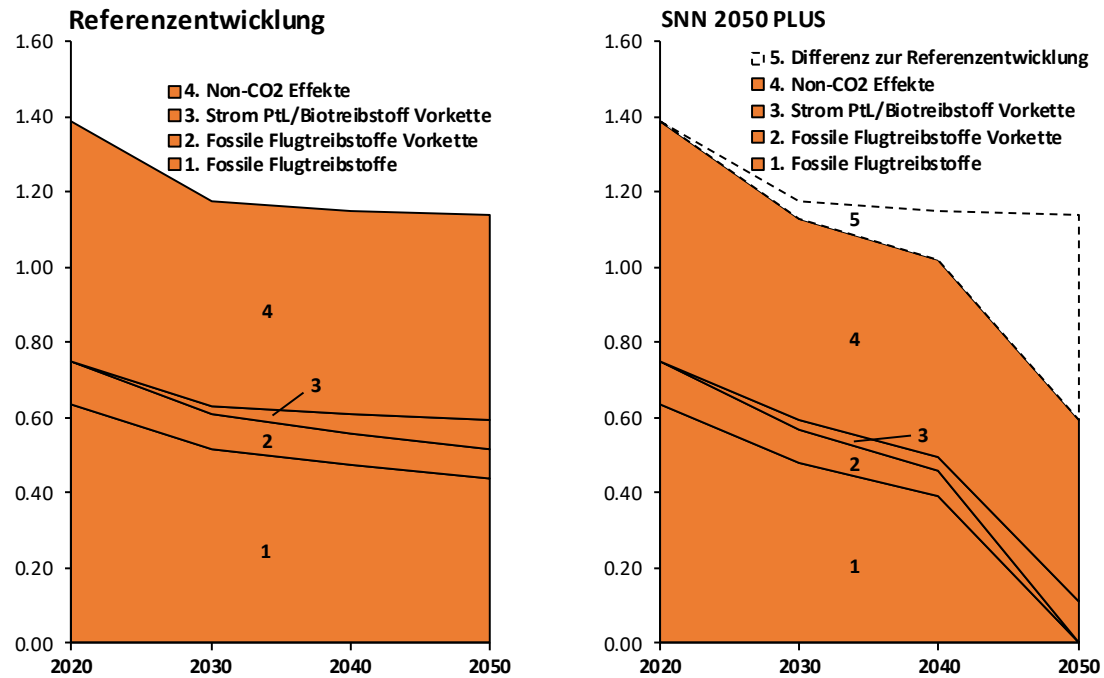
Handlungsansatz	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene	Ansätze für städtische Politikmassnahmen	Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte
			Forcierung des Nachtzugangebotes sollte auf der Gewissheit aufbauen, dass dies wirklich Treibhausgas mindernd ist.
Vorgaben für Geschäftsreisen städtische Angestellte		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorgaben zur Nutzung des landgebundenen Verkehrs bei Geschäftsreisen bis zu 700 km. ▪ Einsatz von (angemieteten) hochwertigen Videokonferenzeinrichtungen für internationale Meetings. 	+ Relative einfach einführbare Massnahme. Der Bund kennt bereits ähnliche Vorgaben.
Forschungsoffensive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bund/EU: Forschungsprogramm für fossilfreies Fliegen anstossen ▪ Kanton: Forschungszentrum für fossilfreies Fliegen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterstützung des Kantons bei der Gründung eines Forschungszentrums für fossilfreies Fliegen. 	+/- Für Durchbrüche sind hohe Fördersummen, eine internationale Zusammenarbeit und ein langer Zeithorizont erforderlich.
Einflussnahme als Shareholder des Flughafens Zürich zur Dekarbonisierung des Flughafenbetriebs und weiteren Unternehmen am Flughafen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kanton: Der Kanton hat als Mitbesitzer der Flughafen Zürich AG Einsitz in dessen Verwaltungsrat und kann somit direkt darauf hinwirken, dass die Flughafenbetreiberin ökologische Anliegen konsequent verfolgt. Z.B. Durchsetzung von CO₂-freiem Betrieb auf dem Vorfeld des Flughafens (inkl. Verpflichtung von anderen Flughafenunternehmen wie z.B. Handling Agent, Tankfirmen, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stadt Zürich: Die Stadt besitzt 5% des Aktienkapitals der Flughafen Zürich AG und hat Einsitz im Verwaltungsrat. Damit kann sie eine konsequente ökologische Haltung unterstützen. 	<ul style="list-style-type: none"> + Relativ unmittelbarer Zugang zu den Akteuren - Der Hebel des Flughafenbetriebs ist im Vergleich zu jenem des Flugbetriebs relativ gering.
Unterstützung von Massnahmen seitens Bund zur Reduktion der THG-Emissionen des Luftverkehrs		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Stadt Zürich setzt sich auf Bundesebene dafür ein, dass sowohl auf der Angebotsseite als auch auf der Nachfrageseite griffige Massnahmen zur Senkung der THG-Emissionen im Luftverkehr eingesetzt werden und unterstützt den Bund bei der Umsetzung. 	+ Da die Stadt Zürich wenig direkten Einfluss auf den Luftverkehr hat, ist der Weg über den Bund Massnahmen zu erwirken, naheliegend.

Tabelle INFRAS

6.5. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Abbildung 18: Entwicklung der Emissionen im Bereich Luftverkehr

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Im Szenario Netto-Null 2050 PLUS sinken die Emissionen des fossilen Treibstoffs inkl. dessen Vorkette auf Null. Die Vorkette der erneuerbaren Treibstoffe nimmt hingegen zu. Die non-CO₂ Effekte sind vorwiegend abhängig von den Flugstrecken und verbleiben auf hohem Niveau. Die zeitliche Entwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis von Grundlagendokumenten sowie Einschätzungen von Experten der Stadt Zürich. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell. Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Die Eckwerte des Referenz- und des Szenarios SNN 2050 PLUS sind als grobe Schätzungen zu verstehen. Dennoch lässt sich daraus die Grundproblematik des Luftverkehrs klar erkennen:

- In der Referenzentwicklung werden die technologischen Effizienzgewinne vom Nachfragewachstum zum Teil kompensiert. Dies hängt auch mit der wachsenden Bevölkerung der Stadt zusammen.
- Die Pro-Kopf-CO₂-Emissionen des Luftverkehrs sinken in der Referenzentwicklung leicht, weil eine Flugticketabgabe unterstellt ist, die ab 2030 per se einen Nachfragerückgang um 10% nach sich zieht.
- Die CO₂-Wirkung kann durch den Einsatz synthetischer und biogener Treibstoffe weitgehend vermieden werden (mit Ausnahme der verbleibenden Emissionen der Vorketten). Die Produktion von synthetischen Kraftstoffen in industriellen Mengen ist noch in der Entwicklungsphase. Eine Lösung der Herausforderungen in den betrachteten Zeitdimensionen ist jedoch absehbar. Kritisch sind jedoch die sehr hohen Kosten dieser Technologie. Eine einseitige Ein-

führung einer relevanten PtL-Quote durch die Schweiz dürfte die internationale Wettbewerbsposition des schweizerischen Luftverkehrs beeinträchtigen. Für die Versorgung des gesamten globalen Luftverkehrs mit PtL-Treibstoffen dürfte die Erschliessung von genügend nachhaltigen Energiequellen eine Herausforderung darstellen.

- Bis 2050 ist jedoch keine Lösung zur Vermeidung der Non-CO₂-Effekte erkennbar. Synthetische Kraftstoffe können zwar einzelne Elemente der Non-CO₂-Effekte verändern. Im Gesamteffekt bleiben aber die Non-CO₂-Effekte nach neuestem Stand der Wissenschaft auch bei einem Einsatz von 100% synthetischem Treibstoff aus erneuerbaren Stromquellen in unverändertem Ausmass bestehen. Eine Kompensation dieser Non-CO₂-Effekte ist in einer Netto-Null-Welt nur durch die langfristige Bindung von Treibhausgasen in Senken möglich. Die verfügbare Menge an Senken in der Stadt Zürich ist aber sehr beschränkt und wäre bereits durch die Kompensation der Non-CO₂-Effekte des Luftverkehrs erschöpft (vgl. zu Senken auch INFRAS/Perspectives 2020).

7. Entsorgung

7.1. Einleitung

Der Themenbereich «Entsorgung» umfasst die Deponierung, die Behandlung und die Verbrennung von Abfällen sowie die Behandlung von Abwasser. Die THG-Emissionen der Entsorgungsprozesse¹⁰⁵ rechnen wir nach dem Verursacherprinzip dem Konsumsektor an. Für die Quantifizierung verwenden wir die Pro-Kopf-Emissionen gemäss dem Schweizer Treibhausgasinventar (BAFU 2020). Ein Ansatz über die direkt in der Stadt Zürich behandelten Abfallmengen würde aus der in dieser Arbeit verwendeten Abgrenzung der Konsumperspektive zu kurz greifen, weil ein Teil der behandelten Abfälle dem Ausland stammt, andererseits aber durch die Abfälle der Haushalte und Unternehmen in der Stadt Zürich gewisse Emissionen ausserhalb des Stadtperimeters entstehen. Der Weg über schweizerische Durchschnittswerte ist daher ein pragmatischer Weg und ergibt eine ausreichend robuste Abschätzung. Relevant sind folgende Bereiche:

- Verbrennung von Abfällen: Ein Grossteil der in der Schweiz und insbesondere der in der Stadt Zürich verbrannten Abfälle und des verbrannten Klärschlammes wird energetisch genutzt - für Fernwärme und die Stromproduktion (von KVA). Ein kleiner Restanteil der Emissionen entfällt gemäss schweizerischem Inventar auf illegale Verbrennung von Abfällen sowie Verbrennung von Klärschlamm ohne energetische Nutzung.¹⁰⁶ Unabhängig von der energetischen Nutzung ist dies mit CO₂-Emissionen aus den fossilen Abfallfraktionen verbunden.¹⁰⁷
- Abwasserreinigung und biologische Behandlung von Abfällen: Emissionen aus den Abwasserreinigungsanlagen und aus Kompostierung und Vergärung, wobei der Hauptteil der Emissionen auf die Abwasserreinigung zurückzuführen ist.
- Deponien: Seit dem 1. Januar 2000 müssen brennbare Abfälle in der Schweiz verbrannt werden und dürfen nicht mehr in Deponien eingelagert werden. Bestehende Deponien (von vor 2000) emittieren pro Kopf und Jahr noch Treibhausgase in der Grössenordnung von 0.04 t CO₂-Äquivalenten (Stand 2018). Die Tendenz ist sinkend. Ein Teil der deponierten Abfälle stammen aus Haushalten und Unternehmen in der Stadt Zürich. Deshalb werden sie hier berücksichtigt, obwohl keine aktiven Deponien auf Stadtgebiet bestehen. Wir gehen davon aus, dass diese Emissionen schweizweit bis 2050 gegen Null gehen, auch ohne Einfluss der Politik.

¹⁰⁵ Dies sind z.B. THG-Emissionen durch Verbrennen nicht-fossiler Abfallfraktionen, Emissionen aus Abwasserreinigung und Entsorgungsketten.

¹⁰⁶ Insgesamt handelt es sich in der Schweiz um rund 2% der verbrannten Abfälle, die energetisch nicht genutzt werden (im Jahr 2018).

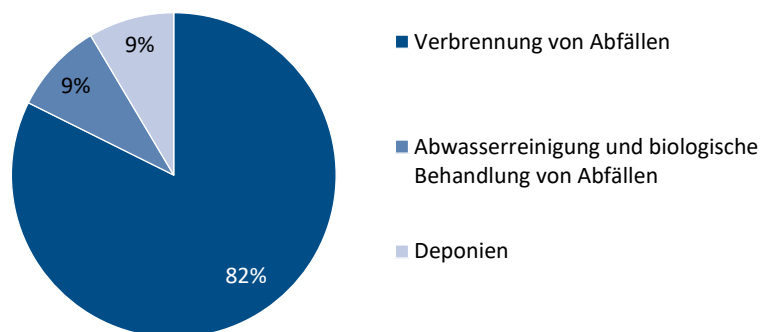
¹⁰⁷ Emissionen aus biogenen Abfallfraktionen gelten als CO₂-neutral, da sie im biologischen Kreislauf gebunden sind.

In diesem Kapitel werden bezüglich der Verbrennung von Abfällen nur die Emissionen erfasst, die aus den verbrannten Abfallstoffen stammen. Emissionen aus fossilen Energien, die zur Lastspitzendeckung der Fernwärme eingesetzt werden, sind im Kapitel 3 abgebildet.

Die Verbrennung von Abfällen verursacht rund vier Fünftel der Treibhausgasemissionen aus der Entsorgung. Der Rest setzt sich zu gleichen Teilen aus den THG-Emissionen aus der Abwasserreinigung und der biologischen Behandlung von Abfällen sowie den THG-Emissionen aus Deponien zusammen (vgl. Abbildung 19).

Abbildung 19: Heutige Anteile der THG-Emissionen pro Kopf im Bereich Abfall (Gesamt Schweiz)

t CO₂-Äqu. pro Kopf (Wert 2018 = 0.42 t CO₂-Äqu. pro Kopf)



Grafik INFRAS. Quelle: Schweizer Treibhausgasinventar (BAFU 2020).

Der mit Abstand grösste Teil der Emissionen stammt aus der Verbrennung von Abfällen in Kehrichtverbrennungsanlagen. Bei der Verbrennung von Abfällen machen energetisch genutzte Abfälle den mit Abstand grössten Teil der Emissionen aus (rund 98%). Bei der Abwasserreinigung und der biologischen Behandlung von Abfällen entfällt der Grossteil der Emissionen auf Kläranlagen. Brennbare Abfälle dürfen seit 2000 in der Schweiz nicht mehr deponiert werden. Die ausgewiesenen Emissionen stammen aus bestehenden Deponien.

7.2. Referenzentwicklung

Für die Referenzentwicklung bis ins Jahr 2050 gehen wir von folgenden Annahmen aus:

- Abfallanteile, die auf fossilen Rohstoffe basieren (z.B. Plastik), werden stetig reduziert (2020–2050: -15%). Dadurch können die Emissionen aus der Verbrennung von Abfällen bis 2050 pro Kopf um rund 15% reduziert werden.¹⁰⁸

¹⁰⁸ Basierend auf Schätzung INFRAS. Quellen für diese Annahme gibt es nicht. In der THG-Berichterstattung der Schweiz an die UNFCCC (NC, BR) werden Absenkpfade für WEM/WAM/WOM-Szenarien dargestellt. Allerdings ist dort die Verbrennung im Energiesektor und der Absenkpfad ist nicht separat ausgewiesen. Beim Abfallsektor (ohne Abfallverbrennung KVA/Industrie) ist

- Emissionen aus der Abwasserreinigung und aus biologischer Behandlung von Abfällen bleiben bis 2050 pro Kopf ungefähr konstant (allenfalls wären geringe Reduktionen möglich, diese werden hier jedoch vernachlässigt.¹⁰⁹)
- Emissionen aus Deponien gehen bis 2050 gegen Null.

Unter diesen Annahmen sinken die Emissionen in der Referenzentwicklung vom Ausgangswert im Jahr 2020 (0.42 t CO₂-Äqu. pro Einwohner) bis zum Jahr 2050 (0.30 t CO₂-Äqu. pro Einwohner) um rund 21 Prozent.

7.3. Zielbild

Falls die über die energiebedingten Emissionen hinausgehenden Emissionen ebenfalls gegen Null entwickelt werden sollen, könnte folgendes Zielbild für die Entsorgung skizziert werden:

- Die Separatsammlung von Abfällen funktioniert in der Stadt Zürich bereits auf technisch hohem Niveau. Es werden fortschrittliche Technologien für die Behandlung von Abfällen und Abwasser eingesetzt. Das technische Potenzial ist beschränkt und dürfte in den nächsten Jahren durch das Bevölkerungswachstum kompensiert werden (Econcept 2016). Deshalb geht das Zielbild davon aus, dass eine Reduktion des Konsums und der Abfälle erfolgt («Suffizienz»), was die erforderliche Reduktion der Emissionen aus dem Entsorgungssektor gegen Null ermöglicht.
- Im Jahr 2050 werden nur noch wenig Abfallfraktionen verbrannt, die auf fossilen Rohstoffen basieren (minus 80% gegenüber 2020¹¹⁰). Zum einen fallen diese zum Teil gar nicht mehr an (Reduktion auf Konsumseite). Zum anderen werden sie grösstenteils direkt rezykliert (insbesondere Plastik). Die 2050 noch verbrannten fossilen Abfallfraktionen bestehen nur noch aus dem fossilen Anteil, der aus technischen Gründen nicht rezykliert werden kann. Damit ergibt sich ein Zielkonflikt mit dem maximalen Ausbau der Fernwärme (vgl. Kapitel 3). Der Ausbau der Fernwärme ist zweckmässig, weil die CO₂-Emissionen durch die Abfallentsorgung und nicht durch die energetische Nutzung bedingt sind. Die aufgrund der sinkenden Abfallmenge und tieferem Heizwert wegfallende Energie wird bei einem Nachfrageüberhang gemäss Strategie von E360° und ERZ gegebenenfalls mit anderen erneuerbaren Energien kompensiert (z.B. Holz, andere Biomasse, Biogas). Dies stellt sicher, dass die Fernwärme auch längerfristig

nur eine kleine Absenkung der Emissionen in den Szenarien angenommen. Die Annahme von 15% Reduktion entspricht auch der Annahme in (Kapitel 3.7.1).

¹⁰⁹ Emissionsreduktionen bei ARAs betreffen insbesondere Lachgas-Emissionen. Lachgas (N₂O) macht rund einen Drittel der gesamten THG-Emissionen aus der Abwasserreinigung aus (neben Methan, CH₄). Lachgas-Emissionen während der Klärschlammverbrennung können beispielsweise durch Nachrüstung von Rauchgasreinigungsanlagen mit der Technologie der Regenerativen Thermischen Oxidation (RTO) drastisch reduziert werden. Ein anderes Beispiel ist das N₂O-Stripping während der biologischen Abwasserreinigung (zusätzlicher Reinigungsschritt im Prozess von Kläranlagen, der dem System Stickstoff entzieht).

¹¹⁰ Eine noch stärkere Senkung bis 2050 halten wir auch theoretisch für kaum möglich. Insbesondere schliessen wir aus, dass die KVA Hagenholz bis 2050 dank einer «End-of-Pipe»-Lösung emissionsfrei ist.

Netto-Null-kompatibel ist. Die Auswirkungen des Zielkonflikts werden voraussichtlich dadurch verringert, dass gemäss kantonaler Strategie die Abfallverbrennung auf effiziente KVA konzentriert wird, wovon die KVA der Stadt Zürich profitieren.

- Für die Energienutzung in der ARA Werdhölzli (direkte Energienutzung z.B. in der Postzentrale Mülligen in Schlieren bzw. Biogasproduktion und Einspeisung ins Gasnetz) skizzieren wir kein Zielbild, weil die entsprechenden Potenziale grösstenteils sowieso genutzt werden (Sie sind im Prinzip Teil der Referenzentwicklung. Eine Zukunftsvision braucht es nicht).
- Im Jahr 2050 werden gemäss unserem Zielbild die CO₂-Emissionen der KVA als grosse Punktquellen zumindest teilweise abgeschieden und der Umwelt entzogen («Carbon Capture and Storage» CCS). Dies wird im separaten Bericht von INFRAS/Perspectives (2020) thematisiert.

7.4. Handlungs- und Politikmassnahmenansätze

Die Handlungs- und Politikmassnahmenansätze ergeben sich aus dem im Kapitel 7.3 definierten Zielbild.

Tabelle 24: Handlungsansätze zur Reduktion der Emissionen im Bereich Entsorgung

Handlungsansatz	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene	Ansätze für städtische Politikmassnahmen	Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte
Generelle Reduktion des Konsums zur Reduktion von Abfällen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informationskampagnen (Bund / Kanton / Stadt) zu Konsum (siehe Kapitel 7) zur Ernährung sowie Kapitel 9 zu übrigem Konsum) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Initiativen zur Sensibilisierung und Information bezüglich Konsum und Abfall in der Stadt Zürich fördern ▪ «Zero-Waste»-Konzepte in der Stadt Zürich fördern (z.B. «unverpackt»-Läden) ▪ Abfallgebührenpolitik anpassen (z.B. um Plastikrecycling zu fördern, kann jedoch auch zu erhöhter illegaler Entsorgung führen) ▪ Konsum und Abfälle in der städtischen Verwaltung reduzieren (eine Zero-Waste Strategie in der Verwaltung, z.B. in städtischen Kantinen) 	<ul style="list-style-type: none"> + Erhöhtes ökologisches Bewusstsein aufgrund der Klimastreikbewegung - Mehr Kaufkraft - Weniger fossile Abfallfraktionen heisst weniger Energieinhalt. Aber: Es wird eine Zentralisierung der KVA stattfinden. Abfälle werden vermehrt zentral in Zürich verbrannt werden. Es gibt genügend importierbaren Abfall mit wenigen fossilen Anteilen, der für das Heizen in der Stadt genutzt werden könnte.
Reduktion der Abfallmenge pro Gut	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verpackungsmaterialabgabe und/oder Recyclingziele für verschiedene Branchen (Bund/Kanton/ Stadt) (siehe Kapitel 7) zur Ernährung sowie Kapitel 9 zu übrigem Konsum) ▪ Förderung / finanzielle Subventionierung von Betrieben, die unverpackte Konsumgüter verkaufen 		<ul style="list-style-type: none"> + Erhöhtes Bewusstsein zum Thema Einwegverpackungen in der Bevölkerung - Mögliche negative Effekte wie erhöhte Verluste, z.B. bei Nahrungsmitteln
Förderung von Kreislaufwirtschaft und Recycling	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorschriften zur Rezyklierbarkeit bzw. Kreislauffähigkeit von Materialien ▪ Erschaffung einer schweizweiten Recycling-Infrastruktur für Kunststoffabfälle ▪ Förderung der Entwicklung von treibhausgas-effizienten und allgemein umweltfreundlichen Recyclingalternativen ▪ Verbot oder Besteuerung von Einweggeschirr / Förderung Mehrweggeschirr ▪ Vorschriften Verpackung (z.B. Lebensmittel) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderung von Reparatur- und Recyclingplattformen von Konsumgütern ▪ Verstärkung von Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen ▪ Flächendeckende Einführung von Recycling von Kunststoffabfällen in der Stadt Zürich 	<ul style="list-style-type: none"> + Kostenreduktion / Werterhaltung: Maximaler Wert eines Produktes wird nach Lebensende wiederverwertet - Rezyklieren ist nicht immer die treibhausgas-effizienteste Alternative bzw. kann zur Verlagerung der Umweltauswirkungen führen (zum Beispiel Recycling in Ländern mit einer schlechten Entsorgungsinfrastruktur) - Rezyklieren erfordert oft einen hohen logistischen Aufwand und damit verbundene Transportemissionen - Weniger Verpackung von Lebensmitteln kann zu mehr Food Waste führen - Energie aus der Verbrennung von Abfällen in Kehrrechtverbrennungsanlagen wird oft als Fernwärme genutzt

Handlungsansatz	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene	Ansätze für städtische Politikmassnahmen	Treiber und Synergien bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte
Langlebigkeit von Geräten und Produkten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlängerung der Garantielaufzeit und/oder der Gewährleistungsfrist 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ergänzende Kriterien für die öffentliche Beschaffung (z.B. Treibhausgasintensität der Herstellung oder Lebensdauer) ▪ Förderung von Sharing, Reparierstationen oder Plattformen zum Verkauf von gebrauchten Geräten (z.B. Repair Cafés, Offene Werkstätten¹¹¹) ▪ Verstärkung von Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> + Verlängerte Lebensdauer senkt langfristig oft Kosten + Innovationen in der Schweiz können Vorbildcharakter für andere Regionen haben + Neue Geschäftsmodelle basierend auf Dienstleistungen (z.B. Drucker als Servicemodell) werden zunehmend wichtiger und kreieren Anreiz beim Hersteller, Geräte langlebig zu gestalten - Hohe Reparaturkosten im Vergleich zum Neukauf - Konsumgesellschaft und technologischer Fortschritt: Geräte werden laufend verbessert, neue Geräte bieten mehr Funktionalität (z.B. Mobiltelefone)

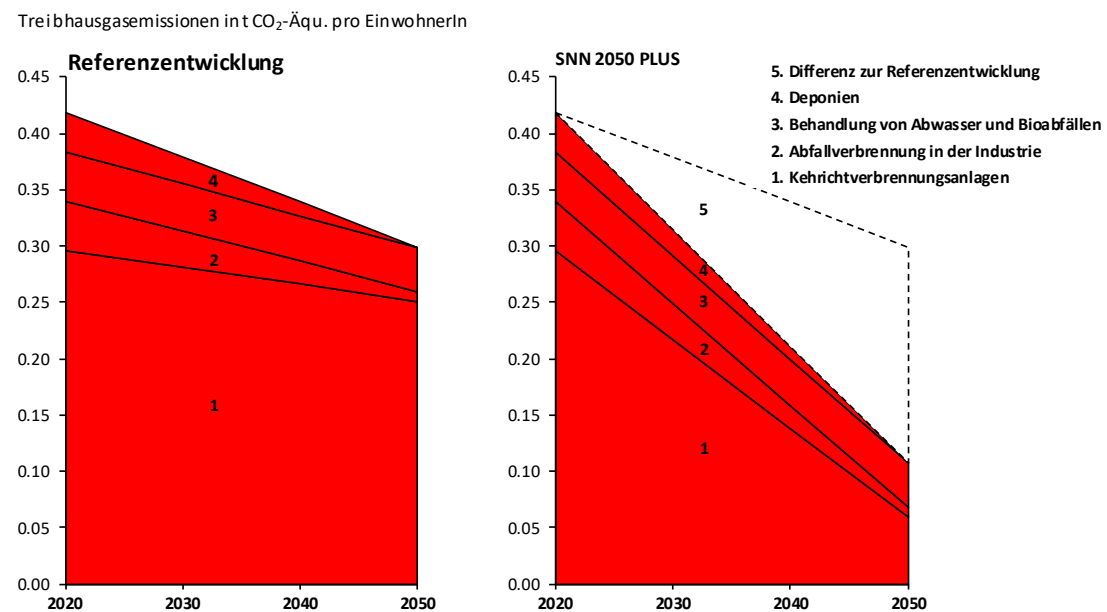
Tabelle INFRAS/Quantis

¹¹¹ Gemäss Energieforschung Stadt Zürich (Moser et al. 2018) sind solche Projekte in der Stadt Zürich z.B.: Repair Café / FabLab Zürich, Dynamo, Haus der Eigenarbeit HEI, ReTuna.

7.5. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Basierend auf dem Zielbild (vgl. Kapitel 7.3) und den Handlungsansätzen (vgl. Kapitel 7.4) können die Treibhausgasemissionen pro Kopf gemäss unserer Modellanalyse im Jahr 2050 um 74% gegenüber 2020 reduziert werden (von 0.42 auf 0.11 t CO₂-Äqu. pro Kopf). Die Reduktion ist hauptsächlich auf den Rückgang des auf fossilen Rohstoffen basierenden Abfalls zurückzuführen, der verbrannt wird (-80% gegenüber 2020). Gegenüber der Referenzentwicklung entspricht dies einer Reduktion der Pro-Kopf-Emissionen um rund zwei Drittel. Bei dieser Reduktion handelt es sich um eine grobe Annahme. Wie bereits erwähnt, lässt sich eine Reduktion im Entsorgungssektor vor allem durch Suffizienz erreichen. Diese Reduktion lässt sich nur schwer quantifizieren und ist stark von gesellschaftlichen und politischen Faktoren abhängig.

Abbildung 20: Entwicklung der Emissionen aus der Entsorgung



Die Ausgangswerte sind anhand der Schweizer Pro-Kopf-Werte gemäss dem nationalen Treibhausgasinventar abgeschätzt.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

8. Ernährung

8.1. Einleitung

Gemäss einer Studie zur Umweltbelastung des Konsums in der Stadt Zürich (Jungbluth und Itten 2012) tragen Nahrungsmittel zu ca. 20% der Treibhausgasemissionen pro EinwohnerIn bei. Dies entspricht 2 Tonnen CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn, einer Grössenordnung, die auch für die Schweiz (vgl. Bretscher et al. 2014) und für andere Ländern wie z. B. Deutschland berechnet wurde (vgl. WWF 2012). Die Reduktion dieser Emissionen ist deshalb sehr relevant.

Wir führen unsere Analyse aus der Konsumperspektive der Haushalte auf Stadtgebiet sowie der Stadtverwaltung als Akteurin durch. Die Ernährung der EinwohnerInnen der Stadt Zürich wird unabhängig vom Konsumort (auf Stadtgebiet und ausserhalb) und ohne Berücksichtigung der Ernährung von «auswärtigen» Personen auf Stadtgebiet analysiert. Bei der Stadtverwaltung als Akteurin legen wir den Fokus auf die städtischen Verpflegungsbetriebe.

Berücksichtigte Produkte

- Bereitstellung von Nahrungsmitteln, einschliesslich Gemüse, Früchte, Öle, etc.
- Bereitstellung von alkoholischen und nicht-alkoholischen Getränken
- Bereitstellung von Tabakwaren.¹¹²

Berücksichtigte Treibhausgasemissionen

- Landwirtschaft: Es wird von konventionell produzierten Produkten ausgegangen.¹¹³ Bei Gemüse und Früchten wird abgeschätzt, welcher Anteil im Gewächshaus produziert wurde.
- Weiterverarbeitung und Verpackung werden mit Standardwerten zu den einzelnen Produktgruppen grob abgeschätzt.
- Transport und Lagerung (bis zum Verteilzentrum): Soweit möglich wird die durchschnittliche Herkunft von in der Schweiz angebotenen Produkten untersucht. Transporte vom Herstellungsort zum Verkaufsort werden soweit möglich mit Durchschnittswerten abgeschätzt.
- Einkaufswege und -läden, Zubereitung im Haushalt oder Restaurant¹¹⁴ und Entsorgung werden in den Kapiteln «Personentransport», «Gebäude» und «Entsorgung» berücksichtigt.

¹¹² Der Konsum von Tabak wird ebenfalls im Konsumbereich der «Ernährung» erfasst. Der Anteil von Tabak liegt jedoch unter 1% der Gesamtemissionen der Ernährung. Der Tabakkonsum wird in die Berechnung, jedoch nicht ins Zielbild und bei den Handlungsansätzen aufgenommen. Es werden jedoch keine Zielbilder und Handlungsansätze definiert.

¹¹³ Der Marktanteil von biologischen Produkten ist mit ca. 10% relativ gering. Bei einer Preisdifferenz von knapp 50% mehr für Bio ist der mengenmässige Anteil nochmals erheblich kleiner.

¹¹⁴ Die Zubereitung in Kantinen macht rund 20% der THG Emissionen pro Mahlzeit aus. https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/18686/1/2019_ZHAW_muir_kb_%C3%B6ko_bewertung_NOVANIMAL.pdf

Wir modellieren die wichtigsten Aspekte und Zusammenhänge des Bereichs Ernährung in einem quantitativen Modell mit folgenden Eckpunkten (Details vgl. Excel-Modell):

- **Zusammensetzung der Nahrung und Ernährungsgewohnheiten:** Der Ernährungsstil beeinflusst den Ressourcenverbrauch der Vorkette erheblich. Vor allem der Konsum von tierischen Produkten (insbesondere Rindfleisch) verursacht rund die Hälfte aller Treibhausgasemissionen der Ernährung in der Schweiz.
- **Lebensmittelabfälle:** Rund ein Drittel der hergestellten Nahrung wird nicht konsumiert¹¹⁵. Dies führt zu unnötigen Auswirkungen auf das Klima, Biodiversität, Land- und Wasserverbrauch. Weggeworfene Lebensmittel verursachen auch erhebliche Kosten, die letztlich durch die KonsumentInnen getragen werden.
- **Konsumierte Menge an Nahrungsmitteln:** Die konsumierte Menge an Kalorien hat einen direkten Einfluss auf die nachgefragte Menge an Nahrungsmitteln und somit auch auf die Treibhausgasemissionsbilanz der Ernährung. Der «Überkonsum» bezieht sich auf die pro Kopf notwendige bzw. empfohlene Gesamtkalorienmenge. In der Schweiz sind rund 40% der Bevölkerung übergewichtig oder adipös.¹¹⁶ Insbesondere der Konsum von Genussmitteln (Alkohol, Kaffee, Chips oder bspw. Schokolade) ist mit relativ hohen Umweltauswirkungen verbunden und aus Sicht einer gesunden Ernährung nicht nötig.
- **Nahrungsmittelproduktion:** Verschiedene Faktoren schlagen sich auf die Treibhausgasbilanz der produzierten Nahrungsmittel nieder. Wichtige Aspekte sind u.a.:
 - Produktionssystem und Effizienz, dabei vor allem der Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden im Zusammenspiel mit dem Ertrag, dem Nährstoffkreislauf etc. (z.B. Lachgas als wichtiges Treibhausgas aus dem Kunstdünger),
 - Transportmittel und Distanzen, wobei insbesondere der Flugtransport relevant ist,
 - Landnutzungsänderungen im Zusammenhang mit der Produktion von Lebensmitteln (z.B. Waldrodung zum Futtermittelanbau),
 - Strombedarf für die Produktion und Strommix in den Produktionsländern. Der Stromverbrauch fällt entlang der ganzen Wertschöpfungskette an (z.B. bei der Bewässerung, bei der Düngemittelproduktion, Weiterverarbeitung, etc.),
 - Anteil von fossil beheizten Gewächshäusern (vor allem bei Gemüse),
 - Verpackungen (z.B. Aluminiumfolien, Dosen, etc.).

¹¹⁵ Basierend auf den Kalorien. Zu Food-Waste zählen z.B. assortierte oder unförmige Früchte, ungenutzte essbare Nebenprodukte (z.B. Innereien), Lagerungsverluste, Essensreste, abgelaufene Produkte, etc. Nicht essbare Teile von Lebensmitteln zählen nicht als „vermeidbare Lebensmittelabfälle“: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/abfall/externe-studienberichte/lebensmittelverluste-in-der-schweiz-umweltbelastung-und-verminderungspotenzial.pdf.download.pdf/ETH-Bericht_Foodwaste_FINAL.pdf

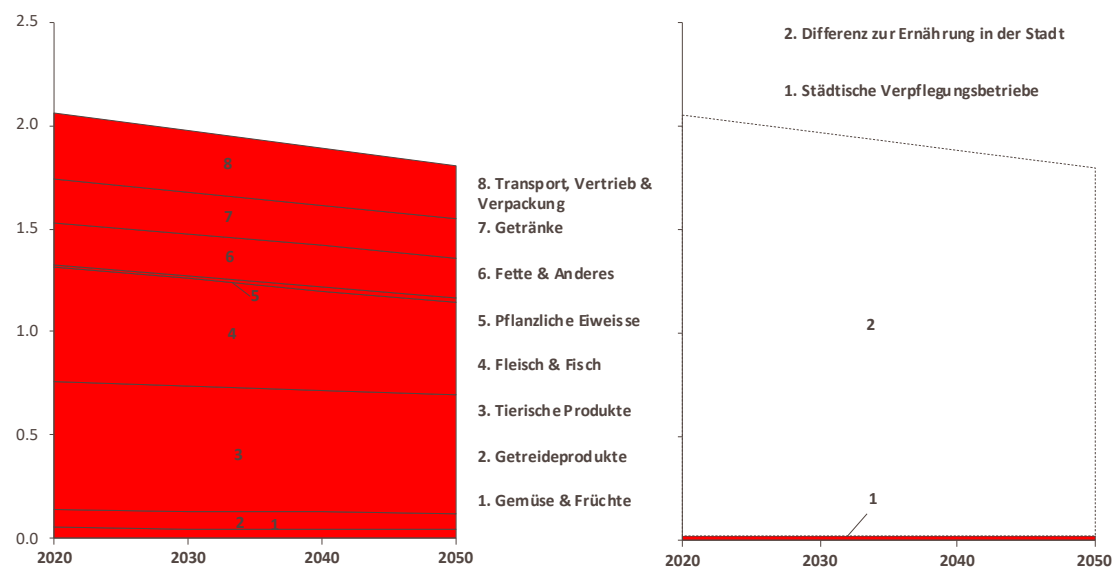
¹¹⁶ Vgl. BSF Statistik zu Übergewicht.

8.2. Referenzentwicklung

Abbildung 21 zeigt die durch uns zugrunde gelegte Referenzentwicklung der THG Emissionen für den Themenbereich «Ernährung». Ausgewählte Annahmen und (Zwischen-)Ergebnisse führen wir direkt im Anschluss auf.¹¹⁷

Abbildung 21: Ernährung – Referenzentwicklung

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die Emissionen aus der Konsumperspektive der EinwohnerInnen der Stadt Zürich – aufgeteilt nach Nahrungsmitteln. Die Referenzentwicklung wird in eigener Einschätzung auf Basis von Grundlagendokumenten sowie Einschätzungen von Experten und Expertinnen skizziert. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Im Themenbereich «Ernährung» belaufen sich die jährlichen Treibhausgasemissionen auf rund 2t pro EinwohnerIn (Jahr 2020). Rund die Hälfte der Emissionen wird durch den Konsum von Fleisch und tierischen Produkten (Eier, Käse, Milch, etc.) verursacht. Im Referenzszenario reduzieren sich die Emissionen um rund 15% bis ins Jahr 2050. Dabei sind folgende Entwicklungen entscheidend: Eine Verminderung des Konsums von Fleisch und Milchprodukten um 15%, die Vermeidung von rund einem Viertel von Nahrungsmittelverlusten und die Reduktion der THG Intensität vom Strommix.

¹¹⁷ Details sind im Excel-Modell dokumentiert, in dem auch Hinweise zu berücksichtigten Quellen aufgeführt sind.

Die Treibhausgasemissionen der städtischen Verpflegungsbetriebe belaufen sich im Jahr 2020 auf jährlich 10'000 Tonnen CO₂-Äqu.¹¹⁸ Dies entspricht rund 22 kg CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn und ist im Vergleich zu den jährlichen Treibhausgasemissionen der EinwohnerInnen vernachlässigbar.

Die Referenzentwicklung basiert mehrheitlich auf den Zielen der Ernährungsstrategie der Stadt Zürich für die städtischen Verpflegungsbetriebe, bei deren Umsetzung eine Treibhausgasemissionen-Reduktion von rund 25%¹¹⁹ für die Verpflegungsbetriebe resultiert (Annahmen siehe Tabelle 25).

Die wichtigsten Annahmen bezüglich der Referenzentwicklung zur Ernährung in der Stadt Zürich und zu den städtischen Verpflegungsbetrieben sind in Tabelle 25 zusammengefasst. Wichtige quantitative Annahmen werden in Tabelle 26 aufgelistet.

Tabelle 25: Annahmen zur Referenzentwicklung und Datengrundlagen

Schlüsselaspekte	Referenzentwicklung – Ernährung in der Stadt Zürich	Referenzentwicklung – Städtische Verpflegungsbetriebe
Zusammensetzung der Nahrung & Ernährungsgewohnheiten	<ul style="list-style-type: none"> In der Schweiz ernähren sich 3% vegan und 14% vegetarisch, wobei mehr als die Hälfte der Veganer in den letzten zwei Jahren zu diesem Ernährungsstil gewechselt haben.¹²⁰ Leichter Rückgang von Fleisch und Milchprodukten um 5% in den letzten 10 Jahren. Aufgrund des steigenden Bewusstseins für Umwelt, Tierwohl und Gesundheit, gehen wir davon, dass der Trend anhält¹²¹ und der Konsum von Fleisch und Milchprodukten um 5% bis 2030, 10% bis 2040 und 15% bis 2050 reduziert wird. 	<ul style="list-style-type: none"> Eine ausgewogene Ernährung stärken: nach den Empfehlungen der Lebensmittelpyramide (gemäss Strategie nachhaltige Ernährung Stadt Zürich). Eine Umstellung zu ausgewogener Ernährung bedeutet rund 3 mal weniger Fleisch.¹²² Für die Referenzentwicklung wird das Erreichen vom «Flexitarier» Szenario gerechnet.¹²³
Lebensmittelabfälle	<ul style="list-style-type: none"> Die Schweiz hat sich im Rahmen der UNO verpflichtet, die Lebensmittelabfälle bis 2030 zu halbieren. Im Referenzszenario gehen wir von einer Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfällen von rund einem Viertel bis 2050 aus. 	<ul style="list-style-type: none"> Erreichen des Ziels «vermeidbare Lebensmittelverluste liegen unter 10% der Produktionsmenge resp. unter 50g pro Teller»

¹¹⁸ Abgeschätzt mit rund 7 Mio Menüs pro Jahr, einer durchschnittlichen Tellergrösse von 425g pro Menü und einem Emissionsfaktor von rund 1.3 kg CO₂äq pro Menü. Daten zu dem Lebensmitteleinkauf der Stadt Zürich und deren THG Emissionen werden im Rahmen des Ziels 4 der Ernährungsstrategie bis Ende 2020 detailliert berechnet.

¹¹⁹ In der Ernährungsstrategie wird eine Reduktion der Umweltbelastung von 30% bis 2030 angestrebt (Ziel 4).

¹²⁰ Vgl. Swissveg 2017.

¹²¹ Vgl. BWL 2019.

¹²² Vgl. BLV 2017.

¹²³ Das Flexitarier-Szenario wird als Mittelwert der durchschnittlichen Nahrungsmittelbereitstellung und dem Szenario des Ovo-lacto-Vegetariers berechnet. Basierend auf der WWF Studie „Ökopprofil von Ernährungsmustern“.

Schlüsselaspekte	Referenzentwicklung – Ernährung in der Stadt Zürich	Referenzentwicklung – Städtische Verpflegungsbetriebe
Konsumierte Menge an Nahrungsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ In der Schweiz sind über 40% der Bevölkerung übergewichtig oder adipös. Innerhalb von 25 Jahren hat sich der Anteil der adipösen Menschen verdoppelt¹²⁴. Wir nehmen an, dass durch gesteigertes Bewusstsein dieser Anteil nicht weiterwächst und Überkonsum entsprechend im gleichen Rahmen bleibt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ In der Ernährungsstrategie werden keine konkreten Ziele zur konsumierten Menge definiert. Aspekte der konsumierten Mengen werden bei dem Thema «Lebensmittelabfälle» und «ausgewogener Ernährung» berücksichtigt.
Produktion der Nahrungsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktionssystem und Effizienz: Die Energieeffizienz und die THG Emissionen in der Landwirtschaft stagnieren seit den 1990er Jahren.¹²⁵ ▪ Transport: Gegenüber dem Jahr 1990 hat der Import von Nahrungs- und Genussmitteln um insgesamt 1,8 Millionen Tonnen jährlich zugenommen. Die Transportdistanzen werden tendenziell länger, wobei die Transportmittel effizienter werden. Keine Änderung bei der Referenz, weil die Wirkungsrichtung unklar ist. ▪ Strommenge und Strommix: Die Energieeffizienz in der Stromerstellung bleibt gleich, jedoch ändert sich der Strom-mix. Der Emissionsfaktor für 2030, 2040 und 2050 sind in der Tabelle 26 aufgelistet. ▪ Landnutzungsänderungen: Keine Änderung bei der Referenz, da Wirkungsrichtung durch gegenläufige Trends (Globalisierung, Re-lokalisierung, etc.) unklar ist. ▪ Fossil beheizte Gewächshäuser: Gegenläufige Trends, durch die Zunahme der Gewächshäuser in der Schweiz und dem Trend zu fossilfreier Beheizung, der durch Klimaziele aus der Privatwirtschaft verstärkt wird.¹²⁶ Annahme, dass sich die Referenz nicht ändert. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analog zur „Referenzentwicklung – Ernährung in der Stadt Zürich“.

Tabelle INFRAS/Quantis

Weitere potenziell relevante Trends, deren Wirkungsrichtung auf das Klima jedoch unklar sind, beinhalten u.a.:

- **Globalisierung:** Rund die Hälfte der Schweizer Nahrungsmittel werden importiert, mit steigender Tendenz. Globalisierte Wertschöpfungsketten können durch zunehmende Arbeitsteilung und Spezialisierung die Produktionseffizienz steigern, allerdings aber auch Transportdistanzen verlängern. Hinzu kommt, dass die Produktionsbedingungen schwieriger zu kontrollieren sind.

¹²⁴ Vgl. BFS Übergewicht - <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/gesundheit/determinanten/uebergewicht.html>

¹²⁵ Vgl. BWL 2019.

¹²⁶ Z.B. <https://generation-m.migros.ch/de/nachhaltige-migros/aktuelles/news-template/news/nachhaltigkeit/2019/nachhaltige-gewaechshaeuser.html>

- **Re-Lokalisierung:** Nahrungsmittelskandale, Pandemien etc. führen zu einem Wunsch zu mehr Kontrolle der Produktionsbedingungen und zu einer „Rückkehr zum Lokalen“. Lokale Nahrungsmittel werden vermehrt eingekauft, was ein Trend entgegen der Globalisierung ist.
- **Individualisierung:** Die KonsumentInnen erwarten eine zu ihren Präferenzen passende Angebotsvielfalt. Dies führt zu einem Ausbau der Dienstleistungen rund um die Ernährung (z.B. hohe Zahl an Produktvarianten, exotische Produkte, Online Einkauf, Hauslieferungen, etc.) und potenziell mehr Lebensmittelabfällen.
- **Digitalisierung:** Neue Kommunikationsmöglichkeiten und technische Entwicklungen führen auch zu neuen Produkten und Dienstleistungen im Ernährungsbereich („machine learning“, künstliche Intelligenz, „internet of things“, „smart devices“, „big data“, 3 D Druck, etc.).

Tabelle 26: Ausgewählte quantitative Annahmen und Zwischenergebnisse zu Abbildung 21 (ganze Stadt)

	2020	2030	2040	2050	Δ20-50
Bevölkerung (Tausende)	439	493	520	540	23%
Konsumierte Mengen inkl. Nahrungsmittelverluste (kg pro Kopf)¹²⁷					
Gemüse	107	107	107	107	-4%
Früchte	61	60	59	59	4%
Getreideprodukte	171	165	160	154	0%
Eier und Honig	13	13	12	12	-6%
Milch, Milchprodukte	144	139	135	131	-8%
Fleisch	50	47	44	40	-15%
Fisch	8	7	7	6	-15%
Fleischersatz & Sojamilch	0	4	8	12	n/a
Fette und Öle	30	30	29	29	0%
Hülsenfrüchte	1	1	1	2	75%
Nüsse	4	4	5	5	34%
Getränke, nicht alkoholisch	215	211	206	202	-7%
Getränke, alkoholisch	94	92	90	88	-6%
Tabak	1	1	1	1	0%
Emissionsfaktoren Strom (g CO₂ pro kWh)¹²⁸					
Schweiz	106	118	93	87	-18%
Ausland	475	447	419	391	-18%

Tabelle INFRAS/Quantis

¹²⁷ Die Konsumierten Mengen basieren auf der WWF Studie „Ökopprofil von Ernährungsmustern“ <http://esu-services.ch/fileadmin/download/jungbluth-2015-Ernaehrungsstile-WWF.pdf>. Für 2030,2040 und 2050 wurde die Zunahme von Veganer und Vegetarier, sowie die Reduktion von vermeidbaren Nahrungsmittelverlusten berücksichtigt.

¹²⁸ Der Emissionsfaktor von Strom von 2020 basiert auf dem aktuellen Wert der Zürich Mobility LCA Studie und auf dem globalen Durchschnitt IEA (Ausland). Für den Strommix im Jahr 2050 wird eine lineare Reduktion von 18% bis 2050 angenommen, analog der Annahme für die Stadt Zürich. Die Aufteilung der Nahrungsmittelproduktion zwischen der Schweiz und dem Ausland wurden basierend auf Importstatistiken abgeschätzt.

8.3. Zielbild

Das Zielbild für die Emissionen der Ernährung weist im Gegensatz zu jenen für die energiebedingten Emissionen, visionären Charakter auf. Es entspricht einer möglichen Zukunftsvision für die Stadt Zürich, die mit dem globalen Netto-Null-Ziel konsistent ist. Hauptzweck dieses Zielbild ist es, das maximale Reduktionspotenzial im Bereich «Ernährung» pro EinwohnerIn in der Stadt Zürich aufzuzeigen.

Tabelle 27: Zielbild Ernährung

Schlüsselaspekte	Beschrieb	
Zusammensetzung der Nahrung & Ernährungsgewohnheiten	Dreimal weniger Fleisch	Der Konsum von Fleisch ist gegenüber 2020 dreimal tiefer. Dies entspricht einem wöchentlichen Fleischkonsum von 2–3 Portionen à rund 100 g. Anstelle von Rindfleisch wird verstärkt klimafreundlicheres Geflügelfleisch, pflanzliche Nahrung und innovative, klimafreundliche Nahrung genossen.
Lebensmittelabfälle	Kein vermeidbarer «Food Waste»	Die vermeidbaren Nahrungsmittelabfälle sind vollständig eliminiert. Die „Food-Waste-Rate“ sinkt somit von heute rund 30% gegen Null. ¹²⁹
Konsumierte Menge an Nahrungsmittel	Kein übermässiger Konsum	Die Konsummenge pro Kopf liegt bei den benötigten 2500 Kilokalorien ¹³⁰ im Vergleich zum aktuellen Stand von rund 3500 Kilokalorien gemäss OECD. Die Pro-Kopf-Konsummenge von Genussmitteln (z.B. Alkohol, Kaffee, Schokolade etc.) wird um 50% reduziert.
Nahrungsmittel Produktion	Klimafreundliche Produktion der Nahrungsmittel	Die Effizienz der Produktion in der Schweizer Landwirtschaft ist deutlich erhöht, womit die Treibhausgasemissionen um rund 30% gegenüber dem Jahr 2020 ¹³¹ reduziert wird. Dies beinhaltet auch den optimierten Einsatz von Düngemitteln und einen effizienteren Nährstoffkreislauf. Es werden keine Futtermittel und Nahrungsmittel aus Abholzgebieten importiert, was zu einer Reduktion der indirekten Treibhausgasemissionen bzw. eine Erhaltung der Treibhausgasenken führt. Im Vergleich zu heute ist ein starker Rückgang des Konsums von mit Flugzeugen importierten Nahrungsmitteln zu verzeichnen. Gemüse und Früchte werden in der Saison konsumiert. Die Produktion findet im Freiland oder in ungeheizten Gewächshäusern statt. Damit ist ein starker Rückgang des Konsums von Nahrungsmitteln aus fossil beheizten Gewächshäusern zu verzeichnen.
	Reduktion des Verpackungsmaterials	Dank technologischen Innovationen, optimiertem Verpackungsdesign und vermehrtem Offenverkauf sind die Mengen an Verpackungsmaterial um 50% gesunken (ohne die Haltbarkeit der Produkte einzuschränken). Insbesondere konsumiert jede Person nur noch 15 kg Plastikverpackungen (2020: 30 kg).

¹²⁹ Rund 30% basierend auf den Kalorien: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/abfall/externe-studien-be-richte/lebensmittelverluste-in-der-schweiz-umweltbelastung-und-verminderungspotenzial.pdf.download.pdf/ETH-Bericht_Foodwaste_FINAL.pdf

¹³⁰ Gemäss EAT-LANCET commission <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/the-planetary-health-diet-and-you/>

¹³¹ Gemäss dem Klimaziel von BWL: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/umwelt/klima.html>

Schlüsselaspekte	Beschrieb
	Vorwiegend treibhausgas-armes Produktangebot
	In Restaurants und Supermärkten werden vorwiegend treibhausgasarme Produkte / Menüs angeboten. Die Klimaneutralitäts-Labels sind transparent und glaubwürdig.

Tabelle INFRAS/Quantis

Weitere, nicht direkt berücksichtigte Aspekte:

- **Regionale Ernährung:** Regionale Ernährung ist nicht per se klimafreundlich. Als wichtigste klimarelevante Massnahme gilt der Verzicht auf eingeflogene Produkte sowie der Verzicht auf Gemüse und Früchten aus fossil beheizten Gewächshäusern (siehe Zielbild).¹³² Gemüse und Früchte sollen in der Saison konsumiert werden. Ausserhalb der Saison gilt in den meisten Fällen, dass längere Transporte – solange nicht per Flugzeug – einer mit fossilen Brennstoffen beheizten Produktion vorzuziehen sind. In der Schweiz importieren wir rund 50% der Nahrungsmittel. Damit ist eine komplett regionale Versorgung ohne eine starke Reduktion des Konsums an tierischen Produkten nicht möglich.
- **Biologischer Anbau:** Die THG-Emissionen pro bewirtschaftete Fläche von biologischen Anbausystemen sind in der Regel geringer, aber in Bezug auf die produzierte Menge oft höher als bei konventionellen Anbausystemen. Die Spannweite an Resultaten ist jedoch gross¹³³ und deshalb nehmen wir an, dass keine wesentliche Verbesserung der Treibhausgasbilanz durch biologischen Anbau erreicht wird. Weitere Auswirkungen wie Flächenbedarf, Bodenfruchtbarkeit oder Biodiversitätserhaltung werden hier nicht berücksichtigt.

8.4. Handlungs- und Politikmassnahmenansätze

Zu den einzelnen Schlüsselaspekten werden in Tabelle 28 verschiedene Handlungsansätze auf Ebene städtischer Verpflegungsbetriebe, Stadt, Kanton und Bund aufgelistet.

¹³² Vgl. Jungbluth & Itten 2012.

¹³³ Vgl. Meier et al. 2015.

Tabelle 28: Handlungsansätze zur Reduktion der konsumbedingten Emissionen

Schlüsselaspekte	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene (Kanton / Bund) und für städtische Politikmassnahmen (Stadt)	Ansätze für städtische Verpflegungsbetriebe	Treiber und Synergien (+) bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte (-)
Zusammensetzung der Nahrung & Ernährungsgewohnheiten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informationskampagnen zum Angebot von umweltfreundlicher und gesunder Ernährung (Stadt / Kanton / Bund) ▪ Förderprogramm (Stadt / Kanton / Bund) für neue klimafreundliche Technologien und Innovationen im Bereich Ernährung, z.B. in Bezug auf Alternativen zu Fleischprodukten wie z.B. pflanzliche Proteinlieferanten, Insekten oder Laborfleisch¹³⁴ ▪ Subventionierung besonders klimafreundlicher Produkte (Stadt) in allen Einkaufsläden/Restaurants auf Stadtgebiet ▪ Auflagen für städt. Gebäudeflächen: Vermietung nur noch an Restaurants/ -Einkaufsläden mit einer ernährungsbezogenen Nachhaltigkeitsstrategie / „Netto-Null-Läden“ (Stadt) ▪ Standardisierte Kennzeichnung (Bund): Die marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden auf Nachhaltigkeit ausgerichtet, indem umweltschädliche Subventionen beseitigt und eine standardisierte Kennzeichnung der Klimabelastung und Bereitstellung gefördert werden. ▪ Deklarationspflicht (Bund/International): Die Detailhändler werden aufgefordert, die THG Emissionen der Nahrungsmittel zu deklarieren, um klimafreundliche Kaufentscheidungen zu ermöglichen. ▪ Treibhausgasbezogene Konsumabgaben oder CO₂ Steuern auf Konsumgüter (Bund) werden implementiert, damit auch ein finanzieller Anreiz besteht, klimaschädliche Produkte zu vermeiden. ▪ Kalorien-/Fleisch-Lenkungsabgabe (Bund) ▪ Verbot von Werbung für Fleischprodukte und zuckerreiche Produkte (Stadt / Kanton / Bund) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Städtische Verpflegungsbetriebe setzen vermehrt auf eine klimafreundliche Ernährung, indem sie ein solches Angebot erstellen und Anreize für die Konsumenten schaffen, solche Menus zu konsumieren: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menüzusammenstellung basierend auf den Empfehlungen zum nachhaltigen Essen und Trinken (FOODprints). Generell führt dies zu mehrheitlich vegetarischen Menüs in öffentlichen Kantinen oder Restaurants.¹³⁵. ▪ Bereitstellung von Tools ▪ Städtische «Apéros». Da diese ernährungsergänzend angeboten werden, können sie vollumfänglich vegan sein, ohne die ausgewogene Ernährung zu gefährden (analog zum rein vegetarischen Angebot in einigen Städten in Europa). 	<ul style="list-style-type: none"> + Reduktion Konsum von Fleisch und Milchprodukten um 5% in 10 Jahren (BSF) + Vegetarier / Vegan Trend + Gleich viel Fleisch, aber eine Umlagerung zu mehr Geflügel - Kaufkraft - Gesellschaftsbild / Ansehen - Fleisch - und Milchlobby - Falsche Preisanreize («Billigfleisch», Fleischaktionen und -werbung, Grilltrend) - Labeldschungel

¹³⁴ Innovationen sind nicht zwingen besser für das Klima. Bei Förderungsprogrammen soll eine Abschätzung des THG Einsparpotenzials der jeweiligen Technologien und Innovationen vorgenommen werden.

¹³⁵ Tendenziell haben vegane und vegetarische Menüs eine tiefere Treibhausgasbilanz wie Fisch- und Fleischgerichte, wobei es auch da Ausnahmen gibt. So können z.B. auch Poulet-Gerichte einen kleineren CO₂ Fussabdruck haben wie vegetarische Gerichte mit einem relativ hohem Anteil an Milchprodukten oder Ölen. https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/18686/1/2019_ZHAW_muir_kb_%C3%B6ko_bewertung_NOVANIMAL.pdf

Schlüsselaspekte	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene (Kanton / Bund) und für städtische Politikmassnahmen (Stadt)	Ansätze für städtische Verpflegungsbetriebe	Treiber und Synergien (+) bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte (-)
Lebensmittelabfälle beim Konsumenten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderung von neuen Konzepten (Stadt / Kanton / Bund) zur Food Waste-Bekämpfung (z.B. Bäckerreien, die Gebäcke vom Vortag verkaufen oder Apps, mit denen man überschüssiges Essen anbieten kann) ▪ Förderung von Technologien (Stadt / Kanton / Bund) zur Messung von Food Waste und um Einsparungspotenziale zu identifizieren (z.B. Küchenwaage mit Kamera, welche die Abfälle verfolgen/beobachten) ▪ Sensibilisierung für Food Waste auf allen Stufen (Stadt / Kanton / Bund); Förderung des Verantwortungsgefühls und des Einbezug der Mitarbeiter zur Verankerung von „food save“ in der Betriebskultur ▪ Förderung von Konzepten, die eine Portionierung der Einkäufe für die individuellen Bedürfnisse erlaubt (Offenverkauf auch für Mehl, etc.) ▪ Prüfung des Ausbaus des Angebotes «Grünabfall» (Stadt): Gemäss einer Analyse vom BAFU fördert eine gute Grünabfall-Infrastruktur der Gemeinden, den Food Waste der Haushalte bedeutend zu vermindern. Dies, da durch die separate Sammlung in den Haushalten die Sichtbarkeit der eigenen Lebensmittelabfälle erhöht wird¹³⁶ ▪ Prüfung von Verboten (Stadt / Kanton / Bund): Obligatorische Abgabe von nicht verkauften Lebensmitteln der Detailhändler / Gastrobranche an gemeinnützige Organisationen ▪ Prüfung zur Handhabung von Angaben zur Haltbarkeit von Produkten (Bund) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umsetzung und Monitoring der Ernährungsstrategie in Bezug auf die Verminderung der Lebensmittelverluste in Verpflegungsbetrieben der Stadt: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhebung von Lebensmittelverlusten in den Verpflegungsbetrieben ▪ Ausarbeitung von Massnahmenplänen, um Lebensmittelverluste und Abfälle zu vermeiden. Erhöhung der Reduktionszielen von < 50g / Teller (Ziel 2030) bis gegen Null 	<p>+ politische Vorgaben - Strategie Halbierung der Lebensmittelverluste - Sustainable Development Goals (SDG 12.3): Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) erstellt aktuell ein Konzept zur Bildung und Kommunikation rund um die Vermeidung von Lebensmittelabfällen. Ziel der Kommunikationsarbeit ist eine Sensibilisierung der Schweizer Bevölkerung in Bezug auf die Vermeidung von unnötigen Lebensmittelabfällen.</p> <p>+ Ethische und ökonomische Vorteile (Einsparungspotenzial von rund 600 CHF pro Kopf und Jahr)</p> <p>+ Technologien zur Erfassung der Lebensmittelabfälle und Konzepte zur Reduktion („Too good to go“, etc.)</p> <p>- Kaufkraft. Wir geben mit rund 7% des Einkommens verhältnismässig wenig für Nahrung aus, was zu einem verschwenderischen Verhalten beiträgt.</p> <p>- Hohe Zahl an Produktvarianten führt tendenziell zu mehr Konsum und mehr Abfall</p> <p>- Generelle Stimmung um das Thema: Wahrnehmung von Food Waste als ein übergeordnetes, nicht stark gestütztes Problem, welches hauptsächlich die anderen betrifft.</p> <p>- Bei der wachsenden Anzahl Einpersonenhaushalte ist es tendenziell schwieriger, Lebensmittelabfälle zu vermeiden</p> <p>- Unregelmässige Ernährungsgewohnheiten (zu Hause, Restaurant, Take-away) was die Resteverwertung schwieriger gestaltet.</p>

¹³⁶ Prüfung von möglichen «Rebound-Effekten» wie z.B. ob die Lebensmittelabfälle durch eine Verwertung der Grünabfälle in einer Biogasanlagen als «unproblematisch» wahrgenommen werden und somit weniger darauf geachtet wird.

Schlüsselaspekte	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene (Kanton / Bund) und für städtische Politikmassnahmen (Stadt)	Ansätze für städtische Verpflegungsbetriebe	Treiber und Synergien (+) bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte (-)
Konsumierte Menge an Nahrungsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> Präventionsprogramm und Informationskampagnen (Bund / Kanton / Stadt) zu Übergewicht und Fettleibigkeit (Tagesbedarf an Kalorien, Lebensstil) 	<ul style="list-style-type: none"> Anpassen der Portionen in Verpflegungsbetrieben, kleinere Portionen mit der Möglichkeit zum Nachschöpfen. Reduktion der Aufnahme von Zucker (im Menü und Getränken), Transfettsäuren und tierischen Produkten (pflanzenbasierte Ernährung führt durch die geringere Energiedichte tendenziell zu einer reduzierten Menge an aufgenommenen Kalorien). 	<ul style="list-style-type: none"> - Innerhalb von 25 Jahren hat sich der Anteil der adipösen Menschen verdoppelt - Mehr Kaufkraft + Trend zu gesundem Lebensstil + Schönheit & Fitness
Produktion der Nahrungsmittel Effiziente Produktion von Nahrungsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> Förderung des Direktverkaufs von saisonalen Produkten mit klimafreundlicher Lieferkette aus der Region (Stadt). Nährstoffkreislauf (Bund): Die Nährstoffwiederverwendung wird verstärkt und weitere klimafreundlichere Technologien wie z.B. Nitrifikationshemmer bei der Gülleausbringung werden implementiert. Förderung von Forschung (Stadt/Bund/Kanton) im Bereich nachhaltige Landwirtschaft, um somit neue, klimafreundliche Produktionsmethoden und Systeme zu entwickeln. Der Einsatz von innovativen Technologien und Systemen wie z.B. Smart/Precision Farming wird gefördert (SBV 2020). 	<ul style="list-style-type: none"> Umsetzung der Ernährungsstrategie (Schritt 3.1). Dabei sollen weitere Kriterien berücksichtigt werden, die stärker auf die Klimaperspektive fokussieren. Zusätzlich soll mit dem vermehrten Einsatz von Bioprodukten zwingend weniger Fleisch gegessen werden, um THG- und «flächenneutral» zu bleiben¹³⁷. Datenerhebung von Beschaffung (aktuell sind keine harmonisierten und vollständigen Daten zur Beschaffung von Nahrungsmitteln durch die Stadt Zürich vorhanden). Dabei soll das Mengengerüst und die Klassifizierung departementsübergreifend erstellt und harmonisiert werden. Direkte Zusammenarbeit mit ProduzentInnen innerhalb der Wertschöpfungskette zur Umsetzung von Effizienzmassnahmen in Bezug auf Treibhausgasemissionen (zweckgebundene Zahlungen, zum Beispiel zur Verminderung der Abholzung für die Futtermittelproduktion oder Entwicklung von Massnahmen zur N₂O-Reduktion oder Reduktion von Methan in der Tierhaltung). 	<ul style="list-style-type: none"> + Ökonomische Vorteile, die durch eine Effizienzsteigerung entstehen können + Mit einer koordinierten Beschaffung – wie sie bereits heute angewendet wird – ergeben sich Preisvorteile. - Datenbasis / Transparenz - Technologische Grenzen - Globale Wirtschaftskrise «bremst» evtl. Forschung und neue Innovationen
Kein Import von Futtermitteln und Nahrungsmitteln aus Abholzgebieten	<ul style="list-style-type: none"> Futtermittelimport (Bund): Der Import von Futtermitteln wird strenger reguliert und es wird stark auf dessen Herkunft geachtet. Der Futtermittel- und Nahrungsmittelimport aus Abholzgebieten ist verboten. 	<ul style="list-style-type: none"> Erarbeitung der Datengrundlage - Studie zu den Hot-Spots der Landumwandlung, die indirekt durch die städtischen Verpflegungsbetriebe verursacht wird. 	<ul style="list-style-type: none"> + öffentlicher Druck und politische Vorgaben - Fehlende Transparenz und Rückverfolgbarkeit (oft ist die genaue Herkunft der Rohstoffe nicht bekannt) - keine gesetzlichen Verpflichtungen (momentan) bezüglich des Imports aus Abholzgebieten

¹³⁷ Tierische Bioprodukte brauchen im Allgemeinen mehr Fläche und sind weniger treibhausgas-effizient als konventionelle Produkte, da das Tier durchschnittlich länger gehalten wird und deshalb mehr Futter pro produziertem Fleisch konsumiert. Da der Bioanbau Vorteile für andere Umweltauswirkungen zeigt (Bodenqualität, Biodiversität), wird hier empfohlen, dieses Ziel trotz tiefer Treibhausgas-effizienz beizubehalten.

Schlüsselaspekte	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene (Kanton / Bund) und für städtische Politikmassnahmen (Stadt)	Ansätze für städtische Verpflegungsbetriebe	Treiber und Synergien (+) bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte (-)
Keine mit Flugzeugen importierten Nahrungsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausweitung des CO₂-Gesetzes (Bund/International) auf den Luftverkehr ▪ Deklarationspflicht von eingeflogenen Nahrungsmitteln (Stadt / Kanton / Bund) ▪ Unterstützung von Projekten «Urban Farms» 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ist bereits Teil der Beschaffungskriterien, kann z.B. durch Bio-label abgedeckt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> + Globale Klimaziele + SBT (1.5°C) + „Greta-Effekt“ (umwelt-/klimabewusster Einkauf) - Flugtransport zu billig (keine CO₂-Abgaben) - Steigende Nachfrage nach «exotischen» Produkten - Label-Dschungel
Keine Nahrungsmittel aus fossil beheizten Gewächshäusern	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deklarationspflicht für Nahrungsmittel aus fossil beheizten Gewächshäusern (Stadt / Kanton / Bund) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufnahme in Beschaffungskriterien, kann z.B. durch Bio-label oder durch (verbindliche) Richtlinien für saisonale Küche abgedeckt werden 	<ul style="list-style-type: none"> + Heizen mit Abwärme funktioniert + Zielsetzung von Grossverteilern (z.B. Migros) zu fossilfreien Treibhäusern - Vermehrter Treibhaus-Anbau in CH - Kosten von fossilfreien beheizten Treibhäusern werden als höher eingeschätzt
Soweit möglich CO ₂ -neutrale Produkte / Menüs	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderung und Unterstützung der Privatwirtschaft bei deren Netto-Null-Zielsetzung (Stadt / Kanton / Bund) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderung und Unterstützung von Zulieferern bei Nett-Null-Zielsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> + Globale Klimaziele + SBT (1.5°C) + „Greta-Effekt“ (gesteigerte Nachfrage) + Klimaziele von Firmen orientieren sich verstärkt am 2° / 1.5° Ziel - Momentan keine gesetzliche Verpflichtung
Reduktion von Verpackungsmaterial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verpackungsmaterial-abgabe und/oder Recyclingziele für die Branche (Bund/Kanton/Stadt): Es werden Produkte mit wenig Verpackung solchen mit viel Verpackung vorgezogen, sofern die Haltbarkeit nicht wesentlich reduziert wird. Umwelt- bzw. klimafreundliche Materialien werden ebenfalls bevorzugt werden. Zudem werden die Detailhändler aufgefordert, die Verpackungsmaterialmengen zu reduzieren und Konzepte wie „unverpackt-Läden“ zu verfolgen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mehrwegsysteme im Take-Away ▪ Mehrwegsysteme und Reduktion von Einwegplastik bei Veranstaltungen 	<ul style="list-style-type: none"> + Erhöhtes Bewusstsein zum Thema Einwegverpackungen in der Bevölkerung - Mögliche negative Effekte (erhöhte Nahrungsmittelverluste)

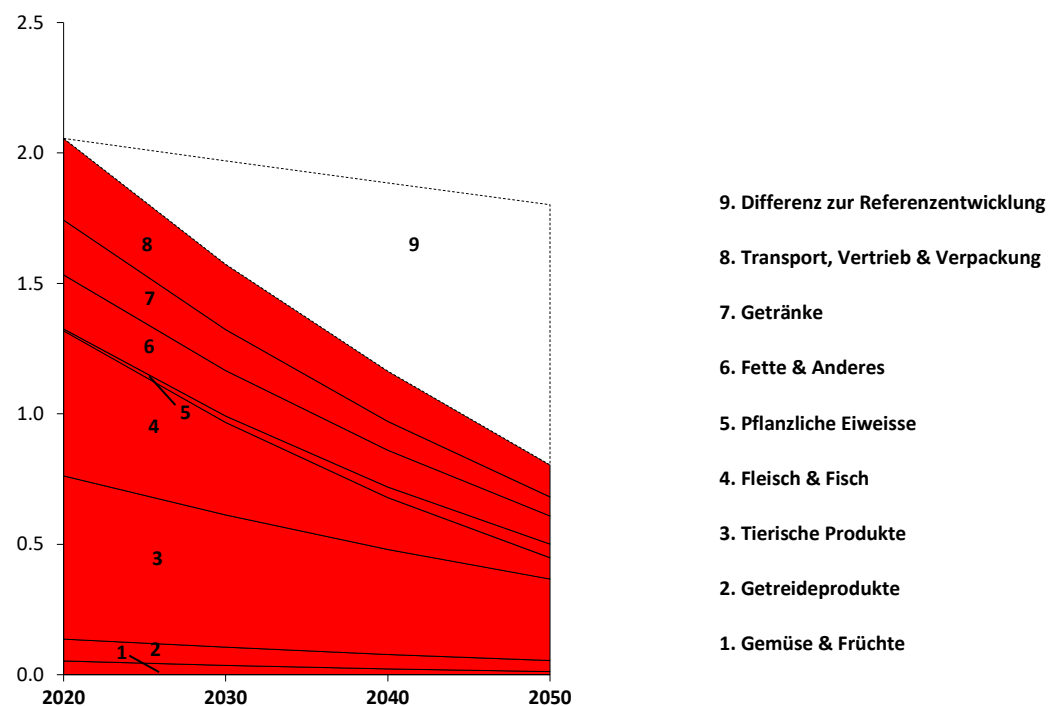
Tabelle INFRAS/Quantis

8.5. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

In Abbildung 22 illustrieren wir die Treibhausgasentwicklung für ein Szenario «SNN PLUS 2050», in dem der Übergang und die Zielerreichung gemäss Zielbilddefinition (Kapitel 8.3) mit den im Kapitel 8.4 beschriebenen Handlungsansätzen maximal forciert wird.

Abbildung 22: Entwicklung der Gesamtemissionen der Ernährung im Szenario SNN 2050 PLUS

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die konsumbedingten Emissionen (rot) im Szenario SNN PLUS 2050. Die Referenzentwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis von Grundlagendokumenten sowie Einschätzungen von ExpertInnen der Stadt Zürich. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Wird das definierte Zielbild erreicht, sinken die jährlichen konsumbedingten Emissionen im Jahr 2050 auf 0,9 t CO₂ pro EinwohnerIn. Die Treibhausgasemissionen der Ernährung werden damit mehr als halbiert. Dies erfordert eine konsequente Umstellung der Essgewohnheiten der KonsumentInnen, sowie eine effiziente und klimafreundliche Nahrungsmittelproduktion. Bei einem konsequenten Umstieg auf vegane Ernährung würden die konsumbedingten Emissionen noch stärker sinken (auf rund 0,5 t pro Kopf und Jahr).

Der in Abbildung 22 dargestellte Reduktionspfad geht davon aus, dass die oben beschriebenen Handlungsansätze zeitnah und weitgehend umgesetzt werden. Den potenziellen Beitrag

der verschiedenen Handlungsansätze zur Emissionsreduktion haben wir grob abgeschätzt. Zu beachten ist, dass die einzelnen Reduktionspotenziale teilweise Überschneidungen aufweisen (z.B. Ernährungsstil und die konsumierte Kalorienmenge) und sich somit nicht direkt aufsummieren lassen. In der Abbildung sind Überschneidungen bereinigt.

Tabelle 29: Grobschätzung der THG-Reduktionspotenziale verschiedener Handlungsansätze im Bereich Ernährung

Schlüsselaspekte	Handlungsansatz	THG Reduktionspotenzial (bezüglich Stand 2020)
Zusammensetzung der Nahrung & Ernährungsgewohnheiten	Ausgewogene Ernährung	-18%
	Rindfleischersatz durch Geflügel	-9%
	Vegetarische Ernährung	-25%
	Vegane Ernährung ¹³⁸	-45%
Lebensmittelabfälle	Keine «vermeidbaren» Nahrungsmittel-Verluste bei den KonsumentInnen	-10%
	Keine «vermeidbaren» Nahrungsmittel-Verluste entlang der Wertschöpfungskette	-14%
Konsumierte Menge an Nahrungsmittel	Erreichen des Normalgewichtes	-5%
	Bewusster Konsum von Genussmitteln	-5%
	Verzicht auf Tabak	<-1%
Klimafreundliche Produktion	Effiziente Produktion von Nahrungsmittel ¹³⁹	-33%
	Verzicht auf Flugimport von Futter- und Nahrungsmittel	-5%
	Kein Import von Futtermittel und Nahrungsmittel aus Abholzgebieten ¹⁴⁰	-20%
	Keine Nahrungsmittel aus fossil beheizten Gewächshäusern	-2%
	Verminderung Anteil der Verpackung	<-1%

Tabelle Infrac/Quantis

Der im direkten Einflussbereich der Stadt liegende Anteil an den Gesamtemissionen der Verpflegungsbetriebe ist gering. Diese Emissionen liegen jedoch in direkter Verantwortung der Stadtverwaltung. Sie stellen einen wirksamen Anknüpfungspunkt dar, um das Thema durch die städtische Vorbildfunktion voranzubringen. Die im Rahmen der Ernährungsstrategie gesetzten

¹³⁸ Möglicher Zielkonflikt mit «gesunder Ernährung» gemäss BLV: Eine vegane Ernährung wird für Kinder, schwangere und stillende Frauen sowie ältere Menschen nicht empfohlen. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/empfehlungen-informationen/lebensphasen-und-ernaehrungsformen/vegetarier-und-veganer.html>

¹³⁹ Gemäss dem Klimaziel von BWL: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/umwelt/klima.html>

¹⁴⁰ Global sind THG-Emissionen, die durch Waldrodung und Landnutzung verursacht werden, für mehr als ein Drittel der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft (Agriculture, Forestry, and Other Land Use, AFOLU) verantwortlich (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf). Im Rahmen dieser Studie wurde der Anteil von Futter- und Nahrungsmitteln aus Abholzgebieten für Milch, Rindfleisch, Öle, Fette, Kakao und Kaffee basierend auf den WFLDB Datensätzen grob abgeschätzt. Dabei gilt es zu beachten, dass für die Analyse Durchschnittswerte verwendet wurden. Eine weitere Aufschlüsselung der Herkunft von Nahrungsmitteln basierend auf Importstatistiken und auch die Berücksichtigung von zertifizierten Produkten (z.B. Anteil RSPO-Zertifikaten für Palmöl oder «nachhaltiges» Soja) könnten das Einsparpotential erheblich beeinflussen.

Ziele geben zudem wertvolle Hinweise zu den Reduktionspotenzialen im Ernährungsbereich der Treibhausgasemissionen (ca. 25%, siehe Kapitel 8.2). Ergänzt mit aus Klimasicht weiterführenden Massnahmen (Kapitel 8.4), welche eine ausgewogene Ernährung immer noch gewährleisten, lassen sich die Treibhausgasemissionen um weitere rund 35% gegenüber der Referenz verringern.

9. Übrige Konsumbereiche

9.1. Einleitung

In diesem Kapitel werden die Treibhausgasemissionen behandelt, die in weiteren Konsumbereichen anfallen, zusammengefasst als Kategorie «übrige Konsumbereiche». Diese Kategorie beinhaltet Kleider, Heimtextilien, Schuhwerk, Papier und Karton, Möbel und Einrichtungsgegenstände sowie weitere Güter, die unter anderem mit Freizeit, Kultur, Gesundheit zu tun haben (z.B. Sportgeräte, Schmuck, Kosmetikartikel, Reinigungsmittel, Arzneimittel etc.). Die «weiteren Güter» sind sehr heterogen.

Die Treibhausgasemissionen, die durch die Kategorie «übrige Konsumbereiche» verursacht werden, betragen fast 3 t pro EinwohnerIn und Jahr. Dies sind rund 20-25% der totalen Treibhausgasemissionen pro EinwohnerIn.¹⁴¹ Etwa ein Drittel davon beziehungsweise etwa 1 Tonne CO₂ pro EinwohnerIn und Jahr ist auf den Konsum von Textil- und Schuhwerkprodukten zurückzuführen.¹⁴² Verschiedene Studien schätzen, dass dieser Industriesektor für 5–8% der totalen, globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich ist.¹⁴³ Möbel und Einrichtungsgegenstände sind die nächstgrössere Kategorie mit 0.4 t Treibhausgasemissionen pro EinwohnerIn. Die Treibhausgasemissionen von Heimtextilien, Papier und Karton belaufen sich auf rund 0.2 t. Die restliche Tonne Treibhausgasemissionen lässt sich aufgrund der grossen Anzahl heterogener Güter kaum weiter unterteilen.

Wir führen unsere Analyse aus der Konsumperspektive der Haushalte auf Stadtgebiet sowie der Stadt als Akteurin durch. Der Konsum der EinwohnerInnen der Stadt Zürich wird unabhängig vom Konsumort (auf Stadtgebiet und ausserhalb) und ohne Berücksichtigung des Konsums von «Auswärtigen» auf Stadtgebiet bewertet. Bei der Stadt als Akteurin legen wir den Fokus auf die Beschaffung der Stadtverwaltung.

Wir berücksichtigen die folgenden Konsumbereiche und Treibhausgasemissionen:

- **Berücksichtigte Konsumbereiche:** Kleider, Schuhwerk und Heimtextilien, Papier und Karton, Möbel und Einrichtungsgegenstände, Weitere Güter¹⁴⁴. Nicht berücksichtigt sind Baumaterialien, elektronische Geräte, Mobilität (Fahrzeuge), Ernährung, welche in den entsprechenden Kapiteln 3 (Siedlung, Gebäude), 4 (Personen- und Güterverkehr) und 8 (Ernährung) behandelt werden.
- **Berücksichtigte Treibhausgasemissionen (Kleider, Schuhwerk und Heimtextilien):** Produktion von Fasern, Kleider- und Textilienherstellung, Schuhherstellung, Verpackung, Transport

¹⁴¹ Vgl. Jungbluth & Itten 2012, Manshoven et al 2019

¹⁴² Dieser Wert basiert auf neueren Studien (Manshoven et al. 2019, Quantis 2018, BCG 2017) und ist höher als in Jungbluth & Itten 2012 ausgewiesen.

¹⁴³ Vgl. Manshoven et al (2019), Quantis 2018, Boston Consulting Group 2017.

¹⁴⁴ Die Kategorie «weitere Güter» wird basierend auf Jungbluth und Itten 2012 abgeschätzt. Diskrepanzen zwischen anderen Studien und der vorliegenden können hier nicht bis ins Detail eruiert werden.

und Lagerung bis zum Verteilzentrum. Nicht berücksichtigt sind der Transport zum Konsumenten, die Nutzungsphase (Waschen etc.) und die Entsorgung, welche in den entsprechenden Kapiteln 3 (Siedlung, Gebäude), 4 (Personen- und Güterverkehr) und 6 (Entsorgung) betrachtet werden.

- **Berücksichtigte Treibhausgasemissionen (Papier, Karton, Einrichtung, Rest):** Herstellung, Transport und Lagerung von Papier, Karton, Einrichtungs- und weiteren Gegenständen. Nicht berücksichtigt sind der Transport zu den KonsumentInnen, der Unterhalt und die Entsorgung, welche in den entsprechenden Kapiteln 3 (Siedlung, Gebäude), 4 (Personen- und Güterverkehr) und 6 (Entsorgung) betrachtet werden.

Wir stellen in diesem Kapitel ein Zielbild sowie Massnahmen im Bereich Textilien/Schuhwerk dar, weil diese Kategorie einen hohen Anteil der Treibhausgasemissionen aus der Kategorie «übrigen Konsum» verursacht. Die restlichen Bereiche in der Kategorie «übriger Konsum» behandeln wir summarisch.

Wir modellieren die wichtigsten Aspekte und Zusammenhänge des Bereichs „übrige Konsumbereiche“ in einem quantitativen Modell – mit folgenden Eckpunkten (Details vgl. Excel-Modell):

Kleider, Schuhwerk und Heimtextilien:

- **Textil- und Schuhwerkkonsum:** Die Menge der konsumierten Kleider ist ein wichtiger Treiber für die (gesamten) Treibhausgasemissionen dieses Bereichs. Ein grosser Teil der gekauften Kleider wird nie oder sehr selten getragen.¹⁴⁵
- **Textilabfälle:** Die meisten Kleider werden als Textilabfälle entsorgt, bevor sie nicht mehr tragbar sind.¹⁴⁶ Zusätzlich werden nicht verkaufte Kollektionen häufig einfach vernichtet. Dieser Trend wird durch schlechte Qualität und schnelle Abfolge von Kollektionen («fast fashion») begünstigt. Gesammelte Altkleider werden meistens in Osteuropa oder in Afrika weiterverkauft, mit zum Teil negativer Wirkung auf den einheimischen Textilmarkt.¹⁴⁷
- **Produktionseffizienz Textil und Schuhwerk:** Verschiedene Faktoren schlagen sich auf die Treibhausgasbilanz von produzierten Textil- und Schuhprodukten nieder. Wichtige Aspekte sind u.a.:
 - Strom- und Wärmebedarf für die Produktionsprozesse entlang des Produktlebenswegs und Strommix in den Produktionsländern, speziell im asiatischen Raum, wo die Nutzung von Kohle als Energieträger hoch ist.

¹⁴⁵ Hier schätzen wir diesen Anteil auf 40% ab (Vgl. Sajn 2019, Manshoven et al (2019).

¹⁴⁶ Vgl. Manshoven et al 2019.

¹⁴⁷ Diese negativen Wirkungen sind nicht Teil dieser THG-orientierten Studie.

- Anbaumethoden der pflanzlichen Fasern: Hier sind vor allem der Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden im Zusammenspiel mit dem Ertrag und dem Nährstoffkreislauf relevant.
- Transportmittel und Distanzen, wobei insbesondere der Flugtransport relevant ist.
- Landnutzungsänderungen im Zusammenhang mit Holzplantagen und Abholzung zur Produktion von holzbasierten Fasern.
- Die **Wahl der Faser und Rohmaterialien** hat einen wesentlichen Einfluss auf die Treibhausgasbilanz,¹⁴⁸ wobei die Anbau- bzw. Produktionsmethode gleich wichtig ist wie der Rohstoff selbst. Je nach Anbaumethode oder -region kann die Treibhausgasbilanz einer Baumwollfaser um Faktoren variieren. Dasselbe gilt für synthetische oder holzbasierte Fasern wie Viskose oder Modal aufgrund der Variabilität in der Optimierung des Herstellungsprozesses sowie der Energiequellen. Bei der Wahl der Faser und Rohmaterialien muss deshalb gleichzeitig auf die Anbau-/Produktionsmethode geachtet werden.

Papier und Karton

- Während der **Papierverbrauch** in den letzten Jahren deutlich gesunken ist, bleibt der **Konsum an Karton** stabil. Beim Papier hat die Digitalisierung (online-Zeitungen, «papierloses» Büro etc.) zu einer Reduktion des Bedarfs geführt; beim Karton ist der Onlinehandel ein wichtiger Treiber des gleichbleibenden Verbrauchs.
- Die **Produktionseffizienz** (speziell der Energieverbrauch und der Strommix, insbesondere europäisch und global)¹⁴⁹ beeinflusst massgeblich die Treibhausgas-effizienz.

Möbel/Einrichtungen und «weitere Güter»

- Für diese Kategorien wird nur die Treibhausgas-effizienz berücksichtigt. Eine detaillierte Betrachtung weiterer Einflussgrößen ist aufgrund der Produktheterogenität der Kategorie nicht möglich.

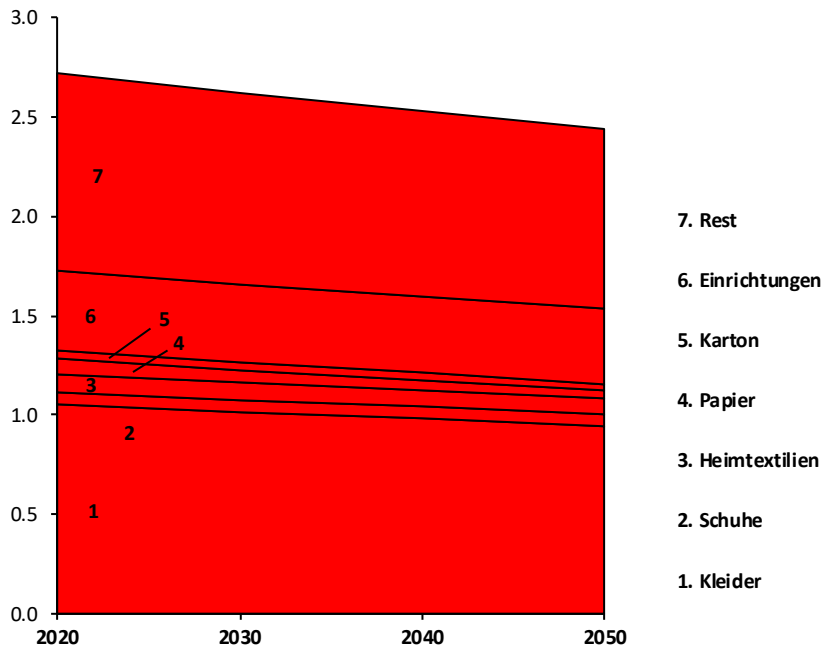
9.2. Referenzentwicklung

Abbildung 21 zeigt die durch uns zugrunde gelegte Referenzentwicklung der Treibhausgasmissionen für den «übriger Konsum». Die zentralen Annahmen und (Zwischen-)Ergebnisse führen wir im Anschluss auf.¹⁵⁰

¹⁴⁸ Im Durchschnitt der ganzen Textilproduktion sind es 15% der Treibhausgasemissionen der Kleiderproduktion (ohne Nutzung).

¹⁴⁹ Wir benutzen hierzu die gleichen Annahmen wie in den Kapiteln 3, 4 und 8 (Ernährung)

¹⁵⁰ Weitere Details sind im Excel-Modell dokumentiert, in dem auch Hinweise zu berücksichtigten Quellen aufgeführt sind.

Abbildung 23: Übrige Konsumbereiche – ReferenzentwicklungTreibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn

Dargestellt sind die Emissionen aus der Konsumperspektive der EinwohnerInnen der Stadt Zürich – aufgeteilt nach Konsumgut. Die Referenzentwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis von Grundlagendokumenten (Quantis 2018; ecoinvent Datenbank v3.6; RP+K 2019). Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Die jährlichen Treibhausgasemissionen der «übrigen Konsumbereiche» belaufen sich im Jahr 2020 auf rund 2.7 t pro EinwohnerIn. Den grössten Anteil machen die Kleider, die Einrichtungen und der Rest aus. Im Referenzszenario reduzieren sich die Emissionen bis ins Jahr 2050 um 11%. Dies ist mehrheitlich auf die angenommene Verbesserung des globalen Strommix zurückzuführen, welcher in allen Bereichen zu einer Reduktion führt. Zudem wird weniger Papier verbraucht, während bei den übrigen Konsumgütern von stabil bleibenden Verbrauchsmengen pro Kopf ausgegangen wird

Die wichtigsten Annahmen bezüglich der Referenzentwicklung zur Stadt Zürich und zur städtischen Beschaffung sind in Tabelle 25 zusammengefasst.

Tabelle 30: Annahmen zu der Referenzentwicklung – Konsum in der Stadt Zürich

Schlüsselaspekte	Referenzentwicklung – Konsum in der Stadt Zürich
Textil- und Schuhwerkkonsum	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der pro Kopf Textilien-Konsum der Schweiz beträgt etwa 30 kg, der Konsum an Schuhwerk etwa 2 Paare pro Kopf und Jahr.¹⁵¹ In Zukunft wird diese Zahl im selben Bereich liegen. ▪ Wir gehen von einem Konsum von 3 kg Heimtextilien pro Kopf und Jahr aus und nehmen an, dass diese Zahl in etwa gleich bleiben wird.¹⁵²
Textilabfälle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Lebensdauer der Textilien bleibt gleich wie heute.
Produktionseffizienz Textil und Schuhwerk	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Treibhausgasbilanz der produzierten Textilien verbessert sich durch den höheren Anteil von erneuerbaren Energieträgern im Strommix um 10%.¹⁵³
Wahl der Faser und Rohmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Wahl der Faser und Rohmaterialien bleibt gleich wie heute.
Konsumierte Menge Papier, Karton, Einrichtung und weitere Güter (Rest)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Papierkonsum für Zeitungen etc. geht aufgrund der Digitalisierung weiter um 2.5% pro Jahr zurück. Der Kartonverbrauch hingegen bleibt aufgrund der Weiterentwicklung vom E-Commerce / Digitalisierung mit gleichzeitiger Optimierung der Verpackungsgrösse und Recycling in etwa gleich. ▪ Bei Einrichtungen und weitere Güter gehen wir von einem gleichbleibenden Konsum aus.
Produktionseffizienz von Papier, Karton, Einrichtung und weiteren Güter (Rest)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wir nehmen für alle Güter eine Verbesserung der Produktionseffizienz von 5% durch die angenommene Verbesserung vom Strommix an.¹⁵⁴

Tabelle INFRAS/Quantis

Städtische Beschaffung

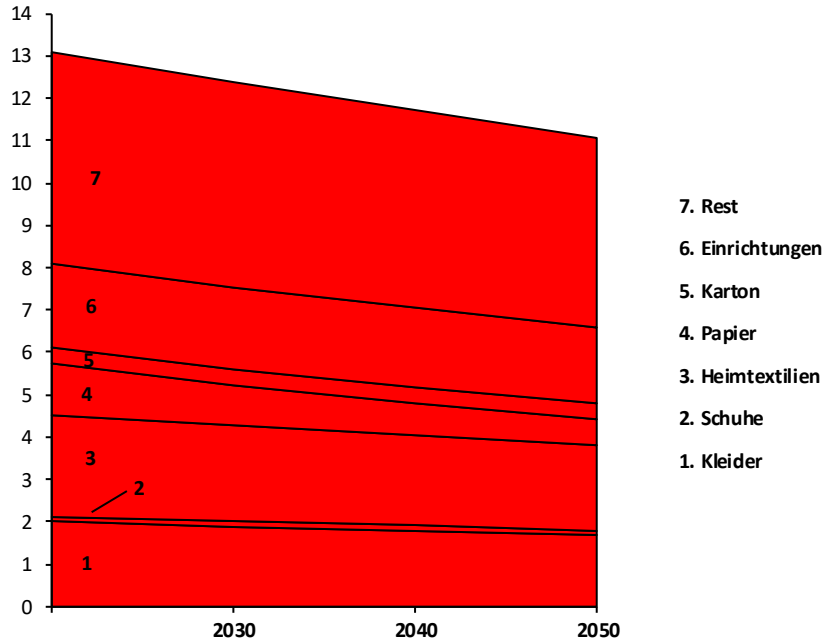
Die Treibhausgasemissionen der städtischen Beschaffung für die «übrigen Konsumbereiche» belaufen sich im Jahr 2020 auf 5'300 Tonnen CO₂-Äqu., was rund 12 kg CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn entspricht. Die Referenzentwicklung resultiert hauptsächlich aus der Entwicklung des globalen Energiemix sowie aus dem Einkauf von ökologisch hergestellten Produkten als Folge von städtischen Vorgaben und von bevorzugter Bewertung CO₂-ärmerer Prozesse und Produkte entlang der Wertschöpfungskette. Ein Treibhausgasmonitoring dokumentiert die Treibhausgasemissionen bei der Beschaffung von Textilien und eine weitere Abnahme des Papierbedarfs (Annahmen siehe Tabelle 25).

¹⁵¹ Vgl. Quantis 2018.

¹⁵² Vgl. Quantis 2018.

¹⁵³ Der Emissionsfaktor von Strom von 2020 basiert auf dem aktuellen Wert der Zürich Mobility LCA Studie und auf dem globalen Durchschnitt IEA (Ausland). Für den Strommix im Jahr 2050 wird eine lineare Reduktion von 18% bis 2050 angenommen, analog der Annahme für die Stadt Zürich.

¹⁵⁴ Wir gehen von einem im Vergleich zu Textilien höheren Anteil an Wärmebedarf (z. B. für die Papierproduktion) und an Treibhausgasrelevanz der Rohmaterialien (z. B. für Schmuck oder metallische Gegenstände) in der Gesamtbilanz aus, was zu einer tieferen Reduktion durch den Strommix führt.

Abbildung 24: Städtische Beschaffung – ReferenzentwicklungTreibhausgasemissionen in kg CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Dargestellt sind die Emissionen der Beschaffung der Stadt Zürich im Bereich „übrige Konsumbereiche“ – aufgeteilt nach Konsumgut. Die Referenzentwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis von Grundlegenden Dokumenten sowie Einschätzungen von ExpertInnen der Stadt Zürich.¹⁵⁵

Der Anteil der Beschaffung der Zürcher Stadtverwaltung liegt gemäss unseren Schätzungen bei weniger als 1% am gesamten Konsum der Stadt Zürich in dieser Kategorie. Die wichtigsten Annahmen bezüglich der Referenzentwicklung des Konsums von übrigen Gütern durch die städtische Beschaffung sind in Tabelle 31 zusammengefasst.

¹⁵⁵ Für Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell. Die Kategorie „übrige Güter“ wird mangels spezifischer Daten mit 1% vom allgemeinen Konsum in der gleichen Kategorie abgeschätzt.

Tabelle 31: Annahmen zur Referenzentwicklung – städtische Beschaffung

Schlüsselaspekte	Referenzentwicklung – städtische Beschaffung
Textil- und Schuhwerkkonsum:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Verbrauch an Kleidern und Schuhwerk wächst proportional zur Anzahl EinwohnerInnen bei gleichbleibendem Bedarf pro Angestellte. ▪ Die Menge an Heimtextilien wächst ebenfalls proportional zur Anzahl EinwohnerInnen, da die entsprechenden Einrichtungen (Heime, Spitäler etc.) bereitgestellt werden müssen.
Textilabfälle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Lebensdauer der Textilien bleibt unverändert.
Produktionseffizienz Textil und Schuhwerk	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dank den ökologischen Vorgaben und Zuschlagskriterien bei der Textilbeschaffung der Stadt Zürich verringert sich der Treibhausgasfaktor pro kg Textilien um 5% stärker als bei der restlichen Bevölkerung.
Wahl der Faser und Rohmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Wahl der Faser und Rohmaterialien verändert sich nicht wesentlich. Es gibt ein leichter Trend in Richtung rezyklierter Materialien (2050: 5% aller Faser).
Konsumierte Menge Papier, Karton, Einrichtung und weiteren Güter (Rest)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Bedarf an Papier geht weiter zurück, während der Kartonverbrauch unverändert bleibt. Bei Einrichtungen und weiteren Gütern nehmen wir einen gleichbleibenden Konsum (pro EinwohnerIn) an.
Produktionseffizienz von Papier, Karton, Einrichtung und weiteren Güter (Rest)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wir gehen von den gleichen Verbesserungen wie beim übrigen Konsum aus.

Tabelle INFRAS/Quantis

Das Mengengerüst für die «übrigen Konsumbereiche» im Jahr 2020 und in der Referenzentwicklung wird in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 32: Referenzentwicklung der übrigen Konsumbereiche – Ausgewählte Annahmen und Zwischenergebnisse

	2020	2030	2040	2050	Δ20-50
Bevölkerung (Tausende)	439	493	520	540	23%
Konsum Stadt Zürich (kg pro EinwohnerIn bzw. Paare pro EinwohnerIn (Schuhwerk))					
Kleider	30	30	30	30	0%
Schuhwerk	2.1	2.1	2.1	2.1	0%
Heimtextilien	3	3	3	3	0%
Papier	83	64	50	39	-53%
Karton	44	44	44	44	0%
Möbel/Einrichtungen	20	20	20	20	0%
Städtische Beschaffung (kg bzw. Paare (Schuhwerk))					
Kleider	25'000	28'069	29'613	30'752	23%
Schuhwerk	1'750	1'965	2'073	2'153	23%
Heimtextilien	35'000	39'297	41'458	43'052	23%
Papier	677'325	621'340	535'593	454'450	-33%
Karton	193'160	216'876	228'800	237'600	23%
Möbel/Einrichtungen	43'900	49'290	52'000	54'000	23%
Emissionsfaktoren Strom (g CO₂ pro kWh)¹⁵⁶					
Schweiz	106	118	93	87	-18%
Ausland	475	447	419	391	-18%

9.3. Zielbild

Das Zielbild für die übrigen Emissionen weist, im Gegensatz zu jenen für die energiebedingten Emissionen, visionären Charakter auf. Es entspricht einer möglichen Zukunftsvision für die Stadt Zürich, die mit dem globalen Netto-Null-Ziel konsistent ist. Hauptzweck dieses Zielbildes (vgl. Tabelle 32) ist es, das maximale Reduktionspotenzial im «übrigen Konsumbereich» pro EinwohnerIn in der Stadt Zürich aufzuzeigen.

¹⁵⁶ Der Emissionsfaktor von Strom von 2020 basiert auf dem aktuellen Wert der Zürich Mobility LCA Studie und auf dem globalen Durchschnitt IEA (Ausland). Für den Strommix im Jahr 2050 wird eine lineare Reduktion von 18% bis 2050 angenommen, analog der Annahme für die Stadt Zürich.

Tabelle 33: Zielbild «Übrige Konsumbereiche»

Schlüsselaspekte	Beschrieb	
Kleider- und Schuhwerkkonsum/Textilabfälle	Reduktion des Überkonsums und der Textilabfälle	Durch die zunehmende Bedeutung des Suffizienzgedankens ist «fast fashion» nicht mehr gefragt. Durch neue Technologien, die eine kundenindividuelle Massenproduktion der Textilien vereinfachen, kann das Angebot besser der nachgefragten Menge angepasst werden. Zudem werden die Textilhersteller durch den internationalen Druck gezwungen, fairere Löhne zu bezahlen und in Technologien zur Reduktion von Umweltschadstoffen zu investieren, was (ceteris paribus) zu einem Preisanstieg führt. Dies wirkt sich auf das Einkaufsverhalten aus, wodurch der pro Kopf-Konsum sinken wird. Der Anteil Kleider, der nie oder sehr selten getragen wird, beträgt entsprechend nur noch 5% anstatt 40%.
	Verlängerung der Lebensdauer	Durch Innovationen und neue Herstellungstechnologien werden die Textilprodukte qualitativ hochwertiger, was ihre Lebensdauer verlängert. Weiter erlauben genaue Angaben zur Textilreinigung und -pflege einen schonenden Umgang mit den Textilprodukten. Dadurch verdoppelt sich die Lebensdauer der Kleider und Schuhwerk. Bei den Heimtextilien ist diese im Vergleich zu heute rund 25% höher.
	Erhöhung des Recyclings von Textilteilen und Textilfasern	Es werden vermehrt Textilteile (nicht nur Fasern) rezykliert, aber auch die Faserproduktion aus rezyklierten Materialien (z.B. Abfall-PET für Recyclingpolyester) steigt an. Die Treibhausgasemissionen bei der Verwendung neuer Fasern beträgt 50%.
Wahl der Fasern und Rohmaterialien	Einführung und Benutzung von neuen, optimierten Fasern	Ausser rezyklierten Fasern werden nur noch optimierte Fasermaterialien verwendet, die eine geringere Umweltbelastung aufweisen als ihre konventionellen Alternativen. So kann zum Beispiel die Verwendung von Baumwolle aus regenerativem biologischem Anbau einen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen durch den positiven Einfluss auf die Kohlenstoffbindung im Boden und die Reduktion des Kunstdünger- und Pestizideinsatzes leisten. ¹⁵⁷ Zudem etablieren sich natürliche Kunstfasern aus Textil-Abfällen und Landwirtschaftsabfällen, die im Vergleich zu Frischfasern eine günstigere Treibhausgasbilanz aufweisen.
Produktionseffizienz (Textilien und Schuhwerk)	Technologische Optimierung	Durch «smart production» werden die Herstellungsprozesse um 20% effizienter, was somit zu Energieverbrauchsreduktion und Einsparungen von Chemikalien führt. ¹⁵⁸
Mengenmässiger Konsum	Reduktion der Menge	Die Reduktion des Papierverbrauchs ist pro Jahr zweimal so hoch wie in der Referenz. Durch Lebensdauererlängerung und Reduktion des Überkonsums können die Mengen an Karton und Einrichtungen um 25% reduziert werden.
Produktionseffizienz (alle weiteren Güter)	Technologische Optimierung	Wir gehen hier pauschal von einer 10% Erhöhung der Produktionseffizienz aus.

Tabelle INFRAS/Quantis

¹⁵⁷ Regenerative Landwirtschaft strebt einen Humusaufbau an und damit die Speicherung von Kohlenstoff in den Boden.¹⁵⁸ Hasanbeigi und Price 2013.

Der Beitrag der Verbesserung im Strommix der Vorketten wird schon in der Referenzentwicklung berücksichtigt. Weitere, nicht direkt oder nur teilweise berücksichtigte Aspekte:

- **Geographische Verschiebung der Produktionsstandorte:** Arbeitskosten und andere strategische Überlegungen führen zu einer Verschiebung der Kleiderproduktionsbetriebe nach Afrika, aber auch zurück in die USA oder nach Europa. Dieser Trend kann für die Treibhausgasbilanz positiv sein, falls der Energiemix am neuen Standort einen kleineren fossilen Anteil hat oder die Produktionsanlage eine höhere Effizienz (z.B. dank dem Schliessen von Stoffkreisläufen und der Reduktion benötigter Chemikalien). Dies hängt allerdings vom technologischen Stand des Landes sowie davon ab, ob gleichzeitig in erneuerbaren Energien und umweltverbessernde Produktionstechnologien investiert wird.
- **Digitalisierung:** Dieser Trend bezieht sich auf neue Technologien oder technologieinduzierte Effizienzsteigerungen in der Lieferkette entlang der Wertschöpfungskette, wie z.B. schlanke Fertigung, digitale Energiemanagementsysteme, Automatisierung und Massenanpassung. Die Digitalisierung ermöglicht eine Verringerung von Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbrauch, indem sie Industrieabfälle reduziert und damit die Menge des benötigten Rohmaterials verringert. In diesem Zusammenhang ist es auch wichtig, die Energieeffizienz zu berücksichtigen, um eine effektive Emissionsreduzierung zu gewährleisten. Dieser Trend kann jedoch auch zu wichtigen sozialen Folgen (z.B. Verlust von Arbeitsplätzen) führen, die berücksichtigt werden sollten.

9.4. Handlungs- und Politikmassnahmenansätze

Zu den einzelnen Schlüsselaspekten werden in Tabelle 28 verschiedene Handlungsansätze auf Ebene Stadt, Kanton und Bund aufgelistet. Wir fokussieren dabei auf Politikmassnahmen und lassen private oder Brancheninitiativen bewusst weg, auch wenn diese etwa im Konsumbereich bedeutend sein könnten.

Tabelle 34: Handlungsansätze zur Reduktion der konsumbedingten Emissionen

Schlüsselaspekte	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene (Kanton / Bund) und für städtische Politikmassnahmen (Stadt)	Ansätze für eine nachhaltige Beschaffung	Treiber und Synergien (+) bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte (-)
Textilien und Schuhwerk			
Überkonsum und Abfälle vermeiden	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe und umfassende CO₂-Abgabe (Bund) kombiniert mit Border Tax Adjustment für Importe von Konsumprodukten, damit auch ein finanzieller Anreiz besteht, klimaschädliche Produkte zu vermeiden. Reduzierte Mehrwertsteuer auf Reparaturarbeiten, Textilproduktmiete und Second-hand Textilien und Schuhwerk. ▪ Deklarationspflicht (Bund): Die Detailhändler werden verpflichtet, mehr Angaben zur Herkunft, Produktion, Transportart und Umweltauswirkungen der Textilprodukte bekannt zu geben. Dadurch wird die Transparenz gesteigert und somit kann die Bevölkerung vereinfacht umwelt- und klimafreundliche Verkaufsentscheidungen treffen. ▪ Zielvorgaben für das Recycling (Bund): der Textilssektor wird verpflichtet, einen Sammel- und Recyclinganteil zu erreichen, der jedes Jahr erhöht wird. ▪ Erhöhtes Angebot an Reparaturservice & Tauschbörsen, kreativen Schneiderateliers (Stadt) als Förderung einer Kreislaufwirtschaft: Die Bevölkerung wird über Möglichkeiten von Reparaturstätten für Textilien und weitere Konsum- und Verbrauchsgüter informiert und es werden auch solche Services gefördert. Zudem werden Tauschbörsen organisiert, um die direkte Wiederverwendung zu steigern und somit die Lebensdauer der Textilprodukte und Verbrauchsgüter zu verlängern. ▪ Neue Technologien und Innovationen (Bund/Kanton/Stadt): Technologien zur kunden-individuellen Massenproduktion und neue Geschäftsmodelle (z.B. Kleidermietläden) werden gefördert, z.B. durch günstige Miete oder gratis Werbefläche. ▪ Sensibilisierung, Information, Beratung, Aus- und Weiterbildung («Soft-Policy») 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bund/Kanton legen neue Anforderungen für eine nachhaltige Beschaffung fest, damit Umwelt- und Klimaschutz im Rahmen der Ausschreibung entsprechendes Gewicht erhalten. ▪ Stadt Zürich erstellt und führt ein Bekleidungskonzept für alle Dienstabteilungen ein. Damit könnten Synergien genutzt werden, um einerseits die Corporate Identity der Dienstbekleidungen der unterschiedlichen Departemente der Stadt Zürich sicher zu stellen. Durch eine koordinierte Beschaffung bei der Bekleidung und Textilien Ausrüstungsgegenständen könnten die festgelegten Nachhaltigkeitskriterien durchgängig sichergestellt werden. ▪ Verbindliche Vorgaben zur Qualität und Lebensdauer der Textil- und Schuhprodukte in der Beschaffung. ▪ Die Designspezifikation der Uniformen wird von der Ausschreibung und Beschaffung der Produkte entkoppelt, damit die Uniformen nicht spätestens alle 8 Jahre neu entwickelt werden müssen (da es aufgrund dem aktuellen Submissionsrecht ca. alle 8 Jahre neue Ausschreibungen und Auftragnehmerinnen gibt, mit entsprechend neuem Design). ▪ Genaueres Monitoring: Sammlung konkreter Daten zum Textilkonsum, wie z.B. über die Lebensdauer, die Recycling-Rate und den Textilkonsum in der städtischen Beschaffung, um einen genaueren, aktuellen Stand zu erfassen und um letztendlich die Umsetzung der Massnahmen zu überprüfen. ▪ Sensibilisierung, Information, Beratung, Aus- und Weiterbildung der EinkäuferInnen. 	<ul style="list-style-type: none"> + Gesellschaftlicher Wandel (z.B. durch «Influencers») + Mehrwert für die Kundinnen + Tauschbörsen, Second-Hand Läden und online Plattformen immer häufiger + Reparaturstätten - Relativ hohe Kosten für Reparaturen - Nachfragedruck für preiswerte Produkte - Wachsendes Angebot (mehr Kollektionen), eine schnellere Abwicklung und niedrigere Preise treiben den Konsum («fast fashion») - Wachstum der Kaufkraft

Schlüsselaspekte	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene (Kanton / Bund) und für städtische Politikmassnahmen (Stadt)	Ansätze für eine nachhaltige Beschaffung	Treiber und Synergien (+) bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte (-)
	<p>(Bund/Kanton/Stadt): Die Bevölkerung wird über nachhaltige Rohfasern, sowie über eine umwelt- und klimafreundliche Textilproduktion informiert. Zudem werden genauere Angaben zu schonender Textil-Reinigung und -Pflege kommuniziert.</p>		
<p>Wahl der Fasern und Rohmaterialien Produktionseffizienz</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deklarationspflicht (Bund): Die Detailhändler werden verpflichtet, mehr Angaben zur Herkunft, Produktion, Transportart und Umweltauswirkungen der Textilprodukte bekannt zu geben. Dadurch wird die Transparenz gesteigert und somit kann die Bevölkerung vereinfacht umwelt- und klimafreundliche Verkaufsentscheidungen treffen. ▪ Neue Technologien und Innovationen (Bund/Kanton/Stadt): Es wird in neue Technologien und in die Forschung zur nachhaltigen Textilindustrie mit Fokus auf energieeffizientere Herstellungsprozesse und dem Schliessen von Stoffkreisläufen investiert. ▪ Genaueres Monitoring (Bund/Kanton/Stadt): Sammlung konkreter Daten zum Textilkonsum wie z.B. über die Lebensdauer, die Recycling-Rate und den Textilkonsum pro Kopf um einen genaueren, aktuellen Stand zu haben und um die Umsetzung der Massnahmen zu überprüfen. ▪ Treibhausgasbezogene Konsumabgaben oder CO₂-Abgabe auf Konsumgüter (Bund) werden implementiert, damit auch ein finanzieller Anreiz besteht, klimaschädliche Produkte zu vermeiden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Stadt rechnet die Treibhausgasbilanz der beschafften Kleider mittels des Textilrechners und entwickelt ihn weiter, um eine möglichst genaue Berechnung zu erlauben. Damit ist ein Monitoring der Treibhausgasemissionen ihrer Einkäufe möglich. ▪ Die Stadt entwickelt Vorgaben und Anforderungen, damit umwelt- und sozialverträgliche bzw. klimafreundliche Textilprodukte beschafft werden. ▪ Die Stadt investiert in die Optimierung der Wertschöpfungskette auch ausserhalb des Stadtgebiets (insetting) und bietet Unterstützung bei Korrekturmassnahmen aus Klimaperspektive in der Herstellung, dies im Rahmen von gemeinsamen Projekten, die in gleichberechtigter Zusammenarbeit mit den Lieferanten erfolgt. 	<ul style="list-style-type: none"> + Bund, Kantone und weitere Städte entwickeln auch Standards und Massnahmen für die nachhaltige Beschaffung (z.B. Entwicklung von Leitfäden für wichtige Produktgruppen) + Kosteneinsparungen entlang der Wertschöpfungskette bei Energieeinsparungen + Aufkommende Labels und Zertifikate, die auch Ökobilanzansätze integrieren + Transparenz von Lieferketten inkl. der nachhaltigen Produktion - / + Konsumentenscheide emotional getrieben (Emotionen können in beide Richtungen führen) - Komplexität und Länge der Wertschöpfungskette - Mangelnde Transparenz - Kosten der Umstellung auf einer nachhaltigen Produktion - Effizienz der Massnahme ist nicht immer leicht zu überprüfen - Mehrkosten für Stadt

Schlüsselaspekte	Ansätze für Politikmassnahmen auf übergeordneter Ebene (Kanton / Bund) und für städtische Politikmassnahmen (Stadt)	Ansätze für eine nachhaltige Beschaffung	Treiber und Synergien (+) bzw. Hemmnisse und Zielkonflikte (-)
Restliche Konsumgüter (Papier und Karton, Möbel und Einrichtungsgegenstände, übrige Güter)			
Klimafreundliche Produktion und Konsummengen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deklarationspflicht (Bund): Die Detailhändler werden verpflichtet, mehr Angaben zur Herkunft, Produktion, Transportart und Umweltauswirkungen der Konsumgüter bekannt zu geben. Dadurch wird die Transparenz gesteigert und somit kann die Bevölkerung vereinfacht umwelt- und klimafreundliche Verkaufsentscheidungen treffen. ▪ Hohe umfassende CO₂-Abgabe (Bund) kombiniert mit Border Tax Adjustment für Importe von Konsumprodukten damit auch ein finanzieller Anreiz besteht, klimaschädliche Produkte zu vermeiden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Stadt kennt die Mengen beschafftes Papier / Karton, Einrichtungen und weitere Konsumgüter inkl. ihre Treibhausgasintensität (z.B. durch die Weiterentwicklung des Textilrechners und Anwendbarkeit auf andere Produktgruppen). Damit ist ein Monitoring der Treibhausgasemissionen ihrer Einkäufe möglich. ▪ Überprüfung der beschafften Mengen: «No-buy» Entscheidungen für kritische und nicht nötige Produktkategorien oder Prüfung einer nachhaltigen “Alternative” (Ergänzung des Sortiments durch Substitution von “problematischen” oder wenig ökologischen Produkten mit gleicher oder ähnlicher Funktion). ▪ Die Stadt setzt mengenmässige Zielvorgaben im Bereich Konsumgüter ähnlich zur Zielvorgabe 2020 für den Papierverbrauch. Soweit sinnvoll beinhalten diese Zielvorgaben einen Reduktionspfad. ▪ Die Stadt entwickelt verbindliche Vorgaben (speziell pro Produktgruppen) bezüglich der Treibhausgas-effizienz der beschafften Güter. ▪ Die Stadt investiert in die Optimierung der Wertschöpfungskette auch ausserhalb des Stadtgebiets (Insetting). 	<ul style="list-style-type: none"> + Bund, Kantone und weitere Städte entwickeln auch Standards und Massnahmen für die nachhaltige Beschaffung (z.B. Entwicklung von Leitfäden für wichtige Produktgruppen) + Kosteneinsparungen entlang der Wertschöpfungskette bei Energieeinsparungen + Transparenz von Lieferketten inkl. der nachhaltigen Produktion - Kosten der Umstellung auf eine nachhaltige Produktion - Effizienz der Massnahme ist nicht immer leicht zu überprüfen - Mehrkosten für die Stadt

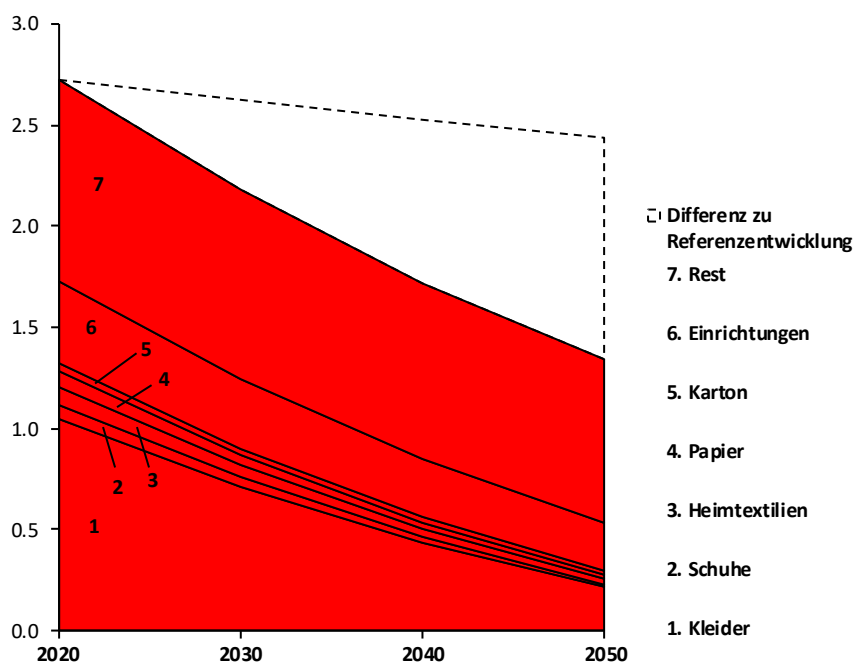
Tabelle INFRAS/Quantis

9.5. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

In Abbildung 22 illustrieren wir die Treibhausgasentwicklung für ein Szenario SNN 2050 PLUS, in dem der Übergang und die Zielerreichung gemäss Zielbilddefinition (Kapitel 9.3) mit den im Kapitel 8.4 beschriebenen Handlungsansätzen maximal forciert wird.

Abbildung 25: Entwicklung der Gesamtemissionen des übrigen Konsums im Szenario SNN 2050 PLUS

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die konsumbedingten Emissionen (rot) im Szenario SNN 2050 PLUS. Die jährliche Entwicklung skizzieren wir in eigener Einschätzung auf Basis von Grundlagendokumenten sowie Einschätzungen von Experten der Stadt Zürich. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Bei optimaler Umsetzung der skizzierten Handlungsansätze können die jährlichen Emissionen des «übrigen Konsums» von heute ca. 2.7 t CO₂-Äqu. auf ca. 1.4 t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn bis im Jahr 2050 reduziert werden. Damit dieses Ziel erreicht wird, müssen der Strommix in den produzierenden Ländern stark optimiert und der Konsum stark gedrosselt werden.

Das grob geschätzte Reduktionspotenzial der erwähnten Handlungsansätze im Bereich der Kleider ist beispielhaft in Tabelle 29 aufgeschlüsselt. Die einzelnen Reduktionspotenziale werden im Vergleich zu den Treibhausgasemissionen 2020 dargestellt.

Tabelle 35: Grobschätzung der Treibhausgas-Reduktionspotenziale verschiedener Handlungsansätze im Bereich Kleider

Handlungsansätze	THG Reduktionspotenzial (bezüglich Stand 2020)
Kleider werden zweimal so lange getragen wie heute	50%
Nicht/kaum getragene Kleider von 40% auf 5% reduzieren	35%
Erhöhung der Produktionseffizienz in der Lieferkette	17%
Optimierte Faserproduktion oder Recyclinganteil der Fasern von 50%	8%
Nur noch biologische Baumwolle ¹⁵⁹	2%

Tabelle Infrac/Quantis

Der Einflussbereich der Stadtverwaltung Zürich durch ihre Beschaffung ist gemäss unseren Schätzungen im Vergleich zum Konsum der gesamten Stadtbevölkerung mengenmässig bescheiden (ca. 0.5%). Die so verursachten Treibhausgasemissionen liegen jedoch in direkter Verantwortung der Stadtverwaltung und stellen daher einen wirksamen Anknüpfungspunkt dar, um das Thema durch die städtische Vorbildfunktion voranzubringen. Weiter sind die im Rahmen der nachhaltigen Beschaffung gesetzten Ziele eine gute Basis zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Die vorliegenden Ergebnisse sind mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Um diese zu reduzieren, ist eine bessere Erhebung der städtisch beschafften Mengen sowie ihrer Treibhausgaswirkung nötig.

¹⁵⁹ Etwa 25% der heute benutzten Fasern sind Baumwolle (The Fiber Year 2017). Synthetische Faser machen den Hauptanteil aus.

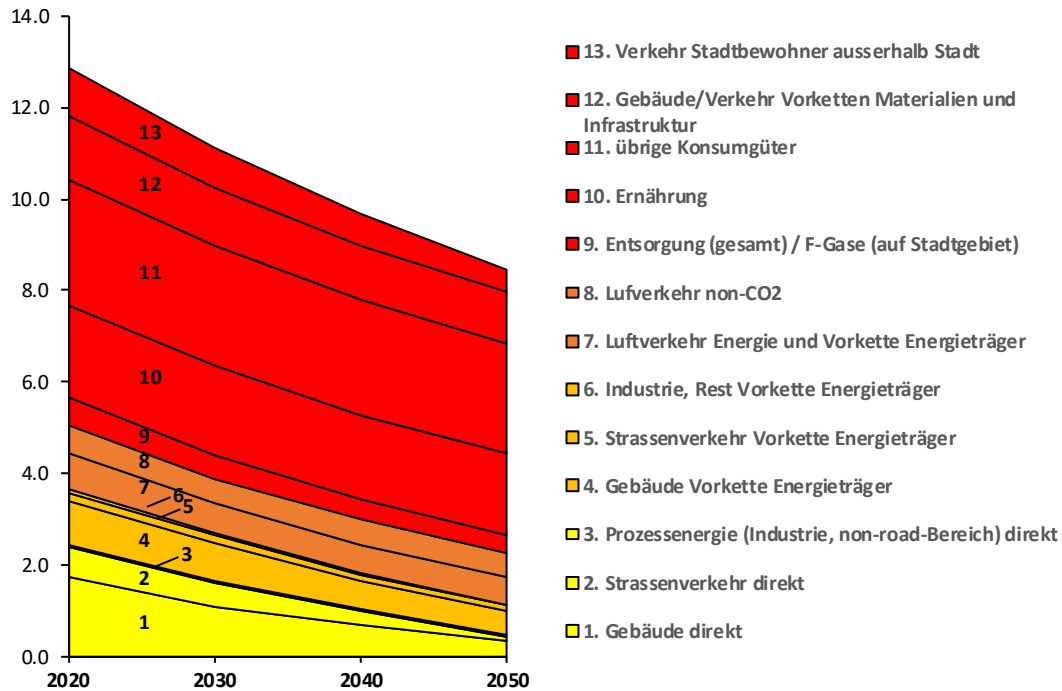
10. Gesamtüberblick über alle energie- und konsumbedingten Treibhausgasemissionen

10.1. Referenzentwicklung

Abbildung 26 zeigt die angenommene Referenzentwicklung für die Treibhausgasemissionen (in Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Kopf und Jahr). Ausgewiesen sind die direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet (Bereiche Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung; Personen- und Güterverkehr; Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen, F-Gas auf Stadtgebiet), die Emissionen der Vorketten dieser energiebedingten Emissionen, die Emissionen des Luftverkehrs durch die Stadtbevölkerung (direkte Emissionen durch den Kerosinverbrauch und indirekt durch die Vorketten) sowie die konsumbedingten Emissionen (Bereiche Entsorgung, Ernährung, übrige Konsumgüter). Zudem werden die Emissionen der mit Materialien und der Infrastruktur zusammenhängenden Vorketten im Gebäude- und im Verkehrsbereich sowie die Verkehrsemissionen der StadtbewohnerInnen ausserhalb der Stadt aufgeführt.

Abbildung 26: Entwicklung der Emissionen in der Referenzentwicklung nach Bereichen

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Gelbe Flächen zeigen direkte, energiebedingte Emissionen auf Stadtgebiet, orange Flächen die Emissionen in den Vorketten der Energieträger, braune den Luftverkehr und rote die übrigen Anteile.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Aus Abbildung 26 ist ersichtlich, dass die direkten energiebedingten Emissionen auch im Referenzszenario bis 2050 auf etwa 20 Prozent des Ausgangswerts von 2020 sinken werden. Dies gilt unter unserer Annahme, dass das Ambitionsniveau bezüglich der offiziell angekündigten Klimaschutzziele sowohl international, in der EU sowie bei Bund und Kanton Zürich sehr hoch ist. Da gleichzeitig auch der Energiebedarf reduziert und schweizweit bzw. international der Strom erneuerbarer wird, sinken auch die Emissionen der Vorketten der Energieträger um rund 60 Prozent. Diese Emissionen sinken weniger stark als die direkten energiebedingten Emissionen, weil auch erneuerbare Energieträger mit Vorketten behaftet sind und der Strombedarf gegenüber 2020 um etwas mehr als zehn Prozent ansteigt (+12%, wegen Elektromobilität, Wärmepumpen und Industrie).

Beim Luftverkehr enthält die Referenz einen Rückgang der Emissionen um rund 30 Prozent. Die Wirkung von Ticketabgaben, Effizienzfortschritten und synthetischen bzw. erneuerbaren Treibstoffen wird durch Mengenausweitung der Nachfrage zu einem guten Teil «neutralisiert».

Im Jahr 2050 liegen die Emissionen im Referenzszenario aus dem direkten Energieeinsatz, dessen Vorketten und dem Luftverkehr (Energiestatistik der Stadt bzw. Bezugssystemgrenze des 1-Tonnen-CO₂-Ziels in der Gemeindeordnung) bei 1.8 t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn. Davon entfällt ein Drittel auf den Luftverkehr (exkl. non-CO₂-Effekte). Das 1-Tonnen-CO₂-Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft wird im Referenzszenario somit deutlich verfehlt. Dies, weil die bereits beschlossenen und absehbaren Massnahmen noch nicht ausreichend sind, um das in der städtischen Gemeindeordnung verankerte Ziel zu erreichen.

Im Bereich des Konsums wird in der Referenz eine Abnahme der Gesamtemissionen um rund 25 Prozent angenommen. Dies vor allem, weil weniger tierische Produkte konsumiert werden, die Menge an Konsumgütern auch in der Referenzentwicklung pro Kopf leicht sinkt und die Produktion generell zunehmend klimafreundlich stattfindet.¹⁶⁰

Abbildung 26 zeigt die angenommene Referenzentwicklung für die Treibhausgasemissionen (in Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Kopf und Jahr). Ausgewiesen sind die direkten energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet (Bereiche Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung; Personen- und Güterverkehr; Prozessenergie in Industrie/Gewerbe sowie im non-Road-Bereich), die Emissionen der Vorketten dieser energiebedingten Emissionen, die Emissionen des Luftverkehrs durch die Stadtbevölkerung (direkte Emissionen durch den Kerosinverbrauch und indirekt durch die Vorketten) sowie die konsumbedingten Emissionen (Bereiche Entsorgung, Ernährung, übrige Konsumgüter). Zudem werden die Emissionen der mit Materialien und der Infrastruktur zusammenhängenden Vorketten im Gebäude- und im Verkehrsbereich sowie die Verkehrsemissionen der StadtbewohnerInnen ausserhalb der Stadt aufgeführt.

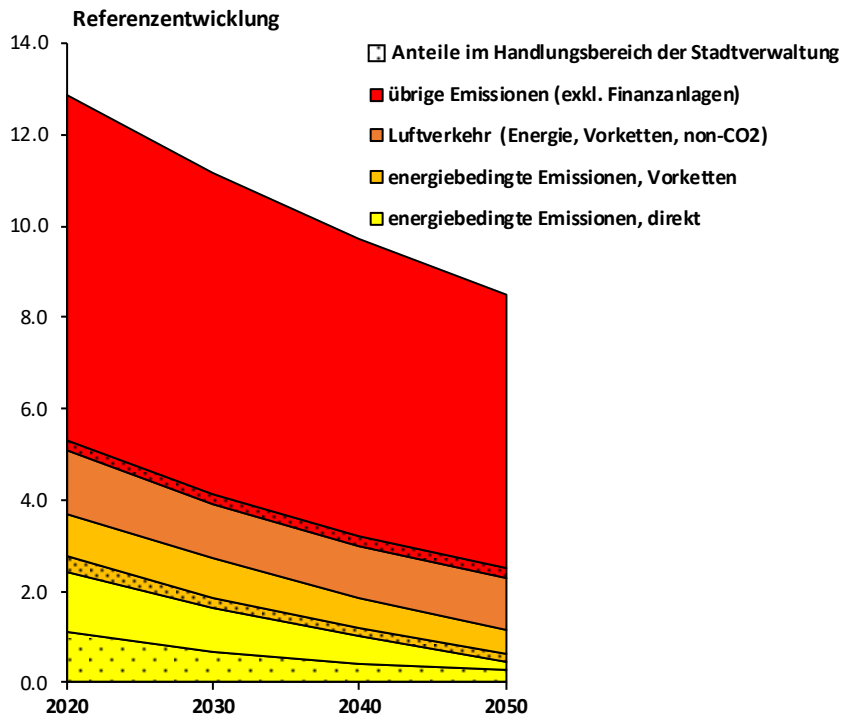
Abbildung 26 zeigt die sehr hohe Bedeutung des Konsums an den durch die EinwohnerInnen, die Wirtschaft und die Stadtverwaltung verursachten Gesamtemissionen. Die (nicht-territorialen) konsumbedingten Emissionen sind heute fast doppelt so hoch wie die energiebedingten Emissionen und der Luftverkehr zusammen. Im Jahr 2050 liegen die konsumbedingten Emissionen im Referenzszenario sogar um beinahe Faktor 4 höher. Dies obwohl angenommen wird, dass international bedeutende Anstrengungen unternommen werden und deshalb die spezifischen Emissionen in den Vorketten sinken. Aufgrund des Bevölkerungswachstums findet aber auf absolutem Niveau weiterhin eine Mengenausweitung bei den Konsumgütern statt.

Die tabellarischen Zahlenwerte zur Emissionsentwicklung inklusive eines Vergleichs mit den übrigen Szenarien sind im Anhang 11.2 aufgeführt.

¹⁶⁰ Z.B. werden keine fossil beheizten Gewächshäuser mehr eingesetzt.

Abbildung 27: Referenzentwicklung der Gesamtemissionen (mit Abgrenzung Anteile Stadt als Eignerin)

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Die grau gepunkteten Flächenanteile zeigen jeweils den Anteil, den die Stadt aufgrund der Eigentumsverhältnisse direkt beeinflussen kann. Die grössten Anteile im gesamten Handlungsbereich der Stadt betreffen die Gasversorgung, die Fernwärme die eigenen Bauten und die eigenen Fahrzeuge.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Abbildung 27 illustriert die Emissionsanteile, auf die die Stadt als Eignerin direkt Einfluss nehmen kann. Die wichtigsten Bereiche sind die Gasversorgung, die Fernwärme, die stadteigenen Gebäude im Finanz- und Verwaltungsvermögen sowie die städtische Fahrzeugflotte. Bei den energiebedingten Emissionen (inkl. Vorketten) umfasst der direkte Handlungsbereich der Stadt heute rund 40 Prozent der gesamten Emissionen (v.a. im Bereich Wärmeversorgung). Bis 2050 erhöht sich der Anteil auf gegen 50 Prozent. Demgegenüber ist der Anteil der Stadt am gesamten Konsum so klein, dass er in der Grafik nicht erkennbar ist.

10.2. Zielbilder für 2050

Wir haben für alle untersuchten Bereiche Zielbilder entwickelt. Die Zielbilder für die energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet (vgl. Kapitel 3 und 4) sind konkreter und politikrelevanter als die eher visionären Zielbilder für die weiteren Bereiche, die vorwiegend die durch die Zürcher Stadtbevölkerung verursachten Emissionen ausserhalb des Stadtgebiets betreffen.

10.2.1. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»

Tabelle 36 zeigt die Eckpunkte der Zielbilder für die drei zentralen Handlungsfelder im Bereich der energiebedingten Emissionen. Die Struktur orientiert sich an den zentralen Grundlagenarbeiten der Stadt Zürich: Gebäude und Siedlung¹⁶¹, Verkehr sowie Energieversorgung.¹⁶² Zielbilder für die Gesamtemissionen betrachten wir im Kapitel 10.2.2.

¹⁶¹ Gebäude und Siedlung wird aufgrund des engen Zusammenhangs aus pragmatischen Gründen gemeinsam behandelt. Enge Bezüge bestehen natürlich auch zwischen Verkehr und Siedlung, welche im Bereich Verkehr angesprochen werden.

¹⁶² Vgl. Masterplan Energie und Road Map 2000 Watt-Gesellschaft

Tabelle 36: Übersicht Eckpunkte Zielbilder energiebedingte Emissionen (SNN 2050) für die drei zentralen Themenbereiche

Siedlung und Gebäude	Verkehr	Energieversorgung
<ul style="list-style-type: none"> Absoluter Wärmebedarf Gebäudepark: -30%; Eigene Gebäude der Stadt Zürich: -40%. Kompensation der Zunahme Energiebezugsfläche durch Reduktion Heizgradtage Wohnfläche pro Kopf: -15%; Büroflächen pro Beschäftigte -10% Jährliche Sanierungsrate Wohnbauten: 2.5%, Nichtwohnbauten 3%; eigene Gebäude der Stadt Zürich: Wohnbauten: 2.75%, Nichtwohnbauten 3.25%; Verdichtete Siedlungsstruktur, attraktive, durchmischte Quartiere 	<p>Personenverkehr auf Stadtgebiet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Auf Stadtgebiet fahren 2050 praktisch ausschliesslich elektrisch betriebene Personenwagen; der Rest wird mit erneuerbaren Treibstoffen betrieben Im ÖV auf Stadtgebiet werden 2050 keine Verbrennungsmotoren mehr betrieben <p>Güterverkehr auf Stadtgebiet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Auf Stadtgebiet fahren 2050 praktisch ausschliesslich batteriebetriebene Lieferwagen Bei den Lastwagen sind neben rein batteriebetriebenen Fahrzeugen, Brennstoffzellen-, Gas-, Hybrid- und auch noch herkömmlich betriebene Nutzfahrzeuge im Einsatz. Wasserstoff, Gas und flüssige Treibstoffe stammen zu 100% aus erneuerbaren Energien Bei Gütertransporten per Bahn auf Stadtgebiet werden 2050 keine Dieselfahrzeuge eingesetzt <p>Tiefbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Treibhausgasrelevante Bauaktivitäten im verkehrsbezogenen Tiefbau auf Stadtgebiet werden 2050 mit Fahrzeugen und Baumaschinen durchgeführt, die mit Strom oder erneuerbarem Treibstoff betrieben werden 	<p>Wärmeversorgung Gebäude:</p> <ul style="list-style-type: none"> Öl- und Gasheizungen sind durch dezentrale Wärmepumpen und auf zwei Dritteln des Stadtgebiets mit Nah- und Fernwärme ersetzt Gasverteilnetz weitgehend stillgelegt. Biogas und synthetische Gase sind nur punktuell relevant Nutzung des regionalen Energieholzpotenzials (insbes. für Spitzenlastdeckung der Fernwärme) <p>Strombedarf:</p> <ul style="list-style-type: none"> Der Strombedarf reduziert sich bis 2050 trotz Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum um 5%¹⁶³ Der gebäudebezogene Strombedarf liegt im Jahr 2050 um rund 5% höher als 2020 Der verkehrsbezogene Strombedarf (PW, Güterverkehr und ÖV) liegt 2050 um 90% höher als 2020 (Steigerung von 0.26 TWh auf 0.5 TWh) <p>Stromerzeugung auf Stadtgebiet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Photovoltaikproduktion 1 TWh/a (rund 25% der Dach- und Fassadenflächen durch PV genutzt, 10 Millionen m² Modulfläche auf Stadtgebiet verbaut) KVA/Holzheizkraftwerke: Ca. 0,4 TWh¹⁶⁴ <p>Grossräumige Herausforderungen der Stromversorgung (ausserhalb der Stadt):</p> <ul style="list-style-type: none"> Die grössten Herausforderungen der Netto-Null-kompatiblen Stromversorgung sind überregional gelöst (u.a. erneuerbare Stromproduktion, saisonale Speicherung) Der CO₂-Emissionsfaktor Strom liegt im Jahr 2050 ggü. 2020 ca. 85% tiefer

Tabelle INFRAS/Quantis

10.2.2. Szenario «SNN 2050 PLUS – Gesamtemissionen»

Soll das Ziel Netto-Null bis 2050 global erreicht werden, müssen nicht nur die energiebedingten, sondern auch alle übrigen Emissionen gegen Null reduziert werden. Dazu wurde ein Szenario SNN 2050 PLUS entwickelt, mit dem wir aufzeigen, wie eine Stadt Zürich mit nahe Null Gesamtemissionen aussehen könnte (visionäre Zielbilder). Tabelle 37 zeigt die Eckpunkte dieser Zielbilder für vier wichtige Themenbereiche. Zusätzlich zu den drei im Kapitel 10.2.1 betrachteten Themenbereichen werden hier die Bereiche Ernährung und übriger Konsum betrachtet, die primär Emissionen ausserhalb des Stadtgebiets verursachen.

¹⁶³ Den grössten Anteil daran haben Stromeffizienzverbesserungen bei Beleuchtung und Geräten. Individuelle Verhaltensänderungen leisten ebenfalls einen Beitrag (weniger Geräte durch stärkere technische Konvergenz, weniger Betrieb ohne Nutzen).

¹⁶⁴ Grobschätzung: 620 GWh zusätzliche Fernwärme über KVA und Holzheizkraftwerke. Durchschnittlicher Wirkungsgrad 40% Elektrizität / 60% Wärme ergibt ca. 400 GWh mehr Strom aus KVA und HHKW.

Tabelle 37: Übersicht Eckpunkte Zielbilder SNN 2050 Plus (Übrige Emissionen: rote Flächen in den Abbildungen)

Siedlung und Gebäude	Stadtverkehr	Energieversorgung	Ernährung und übriger Konsum
<ul style="list-style-type: none"> Die LCA-Emissionen können um 55% reduziert werden Geringe Ersatzneubau-Tätigkeit: Die 2020 bestehenden Gebäude stehen praktisch alle auch 2050 noch (jedoch mit energetischen Erneuerungen) Die Erneuerungsrate von nicht energierelevanten gebäudebezogenen Infrastrukturen, Bauteilen, Innenausbauten liegt ggü. 2020 um zwei Drittel tiefer Neubauten (primär Alters- und Pflegezentren, Schulen etc.; wenig/keine Büro- und Wohnbauten) sowie modernisierte Gebäude sind auf maximale Treibhausgas-effizienz des LCA optimiert. Reduktion der Anzahl elektrischer Geräte mit Gebäudebezug pro Person bis 2050 ggü. 2020 um einen Viertel. Reduktion der Ersatzrate gebäudebezogener elektrischer Geräte um einen Faktor vier ggü. 2020. 	<ul style="list-style-type: none"> Die LCA-Emissionen konnten um 45% reduziert werden. Maximaler Anteil Velo- und Fussverkehr und minimaler MIV-Anteil (Annahme im Modell - 80% ggü. 2020) leisten dazu einen massgeblichen Beitrag Verwendung rezyklierbarer und klimaneutraler Materialien beim Ausbau der ÖV-Kapazitäten Kleinere, weniger leistungsstarke Fahrzeuge; rezyklierbare Materialien, weitgehend klimaneutrale Herstellung. Maximaler Anteil an rezyklierbaren und klimaneutralen Materialien bei Infrastrukturerstellung und -unterhalt. Fahrleistungen von Liefer- und Lastwagen auf Stadtgebiet 2050 absolut um rund 20% tiefer als 2020, dank veränderten Konsummustern und einem Quantensprung in der City-Logistik. 	<p>Gebäude:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kehrichtverwertung zur Wärmeversorgung von Gebäuden, Ausschöpfung weiterer Wärmequellen (Bspw. Seewasser) In der KVA Hagenholz werden 2050 nur noch wenig Abfallfraktionen fossilen Ursprungs verbrannt (minus 80% ggü. 2020) Die 2050 noch verbrannten fossilen Abfallfraktionen bestehen nur noch aus dem fossilen Anteil, der aus technischen Gründen nicht rezykliert werden kann. <p>Gebäude und Verkehr:</p> <ul style="list-style-type: none"> Der zusätzliche Strombedarf durch die Elektrifizierung wird durch den Ausbau der PV-Leistung, durch die gesteigerte Energieeffizienz sowie ergänzender Beschaffung erneuerbaren Stroms ausserhalb des Stadtgebiets gedeckt. 	<p>Ernährung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Food Waste und Übermässiger Kalorienkonsum wird vermieden Konsum tierischer Produkte ist um die Hälfte ggü. 2020 reduziert Klimafreundliche Produktion der Nahrungsmittel Reduktion des Verpackungsmaterials Vorwiegend treibhausgasarmes Produktangebot <p>Übriger Konsum:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reduktion des Überkonsums (z.B. Kleider, die nicht getragen werden) und der Textilabfälle Verlängerung der Lebensdauer der dauerhaften Konsumgüter Erhöhung des Recyclings z.B. von Textilteilen und Textilfasern Technologische Optimierungen der Produkterstellung

Tabelle INFRAS/Quantis

10.3. Politikmassnahmen für Zielerreichung bis 2050

Im Folgenden präsentieren wir eine Übersicht zu den Politikmassnahmen, die wir zur Umsetzung des Szenarios SNN 2050 vorschlagen. Dabei unterscheiden wir in der Tendenz konkretere, direkt politikrelevante Massnahmen für die Reduktion der energiebedingten Emissionen (vgl. Kapitel 3 und 4) und visionärere Handlungs- und Politikmassnahmenansätze für die konsumbedingten und übrigen Emissionen (vgl. Kapitel 5 bis 9).

10.3.1. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»

Tabelle 38 fasst die in den Kapiteln 3 und 4 detaillierter dargestellten Massnahmenpakete und Schlüsselmassnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen auf Null bis 2050 in den Bereichen Gebäude, Verkehr und der damit verbundenen Energieversorgung.

Tabelle 38: Massnahmenpakete und Schlüsselmassnahmen zur Realisierung der Zielbilder SNN 2050 für die drei zentrale Themenbereiche

Siedlung und Gebäude	Verkehr	Energieversorgung
<p>MP1: Wärmebedarf reduzieren</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ WB-1: Städtische Zusatzbeiträge zum Gebäudeprogramm und zur kantonalen Förderung für die Hüllensanierung, falls gleichzeitig eine Öl- oder Gasheizung ersetzt wird ▪ WB-2: Beschleunigte Sanierung eigener Gebäude im Verwaltungs- und Finanzvermögen <p>MP2: Transformation Fernwärme-/Gasversorgung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FWG-1: Fernwärmeausbau auf zwei Drittel des Stadtgebiets mit forcierter Anschlussentwicklung ▪ FWG-2: Gasverteilnetze für Raumwärme- und Warmwasserversorgung mit wenigen Ausnahmen (Altstadt) stilllegen ▪ FWG-3: Restbedarf an Stützbrennstoffen in KVA sowie für Spitzenlastdeckung in Fernwärmezentralen mit holzbasierten Brennstoffen oder erneuerbaren Gasen decken <p>MP 3: Gasheizungsersatz</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ GH-1: Neuanschlüsse von bestehenden Gebäuden an Gasnetz ab Inkraftsetzung der Grenzwerte im CO₂-Gesetz bzw. des novellierten kantonalen Energiegesetzes generell unterbinden. ▪ GH-2: Verbindliche Anforderungen beim Gasheizungsersatz in Gebieten mit Fernwärmeerschliessung: neue Gasheizung nur noch als Übergangslösung; falls Neuanschluss einzige Lösung: Versorgung mit 100% erneuerbarem Gas zwingend ▪ GH-3: Finanzielle Förderung durch städtische Zusatzbeiträge zum Gebäudeprogramm/kantonalen Förderung zur Flankierung (falls Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist oder um Ersatz zu beschleunigen), <p>MP4: Ölheizungsersatz</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ÖH-1: Verbindliche Anforderungen beim Ölheizungsersatz in Gebieten mit Fernwärmeerschliessung: neue fossile Heizung nur noch als Übergangslösung und nur bei fehlenden Alternativen ▪ ÖH-2: Finanzielle Förderung: städtische Zusatzbeiträge zum Gebäudeprogramm und zur kantonalen Förderung, (falls Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist oder um Ersatz zu beschleunigen) 	<p>MP6: Reduktion Fahrleistungen auf Stadtgebiet, v.a. im MIV</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FL-1: Velonetz-Ausbau massiv beschleunigen: Umwidmung Kapazitäten vom MIV zum Velo im Strassenraum, Entflechtung und Priorisierung Velo an Knoten ▪ FL-2: Parkraum begrenzen: Starke Abnahme der Parkplätze ab 2020, verschärfte Bewirtschaftung bestehende PP (Tarif, Nutzungsdauer, Beschränkung auf fossilfreie Fahrzeuge) ▪ FL-3: Vorbildwirkung: Einführung und Umsetzung umfassendes Mobilitätsmanagement für die Stadt als Akteurin ▪ FL-4: Aufwertung öffentlicher Raum und Fusswegnetz <p>MP7: Transformation Flottenmix:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ TFM-1: Entwicklung Territorium Stadt Zürich zur Null-Emissionszone; Rechtsgrundlagen auf Bundesebene fordern ▪ TFM-2: Stadt als proaktive «Enablerin» des Ladestationenausbaus auf Stadtgebiet 	<p>MP5: Emissionen Strom-Vorketten senken</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ VS-1: Finanzielle Anreize zur effizienten Stromnutzung erhöhen (z.B.: Anpassung Stromtarife, direkte Förderung ausgewählter Anlagen und Geräte, etc.) ▪ VS-2: Finanzielle Anreize für PV-Ausbau stark erhöhen (z.B.: ewz-Rückspeisetarife für PV-Anlagen erhöhen, Vorfinanzierung Einmalvergütung Bund, eigene direkte Förderbeiträge für die Installation von PV-Anlagen, z.B. in Kombination mit Dachsanierungen) ▪ VS-3: Verpflichtung, dass Dach- und Fassadenflächen soweit sinnvoll maximal mit PV-Modulen belegt werden müssen, wo Stadt direkt Einfluss nehmen kann (eigene Gebäude, Umnutzungen mit Sondernutzungsplanungen etc.)

Tabelle INFRAS/Quantis

10.3.2. Szenario «SNN 2050 PLUS –Gesamtemissionen»

Tabelle 39 zeigt eine Übersicht wichtiger Handlungs- und Politikansätze zur Realisierung der Zielbilder SNN 2050 PLUS in drei zentralen Politikbereichen. Die aufgelisteten Ansätze zeigen mögliche Stossrichtungen auf, welche je nach Einschätzung der politischen Relevanz vertieft zu prüfen wären.

Tabelle 39: Übersicht wichtiger Handlungs- und Politikmassnahmenansätze zur Realisierung der Zielbilder SNN 2050 PLUS in drei zentralen Politikbereichen (übrige Emissionen = rote Fläche in Abbildung 30)

Siedlung und Gebäude	Stadtverkehr	Ernährung und übriger Konsum (Auswahl)
<p>HA-1: Hohe Belegungsdichte in den Gebäuden Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Lenkungsabgabe auf Wohnflächen oder Gebäudebelegungsvorschriften auf Bundes-/Kantonebene <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Monitoring der Belegung in den Verwaltungsgebäuden und in den stadteigenen Liegenschaften Vorschriften für die Genossenschaften bezüglich Belegung <p>HA-2: Tiefe Neubaurate Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anpassung der Baugesetzgebung, Forderung eines Bedarfsnachweises für Neubauten <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anforderungen an die Bewilligung von Neubauten betreffend indirekte THG-Wirkungen <p>HA-3: Reduktion der nicht-energetischen Sanierungsaktivitäten Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hohe CO₂-Abgabe kombiniert mit Border Tax Adjustment für Importe von Konsumprodukten und Investitionsgütern <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hohe Gewichtung der THG-Wirkungen bei der Planung von Bauaktivitäten bei eigenen Gebäuden <p>HA-4: Optimierte Gebäudekonzepte mit tiefen grauen THG Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hohe CO₂-Abgabe kombiniert mit Border Tax Adjustment Einbezug der THG-Intensität der Baumaterialien in den MuKEn Förderung von Recyclingtechnologien und -pfaden für Kunststoffe, Holz etc. <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ECO-Vorgaben für die eigenen Gebäude verschärfen Finanzielle Anreize für die Verwendung von Holz als Baumaterial Weiterführung und Vertiefung des Baumaterial- und Bauteil-Recyclings 	<p>HA-6: Maximaler Veloanteil Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ermöglichen von Veloschnellrouten und Kapazitätseinschränkung MIV auf städtischem Gebiet (v.a. Kanton), siehe SNN 2050 <p>Ansätze für städtische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Umverteilung von Verkehrsflächen anstatt Ausbau <p>HA-7: Flottenstandardisierung und maximale Rezyklierbarkeit der Materialien Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Flottengrenzwerte Bund und stärkere Berücksichtigung der Fahrzeuggrösse Eigene Beschaffungsvorschriften, insbesondere auch im Bahnbereich <p>Ansätze für städtische Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Standardisierung der Flotte in Beschaffungsprogrammen Anforderungen an klimaneutrale Produktion bei Beschaffungsvorgängen Bevorzugung von Kleinfahrzeugen in der städtischen Parkierungspolitik <p>HA-8: Klimaneutraler Tiefbau Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bundes- und kantonale F&E-Programme zur Entwicklung und Einsatz von klimaneutralen Prozessen und Materialien Vorgaben für den Tiefbau auf kantonaler und Bundesebene <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Eigene F&E Programme und eigene Vorgaben, auch im Rahmen der 	<p>Ernährung HA-10: Konsumierte Menge an Nahrungsmittel Alle Ebenen</p> <ul style="list-style-type: none"> Präventionsprogramme und Informationskampagnen zu Übergewicht und Fettleibigkeit <p>HA-11: Zusammensetzung der Nahrung & Ernährungsgewohnheiten Übergeordnete Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> Hohe CO₂-Abgabe mit Border Tax Adjustment, alternativ oder ergänzend: Lenkungsabgabe auf Kalorien und oder Fleisch Deklarationspflicht zur Erhöhung der Transparenz bezüglich Herkunft, Produktion und Transport <p>Städtische Verpflegungsbetriebe</p> <ul style="list-style-type: none"> Förderung Angebot an klimafreundlicher Ernährung u. Schaffung von Anreizen für KonsumentInnen <p>HA-12: Lebensmittelabfälle beim Konsumenten Alle Ebenen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Förderung von neuen Konzepten zur Food-Waste-Bekämpfung <p>Städtische Verpflegungsbetriebe</p> <ul style="list-style-type: none"> Monitoring Lebensmittelverluste, Massnahmenpläne zu deren Vermeidung <p>HA-13: Effiziente Produktion der Nahrungsmittel Alle Ebenen</p> <ul style="list-style-type: none"> Förderung Direktverkauf von saisonalen Produkten mit klimafreundlicher Lieferkette <p>Ebene Stadt</p> <ul style="list-style-type: none"> Unterstützung von Projekten wie «Urban Farms», Aufnahme in Beschaffungskriterien <p>Städtische Verpflegungsbetriebe</p> <ul style="list-style-type: none"> Soweit möglich CO₂-neutrale Produkte / Menüs <p>Übriger Konsum (vgl. Bereich Entsorgung in Tabelle 40) Übergeordnete Ebene:</p>

Siedlung und Gebäude	Stadtverkehr	Ernährung und übriger Konsum (Auswahl)
<p>HA-5: Erhöhung Lebensdauer und Stärkung Kreislaufwirtschaft bei elektrischen Anlagen und Geräten</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verlängerung der Gewährleistungsfrist inklusive Reparaturoption Deklarationspflichten (z.B. Reparierbarkeit, Lebensdauer, Herstellergarantie oder Recyclingfähigkeit) Stärkung von Nutzerbasierten Geschäftsmodellen <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Öffentliche Beschaffung konsequent gemäss Treibhausgasintensität der Produkte Förderung von Sharing, Reparierstationen und Plattformen zum Verkauf von gebrauchten Geräten 	<p>Beschaffungsprozesse</p> <p>HA-9: City-Logistik auf höchste Treibhausgas-effizienz auslegen</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verlagerungspolitik des Bundes und des Kantons City Logistik-Ansätze, Unterstützung schweizweites Cargo sous terrain <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Umsetzung der städtischen Strategie Güterverkehr mit der Förderung Bahnverlad 	<p>HA-14: Überkonsum und Abfälle vermeiden, Produktionseffizienz erhöhen</p> <ul style="list-style-type: none"> Hohe CO₂-Abgabe (Bund) kombiniert mit Border Tax Adjustment für Importe von Konsumprodukten Deklarationspflicht (Herkunft, Produktion, Transportart, Umweltauswirkungen) Zielvorgaben für das Recycling aller Treibhausgas relevanten Güter und Dienstleistungen <p>Ebene Stadt</p> <p>HA-15: Nachhaltige Beschaffung</p> <ul style="list-style-type: none"> Genaueres Monitoring der Klimaverträglichkeit/Treibhausgas-effizienz der beschafften Güter Verbindliche Vorgaben zur Klimaverträglichkeit/Treibhausgas-effizienz der zu beschaffenden Güter

Tabelle INFRAS/Quantis

Die wichtigsten Handlungs- und Politikmassnahmenansätze zur Reduktion der Emissionen in den Bereichen Prozessenergie in Industrie und Gewerbe (Kapitel 5), Entsorgung (Kapitel 7) und Luftverkehr (Kapitel 6) sind in Tabelle 40 zusammengefasst.

Tabelle 40: Übersicht wichtiger Handlungs- und Politikmassnahmenansätze zur Realisierung der Zielbilder SNN 2050 Plus in drei weiteren Politikbereichen

Entsorgung (siehe Schnittstellen zum Bereich Ernährung/übriger Konsum)	Prozesse in Industrie und Gewerbe	Luftverkehr
<p>HA-16: Generelle Reduktion des Konsums zur Vermeidung von Abfällen</p> <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zero-Waste Konzepte in der Stadt Zürich und der Verwaltung fördern (z.B. «unverpackt»-Läden, Kantinenmanagement) Abfallgebührenpolitik anpassen (z.B. um Plastikrecycling zu fördern) <p>HA-17: Reduktion der Abfallmenge pro Gut</p> <p>Alle Ebenen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verpackungsmaterialabgabe und/oder Recyclingziele für verschiedene Branchen Förderung / finanzielle Beiträge für Betriebe, die unverpackte Konsumgüter verkaufen <p>HA-18: Förderung von Kreislaufwirtschaft und Recycling</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vorschriften zur Rezyklierbarkeit bzw. Kreislauffähigkeit von 	<p>HA-20: Reduktion der prozessenergiebedingten Emissionen</p> <ul style="list-style-type: none"> Kanton: Verbindliche Vorgaben zur Minimalqualität des Stroms (inkl. Verbraucher im freien Markt). Bund: Erhöhung der CO₂-Abgabe auf Brennstoffe, Verschärfung Anforderungen an Zielvereinbarungen mit Abgabebefreiung <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Weiterführung der konsequente Dekarbonisierung des Stromliefermix des ewz Direkter «Klima-Dialog» mit den wichtigsten Emittenten des Sektors Industrie/Gewerbe Punktueller finanzielle Unterstützung für Pilotprojekte <p>HA-21: Reduktion der Treibhausgaswirkung von F-Gasen</p> <p>Stadt als Eignerin:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verzicht auf Beschaffung von Kälte- und Klimaanlage und Wärmepumpen mit Kältemitteln mit einem GWP-Wert über 	<p>HA-23: Einsatz von synthetischen Kraftstoffen</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bund/Kanton: Förderung der Forschung und Pilotprojekten im Bereich nachhaltiges synthetisches Kerosin ICAO und EU: Vorschrift zur Beimischung von nachhaltigem synthetischem Kerosin weltweit <p>HA-24: Reduktion der Reisetätigkeit der Stadtbevölkerung anregen</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> ICAO: Griffige Umsetzung von CORSIA EU: Weiterentwicklung des EU-ETS für den Luftverkehr Bund: Einführung einer spürbaren Flugticketabgabe. <p>HA-25: Verlagerung von Reisen unter 700 km auf Zug/Car</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bund/EU: Investitionen in ein hochwertiges Hochgeschwindigkeitsschiennetz, Stärkung Nachtzugangebot

Entsorgung (siehe Schnittstellen zum Bereich Ernährung/übriger Konsum)	Prozesse in Industrie und Gewerbe	Luftverkehr
<p>Materialien</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau einer schweizweiten Recycling-Infrastruktur für Kunststoffabfälle <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderung von Reparatur- und Recyclingplattformen für Konsumgüter ▪ Flächendeckende Einführung von Recycling von Kunststoffabfällen in der Stadt Zürich <p>HA-19: Förderung Langlebigkeit von Geräten und Produkten</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlängerung der Garantielaufzeit und/oder der Gewährleistungsfrist (Förderung Kreislaufwirtschaft) <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Öffentliche Beschaffung (z.B. gemäss Treibhausgasintensität Herstellung oder Lebensdauer) ▪ Förderung von Sharing, Reparatirstationen oder Plattformen zum Verkauf von gebrauchten Geräten 	<p>50.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Weiterführung der Strategie des ewz zur Reduktion der SF6-Emissionen aus Schaltanlagen <p>HA-22: Reduktion der non-Road Emissionen</p> <p>Übergeordnete Ebene:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bund: Erhebung einer CO₂-Abgabe auf Treibstoffe ▪ Bund/Kanton: Finanzielle Förderung des Umstiegs auf elektrische Antriebe <p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Konsequente Dekarbonisierung der non-Road Emissionsquellen im eigenen Besitz (z.B. Baumaschinen, Generatoren, Laubbläser) über Elektrifizierung oder Einsatz von Biogas 	<p>Ebene Stadt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorgaben zur Nutzung des landgebundenen Verkehrs bei Geschäftsreisen bis zu 700 km <p>HA-26: Einflussnahme als Shareholder des Flughafens Zürich</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kanton als Mitbesitzer der Flughafen Zürich AG mit Einsitz im VR wirkt darauf hin, dass die Flughafenbetreiberin ökologische Anliegen konsequent berücksichtigt, unterstützt durch die Minderheitsaktionärin Stadt Zürich.

Tabelle INFRAS/Quantis

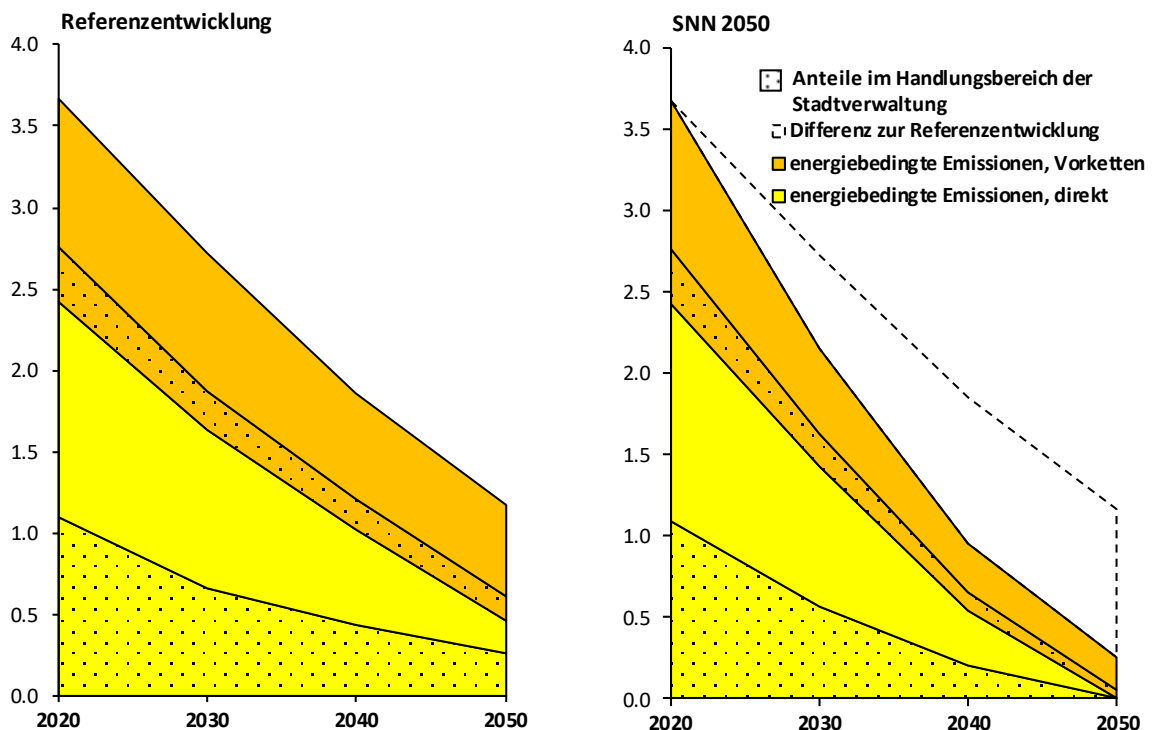
10.4. Auswirkungen bei Zielsetzung 2050

10.4.1. Szenario «SNN 2050 – energiebedingte Emissionen»

Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Abbildung 28: Entwicklung der energiebedingten Emissionen in der Referenzentwicklung und im Szenario SNN 2050

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die energiebedingten direkten Emissionen (gelb) und deren Vorketten (orange) in der Referenzentwicklung (Abbildung links) und im Szenario SNN 2050 (Abbildung rechts).

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Die direkten energiebedingten Emissionen (Siedlung und Gebäude, Verkehr, Energieversorgung) sinken im Szenario SNN 2050 bis im Zieljahr 2050 auf Null. Auch die Emissionen aus Vorketten reduzieren sich um neunzig Prozent (auf 0.24 t CO₂-Äqu./EinwohnerIn). Dies weil international die Dekarbonisierung vorangetrieben wird und die im Gebiet der Stadt Zürich verbrauchte Energie im Zieljahr ausschliesslich aus erneuerbaren Quellen stammt.

Der Anteil im Handlungsbereich der Stadt wird dominiert durch das Gasnetz und die Fernwärme. Dies sind grosse Hebel, die die Stadt aktiv für die Dekarbonisierung nutzt.

Die tabellarischen Zahlenwerte zur Emissionsentwicklung inklusive eines Vergleichs mit den übrigen Szenarien sind im Anhang 11.2 aufgeführt.

Zu tätige Mehrinvestitionen und deren Wirtschaftlichkeit

Tabelle 41 zeigt für die Massnahmen in den Bereichen Gebäude und Verkehr die Schätzung der gesamten energetischen Mehrinvestitionen 2050, die Durchschnittswerte pro Jahr, die dadurch erzielbaren Einsparungen an Energie- und Klimakosten sowie den resultierenden Nettoeffekt.

Tabelle 41: Gesamte quantifizierte Investitionen und Kosteneffekte (ganze Stadt) bei SNN 2050

		Gebäude ¹⁾	Fernwärme	Verkehr	Total (gerundet)
INVESTITIONEN²⁾					
Gesamtinvestitionen 2020-2050 [in Mio. CHF]	REF	7'500	730	n.a.	8'200
	SNN	+8'500	+670	n.a.	+9'200
	TOT	16'000	1'400	n.a.	17'400
Energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 [in Mio. CHF]	REF	5'300	730	300	6'300
	SNN	+6'700	+670	+150	+7'600
	TOT	12'000	1'400	450	13'900
Annuität der energiebez. Mehrinvestitionen (2050) [in Mio. CHF/Jahr]	REF	230	25	29	280
	SNN	+270	+25	+14	+310
	TOT	500	50	43	590
EINSPARUNGEN^{4),5)}					
Jährliche Energiekosteneinsparung (2050) [in Mio. CHF/Jahr]	REF	-210	-45	-25	-280
	SNN	-320	-20	-5	-350
	TOT	-530	-65	-30	-630
Jährliche Klimakosteneinsparung (2050), bei 200 CHF/t CO ₂ ⁶⁾ [in Mio. CHF/Jahr]	REF	-130	-25	-63	-220
	SNN	-50	-10	-17	-80
	TOT	-180	-35	-80	-300
NETTOEFFEKT					
Jahreskosten 2050 exkl. Klimakosteneinsparung [in Mio. CHF/Jahr]	REF	20	-20	4	4
	SNN	-50	+5	+9	-36
	TOT	-30	-15	13	-32
Jahreskosten 2050 inkl. Klimakosteneinsparung [in Mio. CHF/Jahr]	REF	-110	-45	-59	-210
	SNN	-100	-5	-8	-120
	TOT	-210	-50	-67	-330

1) Wärmedämmung und Fensterersatz, Ersatz von Öl- und Gasheizungen, Installation von PV-Anlagen

2) Wir unterscheiden bei den betrachteten Massnahmen zwischen «Gesamtinvestitionen» (gesamte Investitionen für die Massnahme) und «Energiebezogene Mehrinvestitionen» (Gesamtinvestitionen minus notwendige Investitionen für die reine Instandsetzung). Abkürzungen: REF = Referenzentwicklung gegenüber Status-quo 2020. SNN = Entwicklung Szenario «Netto-Null 2050» gegenüber Referenzentwicklung. TOT = Entwicklung Szenario «Netto-Null 2050» gegenüber Status-quo 2020.

3) Bei Fernwärme wurden die Mehrinvestitionen bei bestehenden Gebäuden berücksichtigt, da nur diese zu zusätzlichen CO₂-Einsparungen führen und entsprechend für die Kosten-Nutzenbetrachtung relevant sind.

4) Die Schätzung der eingesparten Klimakosten berücksichtigt die Emissionen der Vorketten der Energiebereitstellung mit Graue Emissionen, die mit den Massnahmen verbunden sind, sind aber nicht einbezogen.

5) Negativer Wert = Einsparung.

6) Die Klimakosten werden mit einem einheitlichen Kostensatz von 200 CHF pro t CO₂-Äqu. monetarisiert. Dieser Kostensatz entspricht dem vom deutschen Umweltbundesamt mit der Methodenkonvention 3.0 empfohlenen durchschnittlichen Satz für die Klimaschadenskosten durch Treibhausgasemissionen (vgl. Umweltbundesamt 2019).

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

- Die energiebezogenen Mehrinvestitionen summieren sich im Szenario SNN 2050 bis im Jahr 2050 auf insgesamt 13 Milliarden Franken, wobei in der Referenzentwicklung mit energiebezogenen Mehrinvestitionen in der Grössenordnung von 6 Milliarden Franken zu rechnen ist und durch die Realisierung des SNN 2050 zusätzlichen Mehrinvestitionen in der Grössenordnung von 7 Milliarden Franken anfallen. Der mit Abstand grösste Anteil entfällt auf die Massnahmen zur Dekarbonisierung des Gebäudeparks. Der Ausbau der thermischen Netze ist ebenfalls mit bedeutenden Investitionen verbunden, allerdings rund einen Faktor 10 tiefer als die Gebäude und damit in einem ähnlichen Bereich wie die Dekarbonisierung des Fahrzeugparks.
- Damit verbunden sind im Jahr 2050 Jahreskosten (Annuitäten) in der Höhe von insgesamt 0.6 Mia. CHF, wovon je die Hälfte der Referenzentwicklung und den zusätzlichen energetischen Investitionen im SNN 2050 zuzuschreiben sind.
- Die Investitionen implizieren rechnerische Energiekosteneinsparungen im Jahr 2050 von insgesamt gut 0.6 Milliarden CHF (-0.28 Mia. CHF/Jahr REF und -0.35 Mia. CHF/Jahr für SNN 2050). Die damit verbundene Reduktion der Klimakosten schätzen wir für 2050 auf -0.3 Milliarden CHF/Jahr (-0.1 Mia. CHF/Jahr REF, -50 Mio. CHF/Jahr SNN 2050).
- Die berechneten Nettoeffekte weisen auf die Wirtschaftlichkeit dieses Investitionsprogramms hin. Die Jahreskosten im Jahr 2050 reduzieren sich aufgrund der Energiekosteneinsparungen 2050 um gut 30 Mio. CHF pro Jahr. Werden zusätzlich die Einsparungen bei den Klimakosten berücksichtigt, steigt der Netto-Nutzen im Szenario SNN 2050 auf gut 0,3 Mia. CHF im Jahr 2050, in der Referenz auf -0.2 Mia. CHF
- Diese Schätzung der Investitionen und Kosteneffekte gilt auch für das Szenario 1 Tonne CO₂ pro Kopf und Jahr. Bereits bei dieser Zielsetzung ist davon auszugehen, dass die direkten energiebedingten Emissionen des Gebäudeparks und des Verkehrs auf Null reduziert werden müssen.

Weitere Investitionen im Verkehrsbereich

Die Schätzungen in Tabelle 41 berücksichtigen im Verkehrsbereich die ökonomischen Effekte der Transformation der Fahrzeugflotte. Weitere Aspekte von untergeordneter quantitativer Bedeutung, konnten in diesem Rahmen nicht quantifiziert werden:

- **Velo- und Fussgängerverkehr:** Die verfügbaren Grundlagen zu vergleichenden Kostenschätzungen für den MIV und den Veloverkehr zeigen, dass sich der Ausbau des Veloverkehrs aus ökonomischer Sicht rechnet.
- **Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge:** Auch hier sind die Unsicherheiten für eine Quantifizierung der notwendigen Investitionen sehr hoch. Die Ergebnisse hängen stark von diversen Annahmen ab. Es gilt aber als sicher, dass die entsprechenden Infrastrukturmehrkosten im

Vergleich zu den übrigen Kosten (Fahrzeuge inkl. Betriebsenergie) um Grössenordnungen geringer sind.

Weitere ökonomische und soziale Auswirkungen

Die weiteren Auswirkungen hängen stark von der Ausgestaltung der Massnahmen ab. Eine zentrale Rolle spielen die Massnahmen auf übergeordneter Ebene. Für das Szenario SNN 2050 erachten wir folgende Punkte für besonders wichtig:

- Eine schrittweise steigende Lenkungsabgaben auf CO₂-Emissionen (zweckmässigerweise kombiniert mit einer Abgabe auf nicht erneuerbaren Strom) mit Rückverteilung der Erträge an die Haushalte und Unternehmen ist sowohl aus Verteilungs- als auch Effizienzsicht der «Königsweg» zur Umsetzung der Netto-Null-Zielsetzung (vgl. Rausch et al. 2017, Ecoplan 2012 und Ecoplan 2015, INFRAS 2019). Falls kein solches «Lead»-Instrument auf übergeordneter Ebene eingeführt bzw. weiter gestärkt wird, hängen die sozialen Verteilungswirkungen stark von der konkreten Ausgestaltung der Massnahmen auf Stadtebene ab.
- Die Massnahmen verlangen hohe Investitionen vor allem der Gebäudeeigentümer. Solange keine Sanierungspflicht besteht, ist – wie in den Netto-Null-Szenarien berücksichtigt – eine massive finanzielle Förderung notwendig. Die damit verbundenen direkten Verteilungswirkungen sind schwierig einzuschätzen. Soweit die Förderbeiträge aus dem allgemeinen Finanzhaushalt der Stadt finanziert werden, tragen höhere Einkommenshaushalte überdurchschnittlich zur Finanzierung bei, dürften aber auch überdurchschnittlich von den Förderbeiträgen profitieren. Zu berücksichtigen sind primär die Wirkungen auf die Mietzinsen. Unerwünschte Verteilungswirkungen können über geeignete Begleitmassnahmen abgemindert werden (z.B. durch ergänzende Vorgaben bei den Überwälzungsregeln im Mietrecht (VMWG¹⁶⁵)).
- Auch im Bereich Verkehr sind die Verteilungswirkungen im Auge zu behalten. Der Umstieg auf Elektromobilität führt kurz- bis mittelfristig zu zusätzlichen relativen Belastungen unterer Einkommenschichten. Fördermassnahmen begünstigen eher obere Einkommenschichten. Diese Zusatzbelastung verringert sich allerdings mit zunehmendem Angebot von E-Fahrzeugen und insbesondere Kleinfahrzeugen. Die unterstellten Massnahmen (Veloförderung, Parkraum) als Unterstützung der «Verkehrswende» ist demgegenüber sozialverträglich.
- Bei einer schrittweisen Transformation über eine Periode von 20 bis 30 Jahren sind nach unserer Einschätzung die zusätzlichen finanziellen Belastungen durch die Massnahmen sowohl für die Haushalte und Unternehmen als auch die Stadt insgesamt gut verkraftbar. Dabei spielt eine wichtige Rolle, dass die Dekarbonisierung der direkten Emissionen des

¹⁶⁵ Verordnung über die Miete und Pacht von Wohn- und Geschäftsräumen

Gebäudeparks und des Verkehrs unter den angenommenen Rahmenbedingungen wie oben dargestellt letzten Endes volks- und betriebswirtschaftlich rentabel sind.

- Insgesamt akzentuieren sich die finanziellen und weiteren Belastungen, wenn die Reduktionsziele bis 2040 oder gar 2030 erreicht werden sollen. Wir gehen jedoch nicht davon aus, dass sich die generellen Tendenzen bei den sozialen Auswirkungen markant ändern.
- Schliesslich bleibt zu betonen, dass die mit den Reduktionspfaden erzeugten positiven Wirkungen auf die Umwelt- und Lebensqualität in der Stadt zur Sozialverträglichkeit der Netto-Null-Strategie beiträgt.

Investitionsbedarf für eigene Gebäude und Fahrzeugflotte der Stadt Zürich

Wie Tabelle 42 zeigt, sind v.a. die seitens Stadt notwendigen Zusatzinvestitionen für die Dekarbonisierung des eigenen Immobilienbestands bedeutend:

Tabelle 42: Investitionen und Kosten für die Sanierung des eigenen Gebäudeparks der Stadt Zürich und der Umstellung der Fahrzeugflotte

<i>Total z.T. gerundet</i>		Gebäude	Fahrzeugflotte	Total
INVESTITIONEN				
Gesamtinvestitionen 2020-2050 <i>[in Mio. CHF]¹⁾</i>	REF	860	n.a.	860
	SNN	+1'240	n.a.	+1'240
	TOT	2'100	n.a.	2'100
Energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 <i>[in Mio. CHF]</i>	REF	610	10	620
	SNN	+990	+0	+980
	TOT	1'600	10	1'600
Annuität der energiebez. Mehrinvestitionen (2050) <i>[in Mio. CHF/Jahr]</i>	REF	26	0.7	27
	SNN	+42	+0.2	+42
	TOT	68	1.0	69
EINSPARUNGEN ^{2),3)}				
Jährliche Energiekosteneinsparung (2050) <i>[in Mio. CHF/Jahr]</i>	REF	-22	-0.3	-22
	SNN	-43	-0.1	-43
	TOT	-65	-0.4	-65
Jährliche Klimakosteneinsparung (2050), bei 200 CHF/t CO ₂ <i>[in Mio. CHF/Jahr]</i>	REF	-16	-1	-17
	SNN	-4	-0.1	-4
	TOT	-20	-1	-21
NETTOEFFEKT ²⁾				
Jahreskosten 2050 exkl. Klimakosteneinsparung <i>[in Mio. CHF/Jahr]</i>	REF	4.0	0.4	4
	SNN	-1.0	0.2	-1
	TOT	3.0	0.6	4
Jahreskosten 2050 inkl. Klimakosteneinsparung <i>[in Mio. CHF/Jahr]</i>	REF	-12	0	-12
	SNN	-5	+0	-5
	TOT	-17	0	-17

1) Zur Definition der verschiedenen Investitionsbegriffe siehe Legende zur vorangehenden Tabelle.

2) Negativer Wert = Einsparung.

3) Die Schätzung der eingesparten Klimakosten berücksichtigt die Emissionen der Vorketten der Energiebereitstellung mit. Die grauen Emissionen, die mit den Massnahmen verbunden sind, sind aber nicht einbezogen.

Modellierung und Tabelle INFRAS/Quantis

Auswirkungen auf die städtischen Finanzen

Die Umsetzung der Massnahmen bedingt bei den auf übergeordneter Ebene zu erwartenden Massnahmen einen massiven **Ausbau der finanziellen Förderung**, insbesondere im Gebäudereich (vgl. Kapitel 3). Grob geschätzt sind **Transferausgaben in der Grössenordnung von**

rund 80 Mio. CHF pro Jahr¹⁶⁶, was einer markanten Erhöhung der heutigen Ausgaben städtischer Akteure für Förderbeiträge im Energie-/Klimabereich entspricht.

Das Netto-Null-Szenario ist selbstredend mit einem gegenüber heute deutlich erhöhten **Umsetzungs- und Vollzugsaufwand** verbunden. Zusätzlicher Ressourcenbedarf entsteht insbesondere durch die Abwicklung der Förderung, den Vollzug der Vorschriften und den Aus- bzw. Umbau klimarelevanter Infrastrukturen. Damit sind Auswirkungen auf den **städtischen Finanzhaushalt** verbunden. Einerseits entsteht ein zusätzlicher finanzieller Aufwand andererseits dürften sich die zu erwartenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte positiv auf die Steuererträge auswirken. Eine Quantifizierung der netto zu erwartenden Effekte ist in diesem Rahmen nicht möglich.

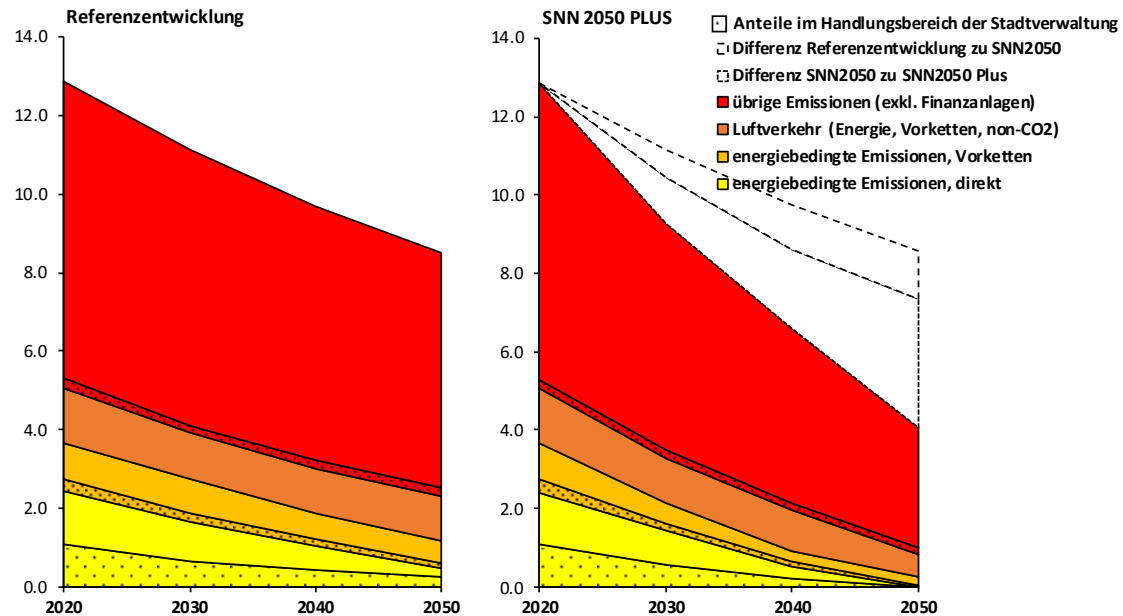
Zu beachten ist, dass sich der Umsetzungsaufwand auf städtischer Ebene deutlich reduziert, falls auf übergeordneter Ebene (v.a. Bund und Kanton) weitergehende Massnahmen – als in der Referenzentwicklung angenommen – eingeführt werden (v.a. höhere CO₂-Abgabe, wirksame Vorschriften im Gebäude- und Verkehrsbereich z.B. in Form eines Verbots fossiler Heizungen, Verpflichtung für PV-Anlagen bei Sanierungen und Neubauten, Verbotzonen für fossil betriebene Fahrzeuge, etc.).

¹⁶⁶ 25% der notwendigen Gesamtinvestitionen (vgl. Kapitel 3.5.3)

10.4.2. Szenario «SNN 2050 PLUS – Gesamtemissionen»

Abbildung 29: Entwicklung der Gesamtemissionen in der Referenzentwicklung und im Szenario SNN 2050 PLUS

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Dargestellt sind die energiebedingten direkten Emissionen (gelb), die Emissionen den energiebedingten Vorketten (orange), Emissionen des Luftverkehrs (braun) und die Emissionen des Konsums (rot). Die Anteile im städtischen Handlungsbereich sind jeweils schraffiert hinterlegt. Bei den Flugemissionen und beim übrigen Konsum ist der Anteil im städtischen Handlungsbereich sehr klein und deshalb nicht erkennbar.

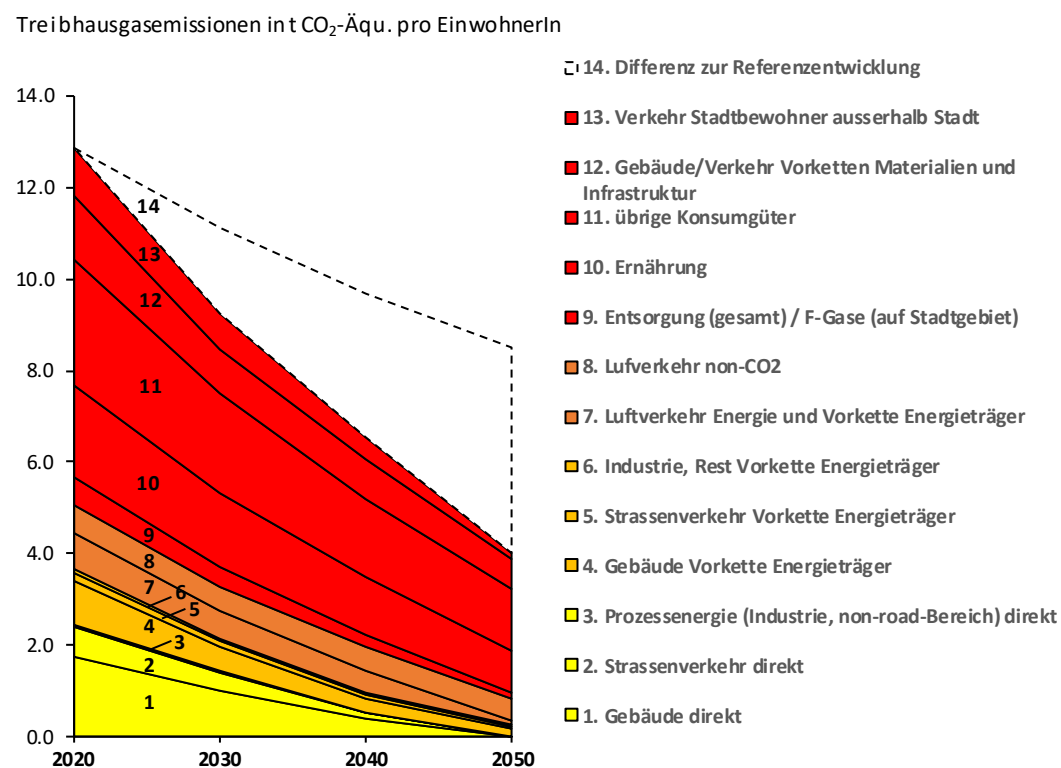
Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Die Gesamtemissionen sinken im Szenario «Netto-Null 2050 PLUS» 2020 bis 2050 von knapp 13 auf rund 4 t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn. Abbildung 29 zeigt zudem folgendes:

- Auf dem Territorium der Stadt Zürich gibt es im Szenario «Netto-Null 2050 PLUS» keine direkten CO₂-Emissionen mehr im Jahr 2050. Es werden nur noch erneuerbare Energien, Biomasse oder mit erneuerbaren Energien erzeugte Treib- und Brennstoffe eingesetzt.
- Die energiebedingten Vorketten (inkl. Strom) sind nur noch mit sehr geringen Emissionen belastet (rund 0.1 t CO₂ pro EinwohnerIn und Jahr).
- Die Emissionen des Luftverkehrs (exkl. non-CO₂ Effekte) reduzieren sich durch die Abnahme bei den Flugstrecken und v.a. dem Übergang zu Flugtreibstoffen auf erneuerbarer Basis um rund 85 Prozent. Werden die non-CO₂-Effekte miteinbezogen, beträgt die Reduktion rund 60 Prozent.

- Die restlichen Emissionen nehmen um rund 60 Prozent auf rund 3 t CO₂ pro EinwohnerIn und Jahr ab. Diese Emissionen würden signifikant weiter sinken, wenn alle Länder das Pariser Klimaübereinkommen tatsächlich umsetzen.
- Im Total der energiebedingten Emissionen und des Luftverkehrs (inkl. Vorketten) liegen die Emissionen im Szenario SNN 2050 PLUS bei 0.12 t CO₂ pro EinwohnerIn und Jahr und damit 90 Prozent unter dem heutigen 1-Tonnen-CO₂-Ziel in der Zürcher Gemeindeordnung.

Abbildung 30: Entwicklung der Gesamtemissionen im Szenario SNN 2050 PLUS nach Quellen



Dargestellt sind die direkten, energiebedingten direkten Emissionen (gelb), die Emissionen den energiebedingten Vorketten (orange), Emissionen des Luftverkehrs (braun) und die Emissionen des Konsums (rot).

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Die Differenzierung nach Quellen in Abbildung 30 zeigt, dass auch im visionären Szenario SNN 2050 PLUS die Bereiche Ernährung (9), übrige Konsumgüter (10) und die grauen Emissionen der Gebäude und Fahrzeuge (11) durch städtische Massnahmen nur begrenzt beeinflusst werden können. Dies führt dazu, dass die Restemissionen im Jahr 2050 weiterhin bei über 3 t CO₂ pro EinwohnerIn und Jahr liegen. Wenn alle Produktionsländer einer Wertschöpfungskette eine vollständige Dekarbonisierung erreichen würden (wie gemäss Pariser Übereinkommen vorgesehen), würden die Treibhausgasemissionen der Konsumgüter massiv weiter sinken. Die

tabellarischen Zahlenwerte zur Emissionsentwicklung inklusive eines Vergleichs mit den übrigen Szenarien sind im Anhang 11.2 aufgeführt.

Weitere Auswirkungen

- Die weiteren Auswirkungen eines solchen Szenarios sind komplex und hängen von vielen Annahmen zur zukünftigen Entwicklung – nicht nur in der Stadt, sondern auch national und international – ab, welche wir in diesem Rahmen nicht vertiefen können.
- Einige qualitative Aspekte:
 - Die stärkere Forcierung von nachfrageseitigen Massnahmen (Suffizienz) auf Stadtgebiet (insbesondere im Verkehr) zur Reduktion der Emissionen durch die Vorketten und den Konsum sind nicht/oder kaum mit finanziellen Mehrbelastungen verbunden. Allenfalls könnten sich die Preise gewisser nachhaltiger produzierten Güter leicht verteuern.
 - Eine zentrale Frage ist, wie sich ein solches Szenario auf die Standortattraktivität auswirkt. Die verbesserte Lebensqualität im städtischen Raum wirkt sich grundsätzlich positiv auf die Standortattraktivität aus. Wichtig ist, dass die Erreichbarkeit der Stadt aufgrund der Einschränkungen beim MIV durch den Ausbau des ÖV und der Velo- und Fussgängerinfrastruktur kompensiert wird. Eine wichtige Rolle spielt dabei natürlich die nationale und internationale Entwicklung und die entsprechenden Auswirkungen auf den Standortwettbewerb. Je nach Umfeldentwicklung könnte sich ein SNN 2050 PLUS-Szenario als realistischer und auch sozial- und wirtschaftsverträglich umsetzbar erweisen.
 - Allenfalls sind insgesamt gewisse Reduktionen der Wertschöpfung bei Betrieben der Stadt bei konsumnahen Branchen (Detailhandel, Gastronomie, etc.) zu verzeichnen, weil im Szenario SNN 2050 PLUS die Nachfrage nach Konsumgütern ceteris paribus zurückgehen muss. Dieser Rückgang könnte wohl durch soziale Innovationen im Konsum- und Dienstleistungsbereich kompensiert werden (z.B. Dienstleistungen im Bereich des Teilens und Reparierens). Die grösste Herausforderung bei solchen Angeboten ist jedoch nicht nur Nischen auszufüllen, sondern diese für die gesamte Bevölkerung massentauglich auszugestalten.

10.5. Szenarien «SNN 2030/2040 – energiebedingte und übrige Emissionen»

Grundsätzlich gelten für die Szenarien SNN 2030 und SNN 2040 die gleichen Zielbilder wie für SNN 2050. Allerdings sind gewisse Abstriche zu machen (vgl. die Annahmen zu den Emissionsszenarien weiter unten). Die Politikmassnahmen können zwar bis zu einem gewissen Grad beschleunigt und intensiviert werden, allerdings nicht beliebig: Die Marktakteure reagieren auf erhöhte Anreize nicht zwingend mit zusätzlicher Nachfrage, weil die Hemmnisstruktur v.a. bei den Gebäuden komplex ist. Zu beachten ist auch folgender Trade-off: Grosse Wirkung können v.a. durch regulative Massnahmen erzielt werden. Gerade diese brauchen aber eine lange Vorlaufzeit und sind meist von übergeordneter Ebene (Bund und v.a. Kantone) abhängig. Unter dieser Voraussetzung ist die Erreichung der Ziele bis 2030 nicht möglich und auch bis 2040 sehr ambitioniert. Die Erfahrungen zeigen zudem, dass nur mit freiwilligen und finanziellen Massnahmen die Transformation zu wenig rasch und tiefgreifend realisiert werden kann.

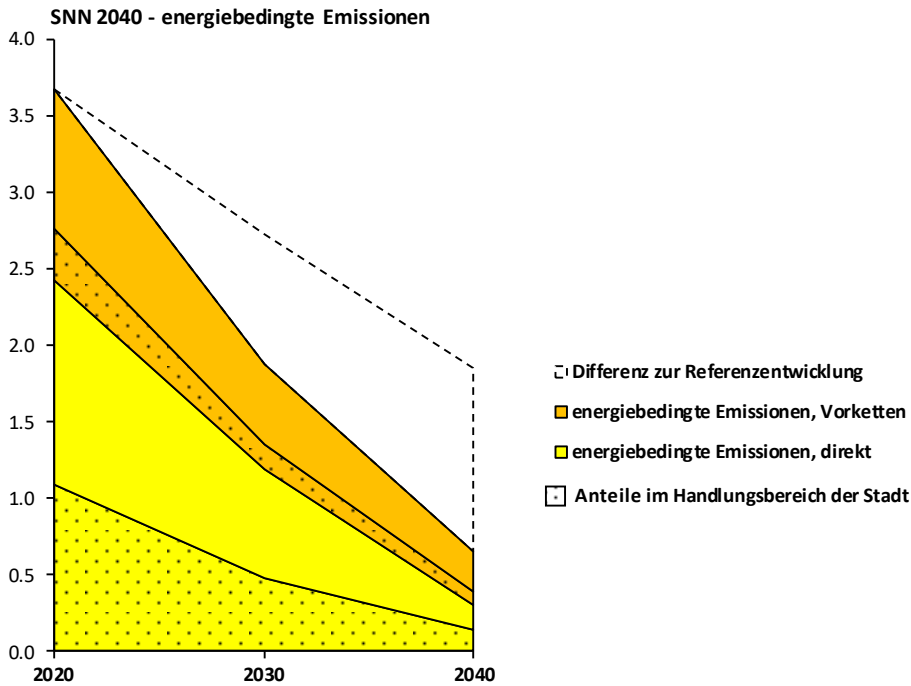
10.5.1. Auswirkungen

10.5.1.1. Auswirkungen im Szenario SNN 2040

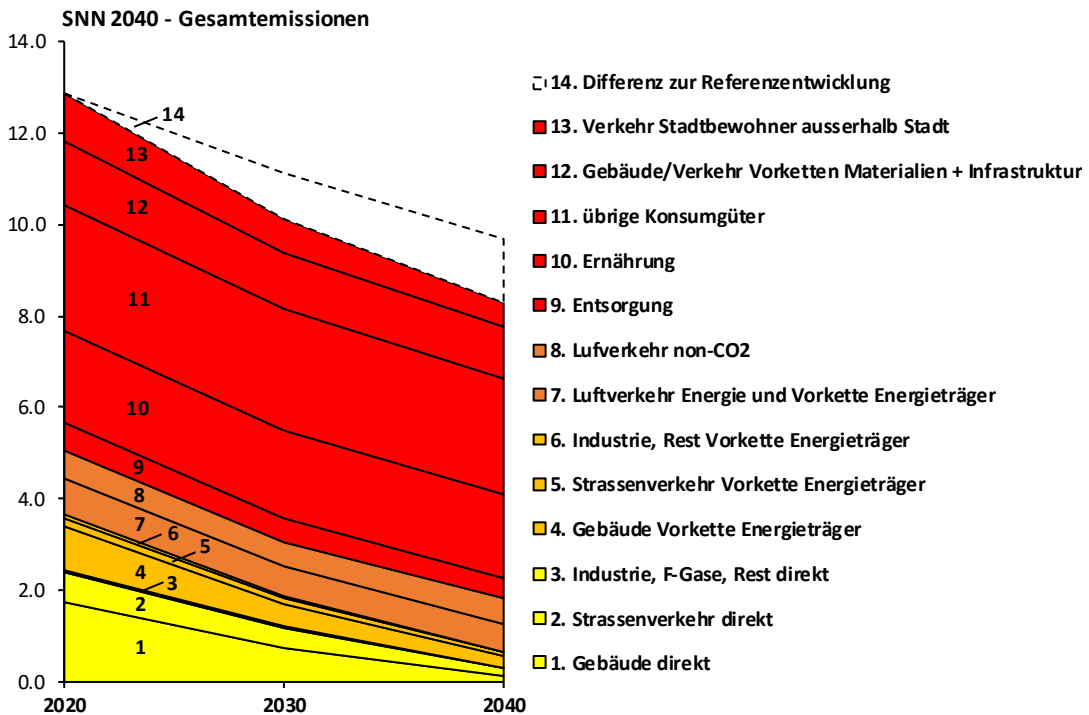
Die Anpassung der Quantifizierung im Szenario SNN 2040 beschränkt sich auf die Bereiche Gebäude und Verkehr. Bei der Entsorgung, den Prozessen, im Luftverkehr und bei allen konsumbedingten Emissionen unterlegen wir die Entwicklungsdynamik des Szenarios SNN 2050. Dies, weil wir davon ausgehen, dass sich die Dynamik in Abhängigkeit des städtischen Zielhorizonts in diesen Bereichen nicht ohne einen konsequenten Suffizienzpfad (der nur im Szenario SNN 2050 PLUS sehr weitgehend hinterlegt ist) weiter beschleunigen lässt. Weitere Informationen zu den Annahmen für das Szenario SNN 2040 finden sich im Anhang 11.4. Die tabellarischen Zahlenwerte zur Emissionsentwicklung inklusive eines Vergleichs mit den übrigen Szenarien sind im Anhang 11.2 aufgeführt.

Abbildung 31: Entwicklung der energiebedingten und der Gesamtemissionen im Szenario SNN 2040

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Der Farbcode entspricht den übrigen Abbildungen. Zur Information sind im oberen Bild Anteile abgegrenzt (gepunktete Flächen), auf die die Stadt als Eigentümerin direkten Einfluss nehmen kann. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel-Modell.

Die Anpassung der Quantifizierung im Szenario SNN 2040 beschränkt sich auf die Bereiche Gebäude und Verkehr. Bei der Entsorgung, den Prozessen, im Luftverkehr und bei allen konsumbedingten Emissionen unterlegen wir die Entwicklungsdynamik des Szenarios SNN 2050. Dies, weil wir davon ausgehen, dass sich die Dynamik in Abhängigkeit des städtischen Zielhorizonts in diesen Bereichen nicht ohne einen konsequenten Suffizienzpfad (der nur im Szenario SNN 2050 PLUS sehr weitgehend hinterlegt ist) weiter beschleunigen lässt. Weitere Informationen zu den Annahmen für das Szenario SNN 2040 finden sich im Anhang 11.4. Die tabellarischen Zahlenwerte zur Emissionsentwicklung inklusive eines Vergleichs mit den übrigen Szenarien sind im Anhang 11.2 aufgeführt.

Abbildung 31 zeigt, dass die direkten energiebedingten CO₂-Emissionen im Szenario SNN 2040 nicht wie bei SNN 2050 auf Null sinken, sondern nur auf 0.3 t CO₂ pro Kopf und Jahr. Dies wegen einem Restbestand an fossilen Heizungen (zehn Prozent der bestehenden Gasfeuerungen, Ölfeuerungen gibt es keine mehr), sowie einem bedeutenden Anteil an fossil betriebenen Verkehr (noch keine massiven Zugangsbeschränkungen, Personenverkehr mit Restanteil von fossilen Treibstoffen, Liefer- und Güterverkehr sind erst teilweise auf erneuerbare Energieträger umgestellt, synthetisches Gas ist erst in beschränkten Mengen verfügbar).

Werden die Gesamtemissionen betrachtet (sinken 2020 bis 2050 von knapp 13 auf etwas weniger als 9 t CO₂eq pro EinwohnerIn), fällt auch hier der sehr hohe Emissionsanteil des Konsums und des Luftverkehrs auf. Territorial sinken die direkten energiebedingten Emissionen zwar auf 0.30 t CO₂ pro Kopf und Jahr. Die Vorketten (inkl. Strom) verantworten aber rund 0.36 t CO₂, der Luftverkehr 0.61 t (resp. 1.15 t CO₂ inkl. non-CO₂ Effekt) und der restliche Konsum rund 6.4 t CO₂ pro Kopf und Jahr. Die tabellarischen Zahlenwerte zur Emissionsentwicklung inklusive eines Vergleichs mit den übrigen Szenarien sind im Anhang 11.2 aufgeführt.

Bei der **Stadt als Akteurin** unterlegen wir im Szenario SNN 2040, dass diese eine ambitionierte Vorbildrolle einnimmt (entsprechend einer etwa um 10 Jahre schnelleren Umsetzung im Vergleich zu SNN 2050). Dies umfasst insbesondere:

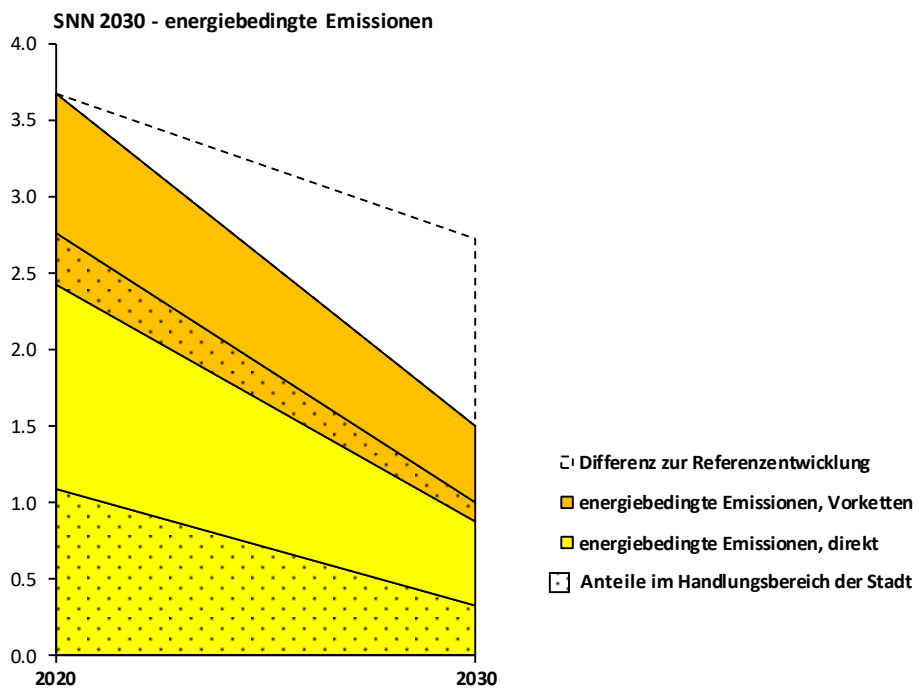
- Alle fossilen Heizungen in den Gebäuden im Finanz- und Verwaltungsvermögen sind bereits 2040 ersetzt.
- Alle städtischen Fahrzeuge werden 2040 mit erneuerbaren Energien betrieben.
- Kein Unterschied zum Szenario SNN 2050 besteht
 - bei den Annahmen zu Sanierungsrate, Sanierungs- und Neubauqualität (diese werden bereits im Szenario SNN 2050 an der aus unserer Sicht machbaren Obergrenze festgelegt)
 - den Neubau-, Ersatzneubau- und Bestandsflächen.

10.5.1.2. Auswirkungen im Szenario SNN 2030

Auch im Szenario SNN 2030 beschränkt sich die Anpassung der Quantifizierung auf die Bereiche Gebäude und Verkehr.

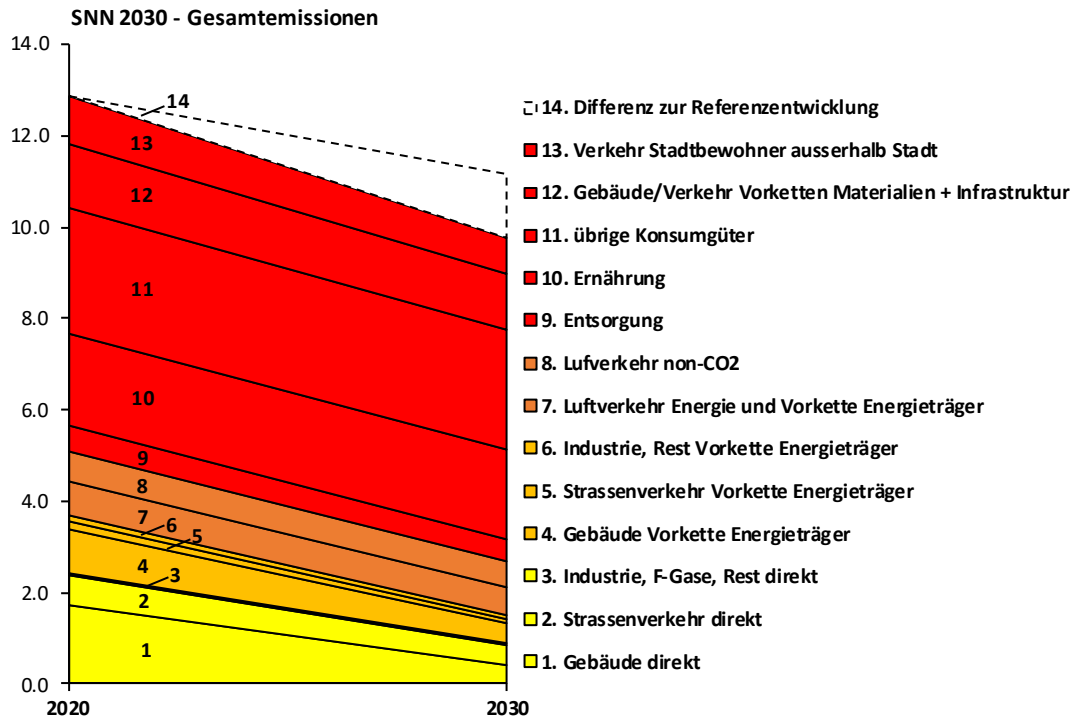
Abbildung 32: Entwicklung der energiebedingten und der Gesamtemissionen im Szenario SNN 2030

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Fortsetzung mit Grafik zu den «Gesamtemissionen» auf der nächsten Seite

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. pro EinwohnerIn



Der Farbcode entspricht den übrigen Abbildungen. Zur Information sind im oberen Bildteil die Anteile abgegrenzt (gepunktete Flächen), auf die die Stadt Zürich als Eigentümerin direkten Einfluss nehmen kann. Berechnungen und Detailannahmen vgl. Excel.

Modellierung und Grafik INFRAS/Quantis

Auch im Szenario SNN 2030 beschränkt sich die Anpassung der Quantifizierung auf die Bereiche Gebäude und Verkehr. Abbildung 32 zeigt, dass die direkten energiebedingten CO₂-Emissionen im Szenario SNN 2030 auf 0.88 t CO₂ pro Kopf und Jahr absinken. Für die verbleibenden Emissionen sind der Restbestand an fossilen Heizungen (ein Drittel der heute bestehenden Gasfeuerungen und zwanzig Prozent der bestehenden Ölfeuerungen) sowie der substanzielle Anteil an fossil betriebenen Verkehr verantwortlich (keine wirksamen Zugangsbeschränkungen im Stadtgebiet möglich; der Personenverkehr weist noch bedeutende Restanteile an fossilen Treibstoffe auf, Liefer- und Güterverkehr sind erst zu kleinen Anteilen umgestellt auf erneuerbare Energieträger, synthetisches Gas ist erst in geringen Mengen verfügbar). Im Vergleich zum Szenario SNN 2050 mit 1.43 t CO₂ pro Jahr 2030 zeigt sich einerseits deutlich das wesentlich höhere Ambitionsniveau im Szenario SNN 2030, andererseits aber auch, dass es **aufgrund der erforderlichen «Anlaufzeit» und der «beschränkten» technischen Entwicklung bis 2030 nicht machbar sein wird, in die Nähe von Null CO₂-Emissionen auf dem Stadtterritorium zu gelangen.**

Werden die Gesamtemissionen betrachtet (sinken 2020 bis 2050 von knapp 13 auf rund 10 t CO₂eq pro EinwohnerIn), machen der Konsum und der Luftverkehr sehr hohe Anteile aus. Territorial sinken die energiebedingten direkten Emissionen wie erwähnt auf rund 0.9 t CO₂ pro Kopf

und Jahr, die Vorketten (inkl. Strom) verantworten 0.6 t, der Luftverkehr (inkl. non-CO₂) 1.2 t und der restliche Konsum rund 7 t CO₂ pro Kopf und Jahr.

Bei der **Stadt als Akteurin** unterlegen wir im Szenario SNN 2030 eine maximale Ambition der Stadtverwaltung (entsprechend einer etwa um 20 Jahre schnelleren Umsetzung im Vergleich zu SNN 2050):

- Alle fossilen Heizungen in den Gebäuden im Finanz- und Verwaltungsvermögen sind bereits 2030 ersetzt.
- 100 Prozent der städtischen Personenwagen, fast 90 Prozent der leichten Nutzfahrzeuge und 65 Prozent der schweren Nutz- und Spezialfahrzeuge der Stadtverwaltung werden 2030 mit erneuerbaren Energien betrieben.
- Kein Unterschied zum Szenario SNN 2050 besteht
 - bei den Annahmen zu Sanierungsrate, Sanierungs- und Neubauqualität (diese werden bereits im Szenario SNN 2050 an der aus unserer Sicht machbaren Obergrenze festgelegt),
 - den Neubau-, Ersatzneubau- und Bestandesflächen.

Ergänzende Informationen zu den Annahmen für das Szenario SNN 2030 finden sich im Anhang 11.4. Die tabellarischen Zahlenwerte zur Emissionsentwicklung inklusive eines Vergleichs mit den übrigen Szenarien sind im Anhang 11.2 aufgeführt.

10.5.2. Mehrinvestitionen und Einsparungen Energie- und Klimakosten im Vergleich

Tabelle 43 zeigt die Schätzung ausgewählter ökonomischer Kennziffern für die beiden Bereiche mit dem weitaus höchsten Anteil der energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet Gebäude und Fahrzeuge für die gesamte Stadt und die Gebäude und Fahrzeuge im städtischen Besitz.

Tabelle 43: Auswirkungen (SNN 2050/2040/2030 gegenüber Status-quo)

	SNN 2050		SNN 2040		SNN 2030	
	ganze Stadt	nur städt. Gebäude + Fahrzeuge	ganze Stadt	nur städt. Gebäude + Fahrzeuge	ganze Stadt	nur städt. Gebäude + Fahrzeuge
Restemissionen im Zieljahr¹⁾						
energiebedingte Emissionen im Zieljahr (kg CO ₂ -Äqu./Einwohner/Jahr)	250 direkt: 0 Vorkette: 250	15 direkt: 0 Vorkette: 15	660 direkt: 300 Vorkette: 360	25 direkt: 10 Vorkette: 15	1500 direkt: 880 Vorkette: 620	32 direkt: 16 Vorkette: 16
Ökonomische Auswirkungen²⁾						
Mehrinvestitionen ³⁾ , Mio. CHF/Jahr (durchschnittlich)	510	59	590	71	960	123
Annuität der kumulierten Mehrinvestitionen im Zieljahr ⁴⁾ , Mio. CHF/Jahr	590	69	450	54	310	40
Energiekosteneinsparung im Zieljahr ⁵⁾ , Mio. CHF/Jahr	-630	-65	-430	-34	-240	-14
Klimakosteneinsparung im Zieljahr ⁶⁾ , Mio. CHF/Jahr	-300	-21	-280	-21	-210	-21
jährliche Netto-Kosten im Zieljahr ⁷⁾ , Mio. CHF/Jahr (exkl. Klimakosten)	-32	+4	+20	+20	+69	+26
jährliche Netto-Kosten im Zieljahr ⁷⁾ , Mio. CHF/Jahr (inkl. Klimakosten)	-330	-17	-260	-1	-140	+5

1) Unter Wahrung von Demokratie und Rechtsstaat erreichbares Minimalniveau der energiebedingten Emissionen gemäss Berechnungsmethodik der bestehenden städtischen Treibhausgasbilanzierung.

2) Basis bilden Bottom-up-Modelle für den Gebäudepark sowie den Verkehr auf dem Territorium der Stadt Zürich sowie (als Teilmenge davon) für die Gebäude im städtischen Finanz- und Verwaltungsvermögen sowie die städtische Fahrzeugflotte inklusive städtischem ÖV (Tram und VBZ-Busse).

3) Im Durchschnitt zu tätigen in der Periode 2024-2050 (SNN 2050 / 27 Jahre), 2024-2040 (SNN 2040 / 17 Jahre) bzw. 2024-2030 (SNN 2030 / 7 Jahre). Als sehr optimistische Annahme eine unvermeidbare Vorlaufzeit von 3 Jahren berücksichtigt, um die tiefgreifenden Politikmassnahmen in Kraft zu setzen.

4) Der grösste Teil der Mehrinvestitionen fällt im Gebäudebereich an, mit Lebenszyklen, die z.T. weit über das Zieljahr hinausgehen. Die damit verbundenen Jahreskosten steigen also kontinuierlich an und erreichen im Zieljahr den angegebenen Wert. Gerechnet mit 2,5% Verzinsung sowie typischen Lebensdauern je Massnahme (Infrastruktur 50–60 Jahre, Gebäudehülle 30–40 Jahre, Haustechnik 20–25 Jahre, Fahrzeuge 10–15 Jahre).

5) Die Energieeinsparungen ggü. Status-quo steigen analog zu den Mehrinvestitionen kontinuierlich an. Bewertet mit Energiepreisen 2050 exkl. Steuern/Abgaben (Einsparung = negatives Vorzeichen).

6) Einsparung energiebedingte Emissionen (direkte+Vorketten), bewertet bei 200 CHF/t CO₂-Äqu.

7) Annuität der kumulierten Mehrinvestitionen im Zieljahr minus Kosteneinsparungen im Zieljahr (ohne/mit Klimakosten). Negatives Vorzeichen = jährliche Einsparungen höher als Jahreskosten.

Tabelle und Modellierung INFRAS/Quantis

- Die energetischen Mehrinvestitionen pro Jahr sind naturgemäss am höchsten beim Szenario mit Zieljahr 2030, gefolgt von SNN 2040 und SNN 2050. Berücksichtigt wird dabei, dass einerseits die spezifischen Kosten für Dekarbonisierungsmassnahmen über die drei Dekaden kontinuierlich abnehmen, u.a. aufgrund von Überhitzungserscheinungen in der Baubranche bei einer sehr raschen Gangart. Andererseits gehen wir für Zieljahr 2030 und 2040 von einem geringeren Investitionsvolumen aus, weil bis zu diesen Zieljahren gemäss unserer Einschätzung nicht der gesamte Gebäude- und Fahrzeugpark dekarbonisiert werden kann.

- Die geschätzten Annuitäten sind dagegen im Zieljahr 2050 am höchsten, weil dann auch der aufgebaute Kapitalstock am grössten ist.
- Die Schätzungen zeigen weiter, dass das Szenario SNN 2050 die höchste Wirtschaftlichkeit aufweist, d.h. die grössten Einsparungen bei den Nettoeffekten erzielt. Dies bereits, wenn nur schon die rechnerischen Einsparungen bei den Energiekosten berücksichtigt werden. Zu beachten ist hier, dass die Annahme zur Entwicklung der Energiepreise eine wichtige Rolle spielt. Abgestimmt auf die Annahmen der Energieperspektiven des Bundesamts für Energie haben wir kontinuierlich steigende Energiepreise angenommen, was natürlich die Bilanz für SNN 2050 und 2040 im Vergleich zu SNN 2030 verbessert.
- Die Bilanz verbessert sich weiter, wenn die erzeugten Reduktionen bei den Treibhausgasemissionen monetarisiert und die Klimakosteneinsparungen in die Bilanz einbezogen werden.
- Angesichts der Unsicherheiten, welche bei diesen Schätzungen bestehen, folgern wir, dass das Szenario SNN 2050 in dieser eingeschränkten quantitativen Bilanz leicht positiv und SNN 2040 – und noch mehr SNN 2030 – leicht negativ abschneiden dürften.

10.6. Fazit

10.6.1. Zielführendes Politikmassnahmenpaket

Gegenüber heute ist ein Quantensprung hin zu einem massiv intensivierten **Policy-Mix** mit grosser Reichweite und Eingriffstiefe notwendig; dies auch bei der etwas weniger ambitionierten Zielsetzung Netto-Null 2050 (SNN 2050). Wir schätzen folgende Massnahmen – unabhängig vom konkreten Zielszenario – als unverzichtbar ein, damit das Netto-Null-Ziel für die energiebedingten Emissionen erreicht werden kann:

Politikmassnahmen im Handlungsbereich der Stadt Zürich:

- Fördermassnahmen – insbesondere im Gebäudebereich – stellen einen zentralen Baustein dar. Sie sind das wirksamste Instrument, das die Stadtverwaltung eigenständig umsetzen kann. Das notwendige Ausmass hängt dabei stark von den Politikmassnahmen auf Bundes- und Kantons-ebene ab (Lenkungsabgaben, Fördermassnahmen, Vorschriften). Die heute bestehenden 2000 Watt-Beiträge bilden einen optimalen Anknüpfungspunkt für die Fördermassnahmen und sollen – abgestimmt auf die Entwicklungen auf übergeordneter Ebene – weitergeführt und gegebenenfalls ausgebaut werden. Zentrale Elemente sind dabei folgende:
 - Förderung des Ersatzes fossiler Heizungen durch Wärmepumpen bei Bestandsbauten,
 - Beiträge an Photovoltaikanlagen subsidiär zur Förderung auf Bundesebene,
 - Förderung der Betriebsoptimierung,

- Förderung von energetischen Erneuerungen (Gebäudehülle) können heute nicht durch die 2000 Watt-Beiträge unterstützt werden, sind aber als ergänzende Massnahmen zur Förderung auf Bundes- und Kantonsebene zukünftig wichtig.
- Im Verkehrsbereich sind der Ausbau der Velo- und Fussgängerinfrastruktur, die Parkraumbewirtschaftung sowie der Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektromobilität zentrale Ansatzpunkte für die Transformation hin zu einem dekarbonisierten Verkehr auf Stadtgebiet.
- Ergänzend und flankierend braucht es wirksame «Soft Policy»-Massnahmen in den Bereichen Sensibilisierung, Information, Weiterbildung, Beratung, etc. Auch hier kann bei den bestehenden Massnahmen angeknüpft werden, die gezielt ergänzt und verstärkt werden können. In diesem Bereich bieten sich auch innovative Ansätze an, die getestet und im Erfolgsfall umgesetzt werden können. Inspiration dazu bilden auch Best-Practice-Beispiele aus anderen Städten auf nationaler und internationaler Ebene.

Massnahmen der Stadt als Akteurin:

Für die Stadt als Akteurin sind folgende Massnahmen zentral:

- Klimafreundliche und nachhaltige Bewirtschaftung des städtischen Gebäudeparks. Hier könnte eine Netto-Null-Zielsetzung möglichst bis 2030 oder 2040 angestrebt werden.
- Klimafreundliche, nachhaltige Beschaffung der Fahrzeugflotte mit E-Fahrzeugen und weiteren Fahrzeugen mit alternativen Antrieben.
- Nachhaltige Beschaffung. Verbesserung der Datengrundlage (Beschaffungsdaten fehlen oder sind lückenhaft), Erarbeitung von nachhaltigen Beschaffungskriterien, Umsetzung.
- Klimafreundliche Ernährung in den städtischen Kantinen, übriger Konsum, etc.
- Ausrichtung der Werke auf eine möglichst klimaneutrale Geschäftstätigkeit.

Ebene Bund

Auf Ebene Bund sind folgende Massnahmen relevant und entsprechend Gegenstand der Lobbyarbeit der Stadt:

- Eine Ausweitung und Erhöhung der CO₂-Abgabe ist eine wirksame und effiziente Massnahme, die sich sozial- und wirtschaftsverträglich umsetzen lässt (vgl. Rausch et al. 2017, Ecoplan 2012 und Ecoplan 2015, Infras 2019). Szenarienanalysen von Ecoplan weisen darauf hin, dass ein Abgabesatz von deutlich über den in der Referenzentwicklung angenommenen Satz von 500 Franken pro Tonne CO₂ notwendig ist, um die Lenkungswirkung in Richtung einer dekarbonisierten Wirtschaft und Gesellschaft zu erzielen (Ecoplan 2012).
- Eine Flugticketabgabe trägt dazu bei, das Wachstum der Passagierzahlen zu dämpfen. Zweckmässige Höhe und Differenzierung der Abgabe ist zu bestimmen. Die Mittel sollten teils

rückerstattet und teils für die Entwicklung und Nutzung von CO₂-freien Treibstoffen eingesetzt werden.

- Dynamische und ambitionierte Weiterentwicklung der CO₂-Vorschriften im Fahrzeugbereich und der Effizienzanforderungen an elektrische Geräte, etc.
- Anpassung der Strassenverkehrsgesetzgebung, welche den Städten die Kompetenz von Verbotszonen für fossile Antriebe überträgt.
- Massnahmen zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft (vgl. INFRAS/RYTEC 2020).

Ebene Kanton

- Fossilfreier Heizungsersatz: Zentral sind auf Ebene Kanton Vorschriften, die neue Öl- und Gasheizungen verbieten und verlangen, dass bestehende Öl- und Gasheizungen beim Brenner- oder Kesselsersatz durch erneuerbare Heizsysteme ersetzt werden (vgl. INFRAS 2020). Wenn solche Vorschriften eingeführt werden, kann die Stadt auf die Förderung des Heizungsersatzes verzichten.
- Gebäudeeffizienz: Zweites wichtiges Element sind Effizienzvorschriften für die Gebäudehülle kombiniert mit finanziellen Anreizen (im Rahmen des Gebäudeprogramms). Die Reduktion des Gebäudewärmebedarfs wird bereits heute durch das Gesetz geregelt, sowohl für Neubauten als auch Sanierungen. Durch verschärfte Vorschriften kann die Energieeffizienz bei Neubauten und Sanierungen erhöht und die Sanierungsrate des Altbestands erhöht werden. Die dadurch für den Bauträger entstehenden Mehrkosten sollten mit erhöhten finanziellen Anreizen ausgeglichen werden.

10.6.2. Einordnung der Szenarien

Szenarien zu den energiebedingten Emissionen

Das Ziel Netto-Null 2050 entspricht in den Bereichen Gebäude und Verkehr in etwa dem Ziel von 1 Tonne CO₂ pro Kopf und Jahr, das in der Gemeindeordnung verankert ist, aber massnahmensseitig noch grosse Lücken aufweist. Das Ziel Netto-Null 2050 ist also ambitioniert, und gemäss unserer Einschätzung unter allen untersuchten Szenarien am besten umsetzbar, weil es die grosse Herausforderung auf eine Zeitspanne von knapp 30 Jahre verteilt. Dadurch sind sowohl die ökonomischen wie auch die sozialen Herausforderungen der Transformation am besten zu bewältigen.

Das Ziel Netto-Null 2040 (SNN 2040) entspricht im Vergleich bereits einer deutlichen Beschleunigung der Umsetzung. Speziell zu erwähnen ist, dass eine markante Dekarbonisierung des Luftverkehrs erst ab ca. 2040 zu erwarten ist, wenn das Angebot an synthetischen Treibstoffen ausreichend vorhanden ist.

Das Ziel Netto-Null 2030 (SNN 2030) ist gemäss unserer Einschätzung unter den heute existierenden Rahmenbedingungen (ohne Notrecht) aufgrund folgender Überlegungen nicht erreichbar:

- Der demokratische Prozess kann das notwendige Umsetzungstempo nicht sicherstellen.
- Der notwendige Umbau des Kapitalstocks, insbesondere in den Bereichen Gebäude und Verkehr führt zu einer ineffizienten Restwertvernichtung. Die direkten energiebedingten Emissionen würden zwar schneller gesenkt. Aber es würden aufgrund der Restwertvernichtung gleichzeitig zusätzliche graue Emissionen erzeugt.
- Die Belastung der Stadtverwaltung (Finanzen, Bautätigkeit, Immissionen) würden von der Bevölkerung und der Wirtschaft kaum akzeptiert.
- Eine rationelle Gesamtplanung ist bei diesem Umsetzungstempo nicht möglich. Beispielsweise könnte beim Ausbau der thermischen Netze keine effiziente Baukoordination sichergestellt und entsprechend keine Synergieeffekte genutzt werden.
- Klar ist, dass die Stadtverwaltung im Sinne der Wahrnehmung einer Vorbildwirkung im eigenen Verantwortungsbereich das Netto-Null-Ziel bereits früher erreichen sollte. Gemäss unserer Einschätzung könnte ein Grossteil der städtischen Fahrzeugflotte bis ca. 2030 und der städtische Gebäudepark bis ca. 2040, allenfalls aber auch schon bis 2030 dekarbonisiert werden. Dies würde auch ein starkes Signal an die Bevölkerung geben.

Denkbar ist, dass ein mittleres Szenario «Netto-Null 2040» für die Stadt und Stadtverwaltung eine ambitioniertere und trotzdem noch machbare Zielsetzung darstellt. Dazu bräuchte es auf jeden Fall auf Ebene Stadt wie auch auf übergeordneter Ebene einen ausserordentlich starken politischen Willen zu wirksamen Umsetzungsmassnahmen.

Szenarien zu den übrigen Emissionen

Die Einflussmöglichkeiten der Stadt zur Reduktion der übrigen Emissionen sind beschränkt. Es bestehen starke Abhängigkeiten aufgrund der nationalen, internationalen Vorketten. Inwiefern diese Emissionen durch Effizienzverbesserungen und Konsistenzansätze reduziert werden können, liegt nicht im Handlungsbereich der Stadt.

Die Stadt kann allerdings durch Förderung der Suffizienz die konsumierten Mengen und Qualitäten in allen Bereichen, vom Wohnen und Arbeiten, über den Konsum bis zum Luftverkehr beeinflussen. Zudem hat sie die Möglichkeit durch ein konsequentes Wahrnehmen der Vorbildfunktion beim Einkauf von Gütern die Treibhausgasemissionen zu senken.

Aufgrund unserer Erfahrung schätzen wir ganz grob, dass in der Referenzentwicklung aufgrund von städtischen Massnahmen bis 2050 (v.a. im Bereich Suffizienz) die konsumbedingten Emissionen maximal um eine mittlere bis höhere einstellige Prozentzahl gesenkt werden könnten (was schon einen sehr hohen Beitrag leisten würde!). Die vergleichsweise geringen Emissionen, die

direkt im Verantwortungsbereich der Stadt entstehen, könnten natürlich früher und stärker reduziert werden.

10.6.3. Einflüsse und Unsicherheiten der unterstellten Annahmen

Die dargestellten Ergebnisse hängen von vielen Annahmen ab. Zu ausgewählten Annahmen haben wir deren Einfluss auf die Ergebnisse analysiert, mit folgenden wichtigsten Erkenntnissen:

- Bei der Variation der Parameter zur Rahmentwicklung (Bevölkerung, Wirtschaftsentwicklung, Flächenbedarf pro Kopf bzw. pro Beschäftigte, MIV-Fahrleistungen pro Kopf etc.) in einem plausiblen Ausmass ergibt sich eine ungefähre Bandbreite der erzielbaren Reduktionen der energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet von $\pm 30\%$. Zentrale Voraussetzung für dieses Ergebnis ist, dass die erwähnten Schlüsselmassnahmen konsequent umgesetzt werden.
- Für SNN 2050 zeigt sich, dass die Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der Investitionen bei Berücksichtigung der erzielbaren Energiekosteneinsparungen weniger eindeutig sind als in Tabelle 1 präsentiert. Im Grossen und Ganzen kann gefolgert werden, dass alternative Annahmen zu den Entwicklungen die Ergebnisse von einer schwarzen Null in eine rote Null ändern können (und umgekehrt). Angesichts der generellen Unsicherheiten, die naturgemäss mit solchen Szenarioanalysen verbunden sind, beurteilen wir dieses Ergebnis als genügend robuste Entscheidungsgrundlage für die Politik. Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit verbessert sich, wenn zusätzlich die erzeugte Reduktion der CO₂-Emissionen monetär bewertet wird. Natürlich bestehen auch hier Unsicherheiten und die Wahl eines sinnvollen Kostensatzes ist nicht unumstritten. Der von uns verwendete Kostensatz von 200 CHF pro Tonne CO₂ entspricht der aktuellen Empfehlung des deutschen Umweltbundesamtes. Eine Reduktion bzw. Erhöhung dieses Kostensatzes würde linear auf die geschätzten CO₂-Kosteneinsparungen durchschlagen. Wir gehen aber auch diesbezüglich davon aus, dass eine Anpassung des Kostensatzes die grundsätzlichen Aussagen unserer Analysen nicht in Frage stellen würde.
- Einen generell starken Einfluss haben die energie- und klimapolitischen Massnahmen übergeordneter Politikebenen. Die diesbezüglich in etwa abschätzbaren Rahmenbedingungen bis 2030 (v.a. anhand des Entwurfs des CO₂-Gesetzes post 2020 und Vorschlägen zur Revision des kantonalen Energiegesetzes) sind in Bezug auf eine städtische Null-Zielsetzung bis 2030 (SNN 2030) sehr ungünstig (v.a. im Verkehrsbereich sowie in Bezug auf den beschleunigten Gasrückzug) und bedingen eine noch nie dagewesene Eingriffstiefe der städtischen Energie- und Klimapolitik, falls die Stadt den oben skizzierten SNN-2030-Pfad einschlagen möchte. Im Grundsatz ist das auch für die Szenarien SNN 2040 und SNN 2050 keine optimale Voraussetzung. Allerdings gehen wir ab den 2030er-Jahren von einer deutlichen Verschärfung der übergeordneten Energie- und Klimapolitik aus, so dass eine Null-Zielsetzung mit maximaler städtischer

Anstrengung bis 2050 (SNN 2050) praktisch vollständig und bis 2040 (SNN 2040) weitgehend umgesetzt werden könnte.

10.6.4. Gesamtbeurteilung

Unsere Analysen zeigen deutliche Vorteile für SNN 2050, insbesondere bezüglich Machbarkeit sowie Wirtschafts- und Sozialverträglichkeit:

- Die technische und politische Machbarkeit (Akzeptanz Bevölkerung) ist deutlich besser. Der Transformationsprozess kann strategisch sorgfältig geplant und umgesetzt werden, sodass die Chancen gross sind, dass eine nachhaltige energiebezogene Infrastruktur und Energieversorgung – insbesondere im Gebäude- und Verkehrsbereich erreicht werden kann.
- Das Szenario SNN 2030 und – in geringerem Ausmass – auch SNN 2040 weisen dagegen den Hauptvorteil auf, dass die notwendigen Reduktionen der Treibhausgase und der lokalen Umweltbelastung (v.a. Luft und Lärm) früher erreicht werden können.
- Das Szenario SNN 2050 ist dagegen mit Sicherheit deutlich überlegen bezüglich Wirtschaftsverträglichkeit und Sozialverträglichkeit, weil Spitzenbelastungen des Umbaus des Energie- und Konsumsystems besser über die Zeit verteilt und dadurch reduziert werden können.
- Das Szenario SNN 2050 schneidet schliesslich besser ab bezüglich den volkswirtschaftlichen Kosten (aufgrund der Preiseffekte bei einer raschen Umsetzung), den notwendigen jährlichen personellen und finanziellen Umsetzungsressourcen und ist entsprechend auch aus Sicht der städtischen Finanzen vorzuziehen.

Wie erwähnt liegt die Stärke des Szenarios SNN 2030 – theoretisch – in der früheren Reduktionswirkung bei den CO₂-Emissionen und sonstigen Umweltbelastungen wie Luftschadstoffemissionen (z.B. Stickoxide), allerdings möglicherweise zu einem hohen Preis. Wir sehen die Gefahr, dass SNN 2030 langfristig zu geringeren Klimawirkungen führt als die anderen Szenarien. Aus unserer Sicht besteht das Risiko, dass technologisch Wege eingeschlagen werden, um rasch Emissionsreduktionen zu erzielen, die langfristig nicht – bzw. nur verzögert – zu einem nachhaltigen Umbau der energiebezogenen Infrastruktur (z.B. im Bereich der Gasnetze und dem Ausbau der thermischen Netze) führen.

Insgesamt zeigt sich beim Entscheid für das «richtige» Reduktionsszenario somit ein klassischer Trade-off, der zu optimieren ist: Eine raschere Reduktion der Treibhausgasemissionen im Szenario Netto-Null 2030 versus eine strategisch sorgfältiger geplante und für die Wirtschaft, die Bevölkerung und die Stadt besser verkraftbare Herausforderung im Szenario Netto-Null 2050. Denkbar ist, dass ein Szenario, welches die Netto-Null-Zielsetzung für die energiebedingten Emissionen auf Stadtgebiet auf 2040 festlegt, letztlich der Optimierung dieses Trade-offs am nächsten

kommt. Ergänzend könnte natürlich anvisiert werden, dass die Stadt in ihrem direkten Handlungsbereich das Netto-Null-Ziel schon früher erreicht.

11. Annex

11.1. Übersicht der Anpassungen für die Szenarien SNN 2030/2040

Tabelle 44: Übersicht der wichtigsten Anpassungen in der Modellierung der Szenarien SNN 2040 und SNN 2030 ggü. SNN 2050

	SNN 2040	SNN 2030
Gebäude / gesamtes Stadtgebiet		
Neubauflächen	Analog SNN 2050	Analog SNN 2050
Neubauqualität	Etwas besser als Referenz, Kanton verschärft nicht wesentlich bis 2030	Etwas besser als Referenz, Kanton verschärft nicht wesentlich bis 2030
Sanierungsrate	Mittelwert zwischen SNN 2040 und SNN 2050 mit Berücksichtigung Anfangsträgheit: 2.1% Wohnen resp. 2.4% Nicht-Wohnen	Tiefer als SNN 2050, je 0.5% höher als heute bei Wohnen / Nicht-Wohnen. Hohe Trägheit.
PV-Ausbau	4 Mio. m ²	1.8 Mio. m ²
Ölheizungen	Keine (weggefördert)	Noch 20% der bestehenden Ölheizungen (Rest weggefördert)
Gasheizungen	Analog SNN 2050 (90 Prozent der heute rund 16'000 Gasheizungen auf Erneuerbar umgestellt)	2/3 der heute rund 16'000 Gasheizungen auf Erneuerbar umgestellt
Fernwärmeausbau	Analog SNN 2050 voll realisiert (Abdeckung FW 50%), aber mehr Anschlüsse und +45% zusätzlich verteilte Energie	Nur 70% des Fernwärmeausbaus ggü. SNN 2050 realisiert (Anteil FW 40%) aber mehr Anschlüsse, ggü. SNN 2050 +25% zusätzlich verteilte Energie
Wärmepumpen	85% der Anzahl Anlagen gem. SNN 2050, rund 15'000 Stk. In 17 Jahren resp. 880 Anlagen/Jahr	85% der Anzahl Anlagen gem. SNN 2050, rund 15'000 Stk. In 7 Jahren resp. 2150 Anlagen/Jahr
Vorkettenintensität	Analog SNN 2050	Analog SNN 2050
Gebäude / Stadt als Akteurin		
Sanierungsrate	Analog SNN 2050 (2.75% Wohnen resp. 3.25% Nicht-Wohnen)	Analog SNN 2050 (2.75% Wohnen resp. 3.25% Nicht-Wohnen)
Qualität Neubau/Sanierung	Analog SNN 2050	Analog SNN 2050
Öl- und Gasheizungen	Keine	Keine
PV-Ausbau	85% des Flächenzubaus von SNN 2050	35% des Flächenzubaus von SNN 2050
Verkehr / gesamtes Stadtgebiet		
Verkehrsmenge	Mit maximalen Anstrengungen der Stadt (u.a. Parkplatzbewirtschaftung, Reduktion MIV-Verkehrsflächen) werden analoge Verkehrsmengen erreicht wie im Jahr 2050 bei SNN 2050.	Mit maximalen Anstrengungen der Stadt (u.a. Parkplatzbewirtschaftung, Reduktion MIV-Verkehrsflächen) werden analoge Verkehrsmengen erreicht wie im Jahr 2050 bei SNN 2050.
öV	Durch forcierten Ausbau wird 2040 gleiche Fahrleistung Tram/Trolley erreicht wie in SNN 2050 im Jahr 2050.	Durch forcierten Ausbau wird 2040 neunzig Prozent der Fahrleistung Tram/Trolley erreicht wie in SNN 2050 im Jahr 2050. (langer Planungsvorlauf und deshalb nicht gleiche Verlagerung möglich wie bei SNN 2050 im Jahr 2050)
Flottenmix (innerhalb Fahrzeugkategorien)	Analog SNN 2050	Analog SNN 2050
Vorketten Treibstoffe	Analog SNN 2050 (SynGas bis 2030 noch nicht in wesentlichen Mengen verfügbar)	Analog SNN 2050 (SynGas bis 2030 noch nicht in wesentlichen Mengen verfügbar)

	SNN 2040	SNN 2030
Verkehr / eigene Fahrzeuge		
Personenwagen	100% elektrisch betrieben	100% elektrisch betrieben
Leichte Nutzfahrzeuge	Weitgehend elektrisch betrieben	Weitgehend elektrisch betrieben
Schwere Nutzfahrzeuge	Zu einem bedeutenden Anteil elektrisch/erneuerbar (Biogas) betrieben. Nahezu emissionsfreier Betrieb.	Zu einem bedeutenden Anteil elektrisch/erneuerbar (Biogas) betrieben. (Kann nicht auf Null gesenkt werden, da Marktverfügbarkeit bis 2030 noch nicht für alle Arten von SNF und Spezialfahrzeugen gegeben.)

11.2. Vergleich der Ergebnisse zu den verschiedenen Szenarien nach Emissionsbereichen

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äqu. Pro EinwohnerIn

	Stand heute	Referenzentwicklung			SNN 2050			SNN 2050 Plus			SNN 2040		SNN 2030
	2020	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2030
1. Gebäude direkt	1.71	1.08	0.69	0.34	0.96	0.37	0.00	0.99	0.39	0.00	0.74	0.13	0.43
2. Strassenverkehr direkt	0.66	0.51	0.31	0.10	0.44	0.16	0.00	0.40	0.12	0.00	0.42	0.16	0.42
3. Industrie, F-Gase, Rest direkt	0.21	0.16	0.11	0.06	0.14	0.08	0.02	0.14	0.08	0.02	0.14	0.08	0.14
4. Gebäude Vorkette Energieträger	0.96	0.84	0.63	0.53	0.53	0.29	0.18	0.53	0.29	0.18	0.50	0.25	0.43
5. Strassenverkehr Vorkette Energieträger	0.18	0.17	0.14	0.12	0.13	0.08	0.05	0.12	0.07	0.04	0.12	0.08	0.13
6. Industrie, Rest Vorkette Energieträger	0.11	0.08	0.07	0.06	0.07	0.04	0.02	0.07	0.04	0.02	0.06	0.03	0.06
7. Luftverkehr Energie und Vorkette Energieträger	0.76	0.64	0.61	0.59	0.64	0.61	0.59	0.60	0.50	0.11	0.64	0.61	0.64
8. Lufverkehr non-CO ₂	0.64	0.54	0.54	0.55	0.54	0.54	0.55	0.53	0.52	0.48	0.54	0.54	0.54
9. Entsorgung	0.42	0.39	0.36	0.33	0.39	0.36	0.33	0.31	0.21	0.11	0.39	0.36	0.39
10. Ernährung	2.03	1.95	1.87	1.79	1.95	1.87	1.79	1.61	1.24	0.90	1.95	1.87	1.95
11. übrige Konsumgüter	2.72	2.62	2.53	2.44	2.62	2.53	2.44	2.18	1.72	1.35	2.62	2.53	2.62
12. Gebäude/Verkehr Vorketten Materialien und Infrastruktur	1.41	1.26	1.19	1.12	1.24	1.16	1.08	0.99	0.86	0.68	1.23	1.15	1.23
13. Verkehr Stadtbewohner ausserhalb Stadt	1.04	0.89	0.67	0.48	0.75	0.50	0.24	0.75	0.50	0.12	0.75	0.50	0.75
Total Gesamtemissionen	12.9	11.1	9.7	8.5	10.4	8.6	7.3	9.2	6.5	4.0	10.1	8.3	9.7
<i>davon Energiebedingt und Luftverkehr, excl. non-CO₂</i>	<i>4.6</i>	<i>3.5</i>	<i>2.5</i>	<i>1.8</i>	<i>2.9</i>	<i>1.6</i>	<i>0.9</i>	<i>2.9</i>	<i>1.5</i>	<i>0.4</i>	<i>2.6</i>	<i>1.3</i>	<i>2.3</i>

11.3. Wirkungsmodelle

Als Analysegerüst für die Vertiefung zu den Themenbereichen «Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung» und «Personen- und Güterverkehr» haben wir Wirkungsmodelle entwickelt. Diese zeigen die Wirkungsketten für die Analyse von Netto-Null-Szenarien von den relevanten Politik- und Kontextfaktoren über die angebots- und nachfrageseitigen Marktfaktoren zu den Auswirkungen auf die Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Die in den quantitativen Modellanalysen berücksichtigten Faktoren sind grau markiert.

11.3.1. Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung (Kapitel 3)

Abbildung 33: Wirkungsmodell Gebäude

Politik und Kontextfaktoren

STADT ZÜRICH

Schlüsselmassnahmen

- zwingende Vorgaben zum Heizungsersatz in raumplanerisch definierten «Energiezonen»
- städtische Investitionsbeiträge
- Entwicklung der städtischen Fernwärme- und Gasinfrastruktur
- Entwicklung Gebäude im städtischen Finanz- und Verwaltungsvermögen (inkl. Beschaffung von gebäudebezogenen Anlagen, Maschinen und Geräten)

weitere Massnahmen (Beispiele)

- städtische Raumplanung
- Soft-Policy-Mix Gebäude/Anlagen/Geräte

ÜBERGEORDNETE AKTEURE

Schlüsselmassnahmen

- CO₂-Abgabe auf Brennstoffe (Bund)
- Investitionsbeiträge von Bund und Kanton
- CO₂-Grenzwerte für Gebäude (Bund), gesetzliche Anforderungen an Neubauten und Sanierungen (Kanton)
- gesetzliche Anforderungen an elektrische Anlagen, Maschinen, Geräte (EU, Bund)

weitere Massnahmen (Beispiele)

- nationale und kantonale Raumplanung
- Soft-Policy-Mix Gebäude/Anlagen/Geräte

KONTEXTFAKTOREN (BEISPIELE)

- Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung im grossräumigen Kontext
- internationale Rohöl- und Erdgaspreise, Strompreise im grossräumigen Verbund, Preise biogener bzw. synthetischer Brennstoffe
- technologische Entwicklung bzw. Innovationen mit Gebäudebezug

Siedlung, Gebäude sowie deren Energieversorgung

NACHFRAGE

Gebäudeflächen

Wohnen

- Anzahl BewohnerInnen
- Demografische Faktoren der Haushalte (Grösse, Zusammensetzung, Einkommen)
- Wohnflächen pro Person

übrige Gebäudenutzungen (v.a. Büro)

- Anzahl Arbeitsplätze
- Branchenstruktur
- spezifische Nutzflächen (v.a. Bürofläche pro Arbeitsplatz)

Dienstleistungen mit Energiebezug

Wärme/Kälte

- Komfort-Raumtemperaturen (Winter, Sommer)

- individueller Warmwasserbedarf

weitere

- Beleuchtung, Lüftung, Personenlifte
- Weissware, Kochherde, Küchen- und Reinigungshilfen
- Geräte Bereich Unterhaltung sowie Information und Kommunikation
- Geräte und Maschinen für Arbeiten in gebäudebezogenen Aussenräumen
- private Parkplätze (innen, aussen), inkl. allfälliger Ladeinfrastruktur

ANGEBOT

Gebäudepark (strukturell, systemisch)

- Siedlungsstruktur, Siedlungsdichte
- Ausnützung, Gebäudegrösse und Kompaktheit, Angebot privater Parkplätze, Angebot Untergeschosse

zentrale Energieversorgung

- Nah- und Fernwärme: Erschliessung/Angebot, Produktionstechnologien/Energiequellenmix
- Kälte: Erschliessung/Angebot
- Gas: Erschliessung/Angebot, Gasmix
- Strom: Beiträge an die grossräumige Stromwende (v.a. Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, Blindleistungsbereitstellung, Speicherung)

Energieversorgung in Gebäuden

- Bestand: Ersatzraten dezentrale Öl- und Gasheizungen (Ersatz vorwiegend durch Nah- und Fernwärmeanschlüsse sowie Wärmepumpen)
- Installationsraten gebäudegebundene Photovoltaik

Effizienz Gebäude

Wärme

- Bestand: Sanierungsrate und energetische Qualität Fenster und opake Bauteile
- (Ersatz-)Neubauten: energetische Qualität Fenster und opake Bauteile
- Effizienz bzw. Nutzungsgrad Wärmeerzeugung

Kälte

- Fensteranteile, Fixverschattungen, Qualität Sonnenschutzsysteme
- Nachtauskühlung, Freecooling, Geocooling

Gebäudeerstellung

- Bauweise, Konstruktion, Materialisierung, Herstellprozess, Nutzungsdauer, Rezyklierbarkeit
- Bauprozesse, Transporte

Effizienz elektrische Anlagen und Geräte

Betrieb

- Stromeffizienz Anlagen, Maschinen, Pumpen, Ventilatoren, Geräte sowie Beleuchtung

Herstellung

- Produktdesign, Materialisierung, Herstellprozess, Nutzungsdauer, Rezyklierbarkeit

Auswirkungen

ÖKOLOGISCH

prioritäre Effekte

- Veränderung Wärmebedarf, aktiv zu deckender Kältebedarf, Strombedarf
- Veränderung Treibhausgasemissionen: auf Stadtgebiet bzw. ausserhalb der Stadt, aus Betriebsphase bzw. aus übrigen Life-Cycle

weitere Effekte (Beispiele)

- Akzentuierung bzw. Verschärfung Zielkonflikt bezüglich städtischem Grundwasser- und Gewässerschutz
- Akzentuierung bzw. Verschärfung Zielkonflikte im Bereich der parzellenbezogenen Flora und Fauna

SOZIAL BZW. ÖKONOMISCH

prioritäre Effekte

- Einsparung bzw. Mehraufwand bei volkswirtschaftlichen Kosten (insgesamt bzw. bezüglich Investitionen der Stadt als Akteur)
- Verteilungseffekte
- Auswirkungen auf das lokale und regionale (Bau-)Gewerbe
- Einsparung bzw. Mehraufwand bei städtischen Transferausgaben sowie beim städtischen Umsetzungsaufwand
- Akzentuierung bzw. Verschärfung Zielkonflikte bezüglich sozialen Mieten, Denkmalschutz, Archäologie, Ausbau städtischer Infrastrukturen (Velo, ÖV, Verkehrsberuhigung, Entsiegelung, Begrünung)

weitere Effekte (Beispiele)

- städtebauliche und architektonische Auswirkungen
- verstärkte Nutzung von Synergien bezüglich Wohn- und Arbeitsplatzqualität (Komfort, Gesundheit) sowie Umgebungsqualität
- Veränderung Luftschadstoffemissionen auf Stadtgebiet

Grau hinterlegt sind Faktoren, die in den quantitativen Modellanalysen berücksichtigt sind.

11.3.2. Personen- und Güterverkehr (Kapitel 4)

Abbildung 34: Wirkungsmodell Personen- und Güterverkehr auf Stadtgebiet

Politik und Kontextfaktoren

STADT ZÜRICH

Schlüsselmassnahmen (Beispiele)

- Velonetzausbau und Umverteilung Kapazitäten
- Null neue Parkplätze (Autofreie Neubauten)
- Bestehende Parkplätze: Einschränkungen für herkömmlich betriebene Fahrzeuge
- «harte» Massnahmen, falls es nicht reicht: Zonenverbote, Abbau bestehender Parkplätze

weitere Massnahmen (Beispiele)

- ÖV-Ausbau
- städtische Raum- und Verkehrsplanung
- Soft-Policy-Mix Verkehr



ÜBERGEORDNETE AKTEURE

Schlüsselmassnahmen (Beispiele)

- Verbrauchsvorschriften Fahrzeuge
- Pricing-Massnahmen (v.a. CO₂-Lenkungsabgabe auf Treibstoffe; Mobility-Pricing, falls dieses auch auf Internalisierung externer Kosten ausgerichtet wird; LSVA)
- Infrastruktur-Priorisierung/-Finanzierung

weitere Massnahmen (Beispiele)

- nationale und kantonale Raum- und Verkehrsplanung
- Soft-Policy-Mix Verkehr



KONTEXTFAKTOREN (BEISPIELE)

- Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung im grossräumigen Kontext
- Strompreise im grossräumigen Verbund, Preise biogener bzw. synthetischer Treibstoffe
- Technologische Entwicklung bzw. Innovationen im Verkehrsbereich

Personen- und Güterverkehr in der Stadt Zürich

NACHFRAGE

Strukturelle Faktoren

- Demografische Faktoren: Bevölkerung, Altersverteilung, Haushaltsgrösse, Einkommen etc.
- Wirtschaftliche Faktoren: Branchenstrukturen, Unternehmensgrössen, Ansiedlungslogik Headquarters (z.B. CS, SwissRe etc.)
- Raum: Dichte, Ausnützung, Entwicklung Stadtgrenze (z.B. Altstetten/Limmattal etc.; Agglomerationsprogramm)

Mobilitätswerkzeuge

autofreie Haushalte (Anzahl)

haben sie Velo, GA etc.?

Haushalte mit eigenem Auto (Anzahl)

- Wie viele Autos?
- Was für Autos?
- Eigene Parkplätze? Ausrüstung mit Ladestationen vorhanden?

Mobilitätsbedürfnisse

- Pendelbedürfnisse (Binnenpendler, Ziel-/Quellpendler; d.h.: ist Arbeitsplatz/Wohnort in Stadt bzw. ausserhalb Stadt?)
- Freizeitbedürfnisse
- Anforderung an Relation, Zeit und Komfort?



ANGEBOT

Strasseninfrastruktur

- für MIV, LNF, SNF
- für ÖV (inkl. Schienen und Busspuren)
- Kapazitäten an Fuss- und Velowegen (insbesondere Veloschnellrouten)
- Steuerungssysteme (LSA, Verkehrsleitsysteme)

Parkplatzangebot

- öffentlich zugängliche Privatparkplätze (v.a. Parkhäuser)
- Parkplätze auf öffentlichem Grund (weiss/blau)

Elektroladeinfrastruktur

- Ladeinfrastruktur auf privaten Parzellen
- Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum (Städtische Parzellen, Parkplätze)

Mobilitätsservices ÖV

- Züge, Trams, Busse (Strecken, Dichte, Komfort, Tarife)
- bei Bussen: Flottenzusammensetzung? (Trolley, Hybrid, Batteriebetrieben, Diesel)

Mobilitätsservices MIV

- Sharing-Angebote: Car-Sharing, (Elektro-) Velo, Scooter, Trottinettes (Art, Verfügbarkeit, Preise, Freefloating oder Stationsgebunden?)
- Mobilitätsservices: Plattformanbieter, kombinierte Mobilität, Taxi/Uber etc. (auch als Robo-Taxi oder Robo-Van)

Fahrzeuge

- Marktangebot: E-Flotte, vom SUV bis zum leichten Fahrzeug, selbstfahrende Varianten

Auswirkungen

ÖKOLOGISCH

prioritäre Effekte

- Veränderung Fahr- und Verkehrsleistungen auf Stadtgebiet
- Veränderung Flottenmix (Antriebe) MIV, LNF, SNF, Autobusse ÖV
- Treibhausgasemissionen: auf Stadtgebiet bzw. ausserhalb Stadt, aus Betriebsphase bzw. aus übrigem Life-Cycle (Strombedarf)

weitere Effekte (Beispiele)

- Veränderung Luftschadstoffausstoss
- Auswirkungen auf die Lärmimmissionen
- Stromversorgung

SOZIAL BZW. ÖKONOMISCH

prioritäre Effekte

- Einsparung bzw. Mehraufwand beim städtischen Umsetzungsaufwand
- Einsparung bzw. Mehraufwand bei volkswirtschaftlichen Kosten (insgesamt bzw. bezüglich Investitionen der Stadt als Akteur)
- Verteilungseffekte
- Akzentuierung Zielkonflikte und Synergien bezüglich Konkurrenz ÖV/Velo sowie MIV/Velo, Fernwärmeausbau und Gebäudeparksanierung
- gesundheitliche Wirkungen des Fuss- und Veloverkehrs

weitere Effekte (Beispiele)

- positive Wirkungen verkehrsfreier Räume

Grau hinterlegt sind Faktoren, die in den quantitativen Modellanalysen direkt oder indirekt berücksichtigt sind.

11.4. Dokumentation zum Excel-Modell

11.4.1. Siedlung, Gebäude und deren Energieversorgung (Kapitel 3)

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung

REFERENZENTWICKLUNG

GRUNDMENGEN

Territorialperspektive

Energiebezugsflächen (m2) auf Stadtgebiet

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040			SNN 2030		
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030	
gesamt	40'480'000	41'240'000	42'100'000	42'960'000	40'480'000	41'000'000	41'530'000	41'980'000	40'480'000	40'510'000	40'540'000	40'570'000	40'480'000	41'000'000
Bestand	40'480'000	38'925'000	37'370'000	35'815'000	40'480'000	38'925'000	37'370'000	35'815'000	40'480'000	40'400'000	40'320'000	40'240'000	40'480'000	38'925'000
Wohnen	23'180'000	22'490'000	21'800'000	21'110'000	23'180'000	22'490'000	21'800'000	21'110'000	23'180'000	23'140'000	23'100'000	23'060'000	23'180'000	22'490'000
Nicht-Wohnen	17'300'000	16'435'000	15'570'000	14'705'000	17'300'000	16'435'000	15'570'000	14'705'000	17'300'000	17'260'000	17'220'000	17'180'000	17'300'000	16'435'000
Neubau	0	2'315'000	4'730'000	7'145'000	0	2'075'000	4'160'000	6'165'000	0	110'000	220'000	330'000	0	2'075'000
Wohnen	0	1'250'000	2'500'000	3'750'000	0	1'090'000	2'180'000	3'170'000	0	40'000	80'000	120'000	0	1'090'000
Nicht-Wohnen	0	1'065'000	2'230'000	3'395'000	0	985'000	1'980'000	2'995'000	0	70'000	140'000	210'000	0	985'000
Wohnen	23'180'000	23'740'000	24'300'000	24'860'000	23'180'000	23'580'000	23'980'000	24'280'000	23'180'000	23'180'000	23'180'000	23'180'000	23'180'000	23'580'000
Bestand	23'180'000	22'490'000	21'800'000	21'110'000	23'180'000	22'490'000	21'800'000	21'110'000	23'180'000	23'140'000	23'100'000	23'060'000	23'180'000	22'490'000
Ersatzneubau	0	690'000	1'380'000	2'070'000	0	690'000	1'380'000	2'070'000	0	40'000	80'000	120'000	0	690'000
Zubau	0	560'000	1'120'000	1'680'000	0	400'000	800'000	1'100'000	0	0	0	0	0	400'000
Nicht-Wohnen	17'300'000	17'500'000	17'800'000	18'100'000	17'300'000	17'420'000	17'550'000	17'700'000	17'300'000	17'330'000	17'360'000	17'390'000	17'300'000	17'420'000
Bestand	17'300'000	16'435'000	15'570'000	14'705'000	17'300'000	16'435'000	15'570'000	14'705'000	17'300'000	17'260'000	17'220'000	17'180'000	17'300'000	16'435'000
Ersatzneubau	0	865'000	1'730'000	2'595'000	0	865'000	1'730'000	2'595'000	0	40'000	80'000	120'000	0	865'000
Zubau	0	200'000	500'000	800'000	0	120'000	250'000	400'000	0	30'000	60'000	90'000	0	120'000
zugrundegelegte Wohnbevölkerung der Stadt Zürich								352000						
Anzahl Personen	439'000	492'900	520'000	540'000	439'000	492'900	520'000	540'000	439'000	492'900	520'000	540'000	439'000	492'900
→ Wohnflächen (m2) pro EinwohnerIn	53	48	47	46	53	48	46	45	53	47	45	43	53	48
				87%				85.2%						
														90.6%
zugrundegelegte Arbeitsplätze in der Stadt Zürich														
Anzahl Arbeitsplätze	460'000	475'000	490'000	505'000	460'000	475'000	490'000	505'000	460'000	475'000	490'000	505'000	460'000	475'000
Anteil Büroarbeitsplätze an allen Arbeitsplätzen	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Anteil Büro an allen Nicht-Wohnflächen	44%	44%	44%	44%	44%	44%	43%	43%	44%	43%	43%	42%	44%	44%
→ Büro-Flächen (m2 EBF) pro Arbeitsplatz	28	27	27	26	28	27	26	25	28	26	25	24	28	27
				95%				90.5%						
														96.9%

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Perspektive der Stadt als Akteurin

Energiebezugsflächen (m2), Übersicht

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030	
gesamt	5'144'191	5'334'191	5'524'191	5'719'191	5'144'191	5'262'191	5'380'191	5'518'191	5'144'191	5'162'191	5'180'191	5'198'191	5'144'191	5'256'191	5'368'191	5'144'191	5'256'191	
auf Stadtgebiet	5'139'691	5'329'691	5'519'691	5'714'691	5'139'691	5'257'691	5'375'691	5'513'691	5'139'691	5'157'691	5'175'691	5'193'691	5'139'691	5'251'691	5'363'691	5'139'691	5'251'691	
Wohnen	1'603'348	1'728'348	1'853'348	1'978'348	1'603'348	1'703'348	1'803'348	1'923'348	1'603'348	1'603'348	1'603'348	1'603'348	1'603'348	1'703'348	1'803'348	1'603'348	1'703'348	
eigene	1'603'348	1'728'348	1'853'348	1'978'348	1'603'348	1'703'348	1'803'348	1'923'348	1'603'348	1'603'348	1'603'348	1'603'348	1'603'348	1'703'348	1'803'348	1'603'348	1'703'348	
Bestand	1'603'348	1'553'348	1'503'348	1'453'348	1'603'348	1'553'348	1'503'348	1'453'348	1'603'348	1'598'348	1'593'348	1'588'348	1'603'348	1'553'348	1'503'348	1'603'348	1'553'348	
Ersatzneubau	0	50'000	100'000	150'000	0	50'000	100'000	150'000	0	5'000	10'000	15'000	0	50'000	100'000	0	50'000	
Zubau	0	125'000	250'000	375'000	0	100'000	200'000	320'000	0	0	0	0	0	100'000	200'000	0	100'000	
zugemietete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nicht-Wohnen	3'536'343	3'601'343	3'666'343	3'736'343	3'536'343	3'554'343	3'572'343	3'590'343	3'536'343	3'554'343	3'572'343	3'590'343	3'536'343	3'548'343	3'560'343	3'536'343	3'548'343	
eigene	3'326'612	3'391'612	3'456'612	3'526'612	3'326'612	3'344'612	3'362'612	3'380'612	3'326'612	3'344'612	3'362'612	3'380'612	3'326'612	3'338'612	3'350'612	3'326'612	3'338'612	
Bestand	3'326'612	3'156'612	2'986'612	2'816'612	3'326'612	3'156'612	2'986'612	2'816'612	3'326'612	3'321'612	3'316'612	3'311'612	3'326'612	3'156'612	2'986'612	3'326'612	3'156'612	
Ersatzneubau	0	170'000	340'000	510'000	0	170'000	340'000	510'000	0	5'000	10'000	15'000	0	170'000	340'000	0	170'000	
Zubau	0	65'000	130'000	200'000	0	18'000	36'000	54'000	0	18'000	36'000	54'000	0	12'000	24'000	0	12'000	
zugemietete	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	209'731	
ausserhalb der Stadt	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	
Wohnen	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	
eigene	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	4'500	
zugemietete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nicht-Wohnen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
eigene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
zugemietete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
zugrundegelegte Anzahl BewohnerInnen																		
Anzahl Personen	38'000	46'000	50'000	55'000	38'000	46'000	50'000	55'000	38'000	46'000	50'000	55'000	38'000	46'000	50'000	38'000	46'000	
→ Wohnflächen (m2) pro EinwohnerIn	42	38	37	36	42	37	36	35	42	35	32	29	42	37	36	42	37	
				85%				83%				69%						87.8%

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

EMISSIONEN

Territorialperspektive

zentrale Stellparameter Raumwärmebedarfsreduktion

Bestandsbauten	Wohnen	Nicht-Wohnen
Raumwärmebedarf Nutzenergie, Zustand "energetisch vollständig saniert" (kWh Raumwärme pro m2 EBF)	50	45
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch vollständig saniert" übergeführt wird	1.25%	1.75%

Neubauten	Wohnen	Nicht-Wohnen
jährliche Reduktion Raumwärmebedarf Neubauten zum Erstellungszeitpunkt (in % des Raumwärmebedarfs eines Neubaus, der 2020 erstellt wird)	0.5%	0.5%

SNN 2050

Wohnen	Nicht-Wohnen
45	42
2.5%	3.0%
1.05%	1.05%

SNN 2050 PLUS

Wohnen	Nicht-Wohnen
45	42
2.5%	3.0%
1.05%	1.05%

SNN 2040

Wohnen	Nicht-Wohnen
45	42
2.10%	2.40%
0.90%	0.90%

SNN 2030

Wohnen	Nicht-Wohnen
45	42
1.75%	2.25%
0.75%	0.75%

Wärmebedarf Gebäude auf Stadtgebiet (kWh Nutzwärme pro m2 Energiebezugsfläche)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	94	88	82	77	94	83	73	63	94	84	74	64	94	85	76	94	86
Bestand	94	89	84	79	94	84	74	64	94	84	74	64	94	86	77	94	87
Raumwärme	80	75	71	66	80	70	60	50	80	70	60	50	80	72	64	80	73
Warmwasser	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	14	14	14	14	14
Neubau	-	68	65	63	-	66	61	56	-	63	59	54	-	66	62	-	67
Raumwärme	-	54	52	49	-	52	48	43	-	51	47	42	-	53	49	-	53
Warmwasser	-	14	13	13	-	14	13	13	-	13	12	12	-	14	13	-	14
Wohnen	97	92	87	82	97	88	78	69	97	88	78	70	97	89	80	97	90
Bestand	97	93	89	85	97	88	79	70	97	88	79	70	97	90	81	97	91
Raumwärme	80	76	73	69	80	71	63	54	80	71	63	54	80	73	65	80	74
Warmwasser	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	17	17
Neubau	77	76	72	70	77	74	68	63	77	74	68	63	77	74	69	77	75
Raumwärme	60	59	56	54	60	57	52	47	60	57	52	47	60	57	53	60	58
Warmwasser	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	17	17
Nicht-Wohnen	90	82	75	68	90	77	66	55	90	79	67	56	90	80	70	90	80
Bestand	90	84	78	72	90	79	67	56	90	79	67	56	90	81	72	90	81
Raumwärme	80	74	68	62	80	69	57	46	80	69	57	46	80	71	62	80	71
Warmwasser	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Neubau	60	59	57	55	60	57	53	49	60	57	53	49	60	58	54	60	58
Raumwärme	50	49	47	45	50	47	43	39	50	47	43	39	50	48	44	50	48
Warmwasser	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Versorgungsmix Gebäude (Heizsystemanteil % an der EBF des gesamten Gebäudeparks)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	23%	19%	13%	4%	23%	18%	9%	0%	23%	19%	10%	0%	23%	13%	0%	23%	5%
Gas	50%	43%	37%	30%	50%	38%	23%	3%	50%	40%	25%	3%	50%	29%	9%	50%	16%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	26%	34%	17%	25%	35%	48%	17%	25%	35%	50%	17%	30%	49%	17%	40%
Wärmepumpe	10%	18%	25%	32%	10%	18%	33%	49%	10%	16%	30%	47%	10%	29%	41%	10%	39%
Bestand	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	23%	20%	14%	5%	23%	19%	10%	0%	23%	19%	10%	0%	23%	13%	0%	23%	5%
Gas	50%	45%	40%	35%	50%	40%	25%	3%	50%	40%	25%	3%	50%	30%	10%	50%	17%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	26%	35%	17%	25%	35%	50%	17%	25%	35%	50%	17%	30%	50%	17%	40%
Wärmepumpe	10%	15%	20%	25%	10%	16%	30%	47%	10%	16%	30%	47%	10%	27%	40%	10%	38%
Neubau	-	100%	100%	100%	-	100%	100%	100%	-	100%	100%	100%	-	100%	100%	-	100%
Öl	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	-	0%
Gas	-	2%	1%	1%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	-	0%
Nah-/Fernwärme	-	20%	22%	24%	-	25%	30%	35%	-	25%	31%	37%	-	30%	42%	-	40%
Wärmepumpe	-	78%	77%	75%	-	75%	70%	65%	-	75%	69%	63%	-	70%	58%	-	60%
Wohnen	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	23%	20%	13%	4%	23%	19%	9%	0%	23%	20%	10%	0%	23%	10%	0%	23%	5%
Gas	50%	43%	37%	31%	50%	38%	23%	3%	50%	40%	25%	3%	50%	29%	9%	50%	16%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	25%	33%	17%	25%	34%	47%	17%	25%	35%	50%	17%	30%	49%	17%	40%
Wärmepumpe	10%	17%	25%	32%	10%	17%	33%	50%	10%	15%	30%	47%	10%	32%	42%	10%	39%
Bestand	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	23%	21%	14%	5%	23%	20%	10%	0%	23%	20%	10%	0%	23%	10%	0%	23%	5%
Gas	50%	45%	40%	35%	50%	40%	25%	3%	50%	40%	25%	3%	50%	30%	10%	50%	17%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	26%	35%	17%	25%	35%	50%	17%	25%	35%	50%	17%	30%	50%	17%	40%
Wärmepumpe	10%	14%	20%	25%	10%	15%	30%	47%	10%	15%	30%	47%	10%	30%	40%	10%	38%
Neubau	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	5%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	5%	0%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	20%	20%	17%	25%	27%	29%	17%	25%	27%	29%	17%	30%	38%	17%	40%
Wärmepumpe	78%	80%	80%	80%	78%	75%	73%	71%	78%	75%	73%	71%	78%	70%	62%	78%	60%
Nicht-Wohnen	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	22%	17%	13%	4%	22%	17%	9%	0%	22%	18%	10%	0%	22%	17%	0%	22%	5%
Gas	50%	43%	36%	30%	50%	38%	23%	3%	50%	40%	25%	3%	50%	29%	9%	50%	16%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	26%	34%	17%	25%	35%	49%	17%	25%	35%	50%	17%	30%	50%	17%	40%
Wärmepumpe	11%	20%	25%	32%	11%	19%	33%	49%	11%	17%	30%	47%	11%	24%	41%	11%	39%
Bestand	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	22%	18%	14%	5%	22%	18%	10%	0%	22%	18%	10%	0%	22%	18%	0%	22%	5%
Gas	50%	45%	40%	35%	50%	40%	25%	3%	50%	40%	25%	3%	50%	30%	10%	50%	17%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	26%	35%	17%	25%	35%	50%	17%	25%	35%	50%	17%	30%	50%	17%	40%
Wärmepumpe	11%	17%	20%	25%	11%	17%	30%	47%	11%	17%	30%	47%	11%	22%	40%	11%	38%
Neubau	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	10%	5%	3%	1%	10%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	10%	0%
Nah-/Fernwärme	17%	20%	25%	30%	17%	25%	34%	43%	17%	25%	34%	43%	17%	30%	48%	17%	40%
Wärmepumpe	73%	75%	73%	69%	73%	75%	66%	57%	73%	75%	66%	57%	73%	70%	52%	73%	60%

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Nutzungsgrade Wärmeerzeugung in Gebäuden (kWh Nutzwärme pro kWh Endenergie)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	1.13	2.47	2.74	3.08	1.13	2.55	3.10	4.05	1.13	2.53	3.08	4.05	1.13	2.81	3.64	1.13	3.21
Öl	0.73	0.78	0.78	0.78	0.73	0.77	0.78	–	0.73	0.78	0.78	–	0.73	0.78	–	0.73	–
Gas	0.84	0.88	0.88	0.88	0.84	0.88	0.88	0.88	0.84	0.88	0.88	0.88	0.84	0.88	0.88	0.84	0.88
Wärmepumpe	3.40	3.67	3.90	4.11	3.40	3.65	3.85	4.02	3.40	3.59	3.78	3.96	3.40	3.63	3.82	3.40	3.61
Bestand	1.13	1.37	1.65	2.07	1.13	1.42	2.20	3.77	1.13	1.42	2.20	3.77	1.13	1.90	3.20	1.13	2.60
Raumwärme	1.16	1.41	1.69	2.12	1.16	1.46	2.27	3.91	1.16	1.46	2.27	3.91	1.16	1.95	3.30	1.16	2.68
Öl	0.75	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.75	0.8
Gas	0.85	0.9	0.9	0.9	0.85	0.9	0.9	0.9	0.85	0.9	0.9	0.9	0.85	0.9	0.9	0.85	0.9
Wärmepumpe	3.5	3.7	3.9	4.1	3.5	3.7	3.9	4.1	3.5	3.7	3.9	4.1	3.5	3.7	3.9	3.5	3.7
Warmwasser	0.97	1.18	1.43	1.79	0.97	1.22	1.89	3.24	0.97	1.23	1.89	3.24	0.97	1.61	2.72	0.97	2.19
Öl	0.6	0.65	0.7	0.7	0.6	0.65	0.7	0.7	0.6	0.65	0.7	0.7	0.6	0.65	0.7	0.6	0.65
Gas	0.75	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.75	0.8
Wärmepumpe	2.8	3	3.2	3.4	2.8	3	3.2	3.4	2.8	3	3.2	3.4	2.8	3	3.2	2.8	3
Neubau	–	3.92	4.15	4.37	–	3.99	4.18	4.37	–	4.00	4.19	4.37	–	3.99	4.19	–	4.00
Raumwärme	–	4.12	4.35	4.58	–	4.20	4.40	4.60	–	4.20	4.40	4.60	–	4.20	4.40	–	4.20
Öl	–	0.9	0.9	0.9	–	0.9	0.9	0.9	–	0.9	0.9	0.9	–	0.9	0.9	–	0.9
Gas	–	0.95	0.95	0.95	–	0.95	0.95	0.95	–	0.95	0.95	0.95	–	0.95	0.95	–	0.95
Wärmepumpe	–	4.2	4.4	4.6	–	4.2	4.4	4.6	–	4.2	4.4	4.6	–	4.2	4.4	–	4.2
Warmwasser	–	3.14	3.37	3.58	–	3.20	3.40	3.60	–	3.20	3.40	3.60	–	3.20	3.40	–	3.20
Öl	–	0.75	0.75	0.75	–	0.75	0.75	0.75	–	0.75	0.75	0.75	–	0.75	0.75	–	0.75
Gas	–	0.8	0.8	0.8	–	0.8	0.8	0.8	–	0.8	0.8	0.8	–	0.8	0.8	–	0.8
Wärmepumpe	–	3.2	3.4	3.6	–	3.2	3.4	3.6	–	3.2	3.4	3.6	–	3.2	3.4	–	3.2
Wohnen	1.11	1.44	1.88	2.41	1.11	1.49	2.37	3.85	1.11	1.39	2.20	3.76	1.11	2.09	3.28	1.11	2.64
Öl	0.72	0.77	0.78	0.78	0.72	0.77	0.78	–	0.72	0.77	0.78	–	0.72	0.77	–	0.72	0.77
Gas	0.83	0.88	0.88	0.88	0.83	0.88	0.88	0.88	0.83	0.88	0.88	0.88	0.83	0.88	0.88	0.83	0.88
Wärmepumpe	3.38	3.65	3.88	4.10	3.38	3.63	3.83	4.01	3.38	3.57	3.76	3.94	3.38	3.60	3.81	3.38	3.59
Nicht-Wohnen	1.15	1.55	1.89	2.44	1.15	1.59	2.40	3.89	1.15	1.49	2.23	3.80	1.15	1.81	3.31	1.15	2.68
Öl	0.73	0.78	0.79	0.79	0.73	0.78	0.79	–	0.73	0.78	0.79	–	0.73	0.78	–	0.73	0.78
Gas	0.84	0.89	0.89	0.89	0.84	0.89	0.89	0.88	0.84	0.89	0.89	0.88	0.84	0.89	0.89	0.84	0.89
Wärmepumpe	3.42	3.69	3.92	4.14	3.42	3.68	3.87	4.05	3.42	3.62	3.80	3.98	3.42	3.66	3.85	3.42	3.64

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Strombedarf Gebäude exkl. Wärmeerzeugung (in kWh Strom pro m2 Energiebezugsfläche)

Strombedarf für Haustechnik (Lüftung, Klimatisierung, Pumpen f. Raumwärme- und Warmwasserverteilung, Lifte etc.), Beleuchtung (im Gebäude/auf Parzelle), Geräte im Gebäude (ICT/Unterhaltung, Haushaltsgeräte), Geräte und elektrische Maschinen für Reinigung/Wartung/Unterhalt

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt (Stromverbrauch auf Stadtgebiet)	55	54	53	52	55	54	53	47	55	54	53	48	55	55	55	55	54
Wohnen	25	24	23	21	25	24	23	20	25	24	23	20	25	25	25	25	24
Klima, Lüftung, HT	2.5			3	2.5			2.6	2.5			2.6	2.5				2.5
I&K, inklusive Unterhaltung	3.3			2.8	3.3			2.6	3.3			2.6	3.3				3.3
Kochherde	2.9			2.2	2.9			2.1	2.9			2.1	2.9				2.9
Beleuchtung	2.4			1.7	2.4			1.7	2.4			1.7	2.4				2.4
Antriebe, Prozesse	8.6			7.3	8.6			7.1	8.6			7.1	8.6				8.6
sonstige Elektrogeräte	5.2			4.5	5.2			4.2	5.2			4.2	5.2				5.2
Nicht-Wohnen	95	95	94	94	95	95	94	84	95	95	94	84	95	96	96	95	95
Prozesswärme	3.7			2.5	3.7			2.5	3.7			2.5	3.7				3.7
Beleuchtung	19			13	18.7			13	18.7			13	18.7				18.7
Klima, Lüftung, HT	29			37	28.9			30	28.9			30	28.9				28.9
I&K, Unterhaltung	7.8			7.0	7.8			6.8	7.8			6.8	7.8				7.8
Antriebe, Prozesse	30			28	29.9			26	29.9			26	29.9				29.9
sonstige	6.4			6.3	6.4			5.6	6.4			5.6	6.4				6.4
zusätzlich ausserhalb Stadtgebiet verursacht	1.1	1.4	1.7	2.0	1.1	1.4	1.7	1.9	1.1	1.4	1.7	1.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4
zusätzlicher Stromverbrauch Server, Rechenleistung, Datenverarbeitung etc. (in % des Stromverbrauchs für I&K/Unterhaltung)	10%			20%	10%			20%	10%			20%	10%				10%

Wärmebedarf (in Mio. kWh)

gesamt (auf Stadtgebiet)	3'805	3'633	3'447	3'289	3'805	3'414	3'012	2'638	3'805	3'406	2'983	2'585	3'805	3'483	3'148	3'805	3'521
Raumwärme	3'238	3'054	2'881	2'710	3'238	2'838	2'453	2'072	3'238	2'838	2'439	2'040	3'238	2'908	2'589	3'238	2'946
Warmwasser	567	579	567	579	567	575	559	565	567	567	544	545	567	575	559	567	575
				86%				69%				68%					

Endenergiebedarf (in Mio. kWh)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030 (Ziel205)
gesamt (auf Stadtgebiet)	6'743	6'177	5'787	5'436	6'743	5'913	5'246	4'454	6'464	5'587	4'670	3'619	6'743	5'937	5'368	6'743	5'797
Öl	1'189	892	562	182	1'189	817	354	0	1'189	847	381	0	1'189	572	0	1'189	219
Gas	2'283	1'775	1'427	1'131	2'283	1'487	784	78	2'283	1'542	844	88	2'283	1'138	328	2'283	639
Strom	2'345	2'403	2'452	2'489	2'345	2'384	2'462	2'306	2'345	2'347	2'402	2'241	2'345	2'536	2'637	2'345	2'598
Nah-/Fernwärme	647	727	884	1'103	647	853	1'041	1'266	647	851	1'044	1'290	647	1'045	1'555	647	1'408
Umweltwärme in dezentralen WP	279	380	461	531	279	372	607	803	279	386	654	899	279	646	848	279	933
zur Info: Strom (nur WP)	117	148	167	179	117	145	221	274	117	151	238	307	117	252	308	117	364
zusätzlich ausserhalb Stadtgebiet (Strom IT)	45	57	71	84	45	57	70	79	45	56	68	76	45	46	47	45	57

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Emissionsfaktoren Endenergieverbrauch Betriebsphase (g CO₂eq pro kWh Endenergieverbrauch)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	184	164	132	104	184	138	82	42	191	149	89	34	184	119	61	184	96
energiebedingt	174	153	118	87	174	124	65	22	181	135	76	27	174	103	37	174	73
auf Stadtgebiet	111	86	62	34	111	80	36	0	116	88	43	0	111	61	13	111	36
direkt	107	81	58	34	107	74	31	0	111	82	38	0	107	54	6	107	27
EF Öl	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265
EF Gas	177	150	130	120	177	150	90	0	177	150	90	0	177	150	90	177	150
Vorkette	5	5	4	0	5	6	5	0	5	6	6	0	5	7	7	5	10
Nah-/Fernwärme	50	40	25	0	50	40	25	0	50	40	25	0	50	40	25	50	40
ausserhalb der Stadt	63	67	56	53	63	44	29	22	65	47	33	27	63	41	24	63	37
direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vorkette	63	67	56	53	63	44	29	22	65	47	33	27	63	41	24	63	37
Öl	39	38	37	36	39	38	37	36	39	38	37	36	39	38	37	39	38
Gas	53	50	47	44	53	50	45	35	53	50	45	35	53	50	45	53	50
Strom	106	118	93	87	106	61	37	34	105.91	61.27	36.73	34.49	105.91	61.27	36.73	105.91	61
Nah-/Fernwärme	9	10	11	13	9	10	11	13	9	10.36445	11.3748	12.55235	9	10.36445	11.3748	9	10
konsumbedingt	10	11	14	17	10	14	17	20	10	14	13	7	10	17	25	10	23
auf Stadtgebiet	10	11	14	17	10	14	17	20	10	14	13	7	10	17	25	10	23
Nah-/Fernwärme	100	95	90	85	100	95	85	70	100	95	60	20	100	95	85	100	95
ausserhalb der Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scope 1 (GHG Protocol for Cities)	107	81	58	34	107	74	31	0	111	82	38	0	107	54	6	107	27
Öl	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265
Gas	177	150	130	120	177	150	90	0	177	150	90	0	177	150	90	177	150
Scope 2 (GHG Protocol for Cities)	42	52	45	42	42	32	24	21	44	33	27	26	42	35	29	42	40
Strom	106	118	93	87	105.91	61.27	36.73	34.49	105.91	61.27	36.73	34.49	105.91	61.27	36.73	105.91	61.27
Nah-/Fernwärme	59	50	36	13	59	50.36445	36.3748	12.55235	59	50.36445	36.3748	12.55235	59	50.36445	36.3748	59	50.36445
Scope 3 (GHG Protocol for Cities)	34	31	29	28	34	32	26	21	36	34	25	8	34	30	27	34	30
Öl	39	38	37	36	39	38	37	36	39	38	37	36	39	38	37	39	38
Gas	53	50	47	44	53	50	45	35	53	50	45	35	53	50	45	53	50
Nah-/Fernwärme	100	95	90	85	100	95	85	70	100	95	60	20	100	95	85	100	95

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

zentrale Stellparameter zu Emissionen des restlichen Life-Cycles

Gebäude (inkl. Haustechnik) und Infrastruktur auf Parzelle: Erstellung/Sanierung/Instandhaltung (Material, Vorproduktion, Transporte, Bauprozesse), Wartung und Unterhalt (Material, Transporte, Prozesse) sowie Entsorgung. *Geräte innen/ausen:* dito (Life-Cycle-Emissionen exkl. Betriebsenergie)

<i>Gebäude/Infrastruktur Parzelle (Bestandsbauten)</i>	<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
Life-Cycle-Emissionen für vollständige energetische Sanierung (Wärmedämmung, Fenster, Heizung, PV), Stand 2020 (g CO2 pro m2 EBF, pro Jahr)	700	750
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "vollständig energetisch saniert" übergeführt wird	1.25%	1.75%
Life-Cycle-Emissionen für vollständige Modernisierung nicht energiebezogener Gebäudeteile (g CO2 pro m2 EBF, pro Jahr)	2'800	3'000
"Sanierungsrate (nicht energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "vollständig modernisiert" übergeführt wird	1.67%	1.67%
Treibhausgas-effizienzsteigerung Bestandsanierung (pro Jahr)	0.5%	0.5%
<i>Gebäude/Infrastruktur Parzelle (Neubauten)</i>	<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
Life-Cycle-Emissionen Neubau, energiebezogene Gebäudeteile (Wärmedämmung, Fenster, Heizung, PV) (g CO2 pro m2 EBF, pro Jahr)	800	900
Life-Cycle-Emissionen Neubau, nicht energiebezogene Gebäudeteile (g CO2 pro m2 EBF, pro Jahr)	10'000	10'500
Treibhausgas-effizienzsteigerung Neubau (pro Jahr)	0.5%	0.5%
<i>nicht gebäudegebundene Geräte/Anlagen</i>	<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
Life-Cycle-Emissionen total, exkl. Betriebsphase (g CO2 pro m2 EBF, pro Jahr)	2'500	5'500
Durchschnittliche Ersatzrate (pro Jahr)	20%	20%
Treibhausgas-effizienzsteigerung (pro Jahr)	0.5%	0.5%

SNN 2050

<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
700	750
2.5%	3.0%
2'800	3'000
1.7%	1.7%
0.5%	0.5%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
800	900
10'000	10'500
0.5%	0.5%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
2'500	5'500
20%	20%
0.5%	0.5%

SNN 2050 PLUS

<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
700	750
2.5%	3.0%
2'400	3'600
1.0%	1.0%
0.75%	0.75%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
800	900
7'500	8'000
0.75%	0.75%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
1'500	3'500
7.5%	7.5%
1.0%	1.0%

SNN 2040

<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
700	750
2.1%	2.4%
2'800	3'000
1.7%	1.7%
0.5%	0.5%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
800	900
10'000	10'500
0.5%	0.5%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
2'500	5'500
20%	20%
0.5%	0.5%

SNN 2030

<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
700	750
1.8%	2.3%
2'800	3'000
1.7%	1.7%
0.5%	0.5%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
800	900
10'000	10'500
0.5%	0.5%
<i>Wohnen</i>	<i>Nicht-Wohnen</i>
2'500	5'500
20%	20%
0.5%	0.5%

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Emissionsfaktoren übrige Emissionen, aus Parzelle (g CO2eq pro m2 EBF und Jahr)

Gebäude (inkl. Haustechnik) und Infrastruktur auf Parzelle: Erstellung/Sanierung/Instandhaltung (Material, Vorproduktion, Transporte, Bauprozesse), Wartung und Unterhalt (Material, Transporte, Prozesse) sowie Entsorgung. Geräte innen/ausßen: dito (Life-Cycle-Emissionen exkl. Betriebsenergie)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	12'242	11'617	10'926	10'159	12'242	11'649	11'007	10'324	12'242	8'854	8'051	6'742	12'242	11'614	10'942	12'242	11'596
bereits emittiert ("sunk emissions")	11'996	6'716	5'260	3'862	11'996	6'716	5'260	3'862	11'996	6'716	5'260	3'862	11'996	6'716	5'260	11'996	6'716
nach 2020 emittiert	246	4'901	5'666	6'297	246	4'933	5'747	6'462	246	2'138	2'791	2'880	246	4'898	5'682	246	4'880
auf Stadtgebiet (=energiebedingt)	246	231	214	196	246	233	218	202	246	223	199	174	246	232	217	246	232
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	–	4'669	5'452	6'101	–	4'700	5'529	6'261	–	1'916	2'592	2'706	–	4'666	5'466	–	4'648
Gebäude/Parzelle	–	991	1'890	2'665	–	1'019	1'950	2'778	–	237	471	703	–	986	1'886	–	968
Geräte	–	3'679	3'562	3'436	–	3'680	3'579	3'483	–	1'678	2'121	2'004	–	3'680	3'579	–	3'680
Wohnen	10'740	10'081	9'354	8'565	10'740	10'146	9'516	8'838	10'740	8'153	7'276	6'040	10'740	10'118	9'464	10'740	10'094
Gebäude/Parzelle	8'240	7'644	7'010	6'331	8'240	7'708	7'141	6'525	8'240	7'084	5'926	4'765	8'240	7'681	7'089	8'240	7'657
Bauen auf Stadtgebiet (=energiebedingt; Tr	240	223	204	184	240	225	208	190	240	225	208	190	240	224	206	240	223
(anteilig an gesamten übrigen Emissionen)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	8'000	7'421	6'806	6'147	8'000	7'484	6'933	6'335	8'000	6'860	5'718	4'575	8'000	7'457	6'882	8'000	7'434
bereits emittiert ("sunk emissions")	8'000	6'664	5'328	3'992	8'000	6'664	5'328	3'992	8'000	6'664	5'328	3'992	8'000	6'664	5'328	8'000	6'664
Bestand	–	380	760	1'140	–	468	935	1'403	–	183	365	548	–	440	879	–	415
Neubau	–	10'530	10'125	9'653	–	10'530	10'260	9'990	–	7'989	7'678	7'366	–	10'530	10'260	–	10'530
Geräte	2'500	2'438	2'344	2'234	2'500	2'438	2'375	2'313	2'500	1'069	1'350	1'275	2'500	2'438	2'375	2'500	2'438
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	2'500	2'438	2'344	2'234	2'500	2'438	2'375	2'313	2'500	1'069	1'350	1'275	2'500	2'438	2'375	2'500	2'438
bereits emittiert ("sunk emissions")	2'500	0	0	0	2'500	0	0	0	2'500	0	0	0	2'500	0	0	2'500	0
nach 2020 emittiert	–	2'438	2'344	2'234	–	2'438	2'375	2'313	–	1'069	1'350	1'275	–	2'438	2'375	–	2'438
Nicht-Wohnen	14'255	13'699	13'073	12'348	14'255	13'776	13'215	12'578	14'255	10'075	9'558	8'209	14'255	13'732	13'133	14'255	13'721
Gebäude/Parzelle	8'755	8'337	7'848	7'261	8'755	8'413	7'990	7'490	8'755	7'581	6'408	5'234	8'755	8'370	7'908	8'755	8'359
Bauen auf Stadtgebiet (=energiebedingt; Tr	255	243	229	211	255	245	233	218	255	221	187	152	255	244	230	255	243
(anteilig an gesamten übrigen Emissionen)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	8'500	8'094	7'619	7'049	8'500	8'168	7'758	7'272	8'500	7'361	6'221	5'082	8'500	8'126	7'678	8'500	8'115
bereits emittiert ("sunk emissions")	8'500	7'081	5'661	4'242	8'500	7'081	5'661	4'242	8'500	7'081	5'661	4'242	8'500	7'081	5'661	8'500	7'081
Bestand	–	445	890	1'334	–	539	1'077	1'616	–	259	518	776	–	494	987	–	482
Neubau	–	11'115	10'688	10'189	–	11'115	10'830	10'545	–	8'566	8'233	7'899	–	11'115	10'830	–	11'115
Geräte	5'500	5'363	5'225	5'088	5'500	5'363	5'225	5'088	5'500	2'494	3'150	2'975	5'500	5'363	5'225	5'500	5'363
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	5'500	5'363	5'225	5'088	5'500	5'363	5'225	5'088	5'500	2'494	3'150	2'975	5'500	5'363	5'225	5'500	5'363
bereits emittiert ("sunk emissions")	5'500	0	0	0	5'500	0	0	0	5'500	0	0	0	5'500	0	0	5'500	0
nach 2020 emittiert	–	5'363	5'225	5'088	–	5'363	5'225	5'088	–	2'494	3'150	2'975	–	5'363	5'225	–	5'363

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Emissionen (t CO2eq pro EinwohnerIn)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	2.68	2.33	1.77	1.38	2.68	1.89	1.11	0.68	2.68	1.69	0.90	0.40	2.68	1.63	0.83	2.68	1.26
energiebedingt (nach Quelle)	2.67	1.92	1.31	0.87	2.67	1.49	0.66	0.18	2.67	1.53	0.68	0.18	2.67	1.24	0.38	2.67	0.86
1. Gasheizungen direkt	0.92	0.54	0.36	0.25	0.92	0.45	0.14	0.00	0.92	0.47	0.15	0.00	0.92	0.35	0.06	0.92	0.19
2. Ölheizungen direkt	0.72	0.48	0.29	0.09	0.72	0.44	0.18	0.00	0.72	0.46	0.19	0.00	0.72	0.31	0.00	0.72	0.12
3. Fernwärmeerzeugung direkt	0.07	0.06	0.04	0.00	0.07	0.07	0.05	0.00	0.07	0.07	0.05	0.00	0.07	0.08	0.07	0.07	0.11
4. Strom Vorkette	0.57	0.58	0.44	0.40	0.57	0.30	0.17	0.15	0.57	0.29	0.17	0.14	0.57	0.32	0.19	0.57	0.32
5. Brennstoffe/Fernwärme Vorkette	0.39	0.26	0.19	0.13	0.39	0.23	0.12	0.03	0.39	0.24	0.12	0.04	0.39	0.18	0.06	0.39	0.11
konsumbedingt	0.01	0.41	0.46	0.51	0.01	0.40	0.45	0.50	0.01	0.17	0.21	0.22	0.01	0.40	0.45	0.01	0.40
1. Wärmenutzung aus Abfällen																	
2. Energieversorgungsinfrastruktur	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
3. eigene Gebäude Stadt	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
4. eigene Geräte Stadt	0.01	0.04	0.04	0.04	0.01	0.04	0.04	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.04	0.01	0.04
5. private Gebäude	0.00	0.08	0.14	0.19	0.00	0.08	0.14	0.19	0.00	0.02	0.03	0.05	0.00	0.08	0.14	0.00	0.08
6. private Geräte	0.00	0.28	0.26	0.25	0.00	0.27	0.25	0.24	0.00	0.12	0.14	0.13	0.00	0.27	0.25	0.00	0.27
7. 2020 bereits emittiert	1.12	0.58	0.44	0.31	1.12	0.58	0.44	0.31	1.12	0.58	0.44	0.31	1.12	0.58	0.44	1.12	0.58
Scope 1 (GHG Protocol for Cities)	1.64	1.02	0.64	0.34	1.64	0.89	0.32	0.00	1.64	0.92	0.34	0.00	1.64	0.65	0.06	1.64	0.31
Scope 2 (GHG Protocol for Cities)	0.65	0.65	0.50	0.43	0.65	0.38	0.25	0.18	0.65	0.38	0.24	0.17	0.65	0.42	0.30	0.65	0.47
Scope 3 (GHG Protocol for Cities)	0.39	0.66	0.63	0.61	0.39	0.61	0.54	0.50	0.39	0.39	0.31	0.22	0.39	0.56	0.47	0.39	0.48
energiebedingt (nach Einflussbereichen Stadt)	2.67	1.92	1.31	0.87	2.67	1.49	0.66	0.18	2.67	1.53	0.68	0.18	2.67	1.24	0.38	2.67	0.86
energiebedingt direkt	1.71	1.08	0.69	0.34	1.71	0.96	0.37	0.00	1.71	0.99	0.39	0.00	1.71	0.74	0.13	1.71	0.43
1. Gebäude Stadtverwaltung	0.20	0.12	0.07	0.04	0.20	0.09	0.02	0.00	0.20	0.09	0.02	0.00	0.20	0.08	0.01	0.20	0.02
2. Fernwärme-/Gaslieferung an Dritte	0.84	0.51	0.35	0.22	0.84	0.45	0.17	0.00	0.84	0.47	0.18	0.00	0.84	0.37	0.12	0.84	0.29
3. Gebäude Private/Unternehmen	0.67	0.45	0.27	0.08	0.67	0.42	0.18	0.00	0.67	0.43	0.19	0.00	0.67	0.29	0.00	0.67	0.12
energiebedingt Vorketten	0.96	0.84	0.63	0.53	0.96	0.53	0.29	0.18	0.96	0.53	0.29	0.18	0.96	0.50	0.25	0.96	0.43
4. Gebäude Stadtverwaltung Vorkette	0.06	0.04	0.03	0.03	0.06	0.04	0.02	0.01	0.06	0.04	0.02	0.01	0.06	0.03	0.01	0.06	0.01
5. Fernwärme-/Gas an Dritte Vorkette	0.25	0.17	0.13	0.10	0.25	0.15	0.08	0.03	0.25	0.15	0.08	0.03	0.25	0.12	0.06	0.25	0.09
6. Gebäude Private/Untern. Vorkette	0.65	0.63	0.47	0.40	0.65	0.35	0.19	0.14	0.65	0.34	0.19	0.13	0.65	0.35	0.18	0.65	0.33
					0.00	0.43	0.66	0.69	0.00	0.39	0.63	0.69	0.00	0.70	0.95	0.00	1.06
Gesamtemissionen																	
1. direkt / Gebäude Verwaltung und städtische E	1.04	0.63	0.42	0.26	1.04	0.54	0.19	0.00	1.04	0.56	0.20	0.00	1.04	0.45	0.13	1.04	0.31
2. direkt / private Gebäude	0.67	0.45	0.27	0.08	0.67	0.42	0.18	0.00	0.67	0.43	0.19	0.00	0.67	0.29	0.00	0.67	0.12
3. Vorketten / Gebäude+Geräte Verwaltung sov	0.31	0.21	0.16	0.13	0.31	0.18	0.10	0.04	0.31	0.19	0.11	0.05	0.31	0.15	0.07	0.31	0.11
4. Vorketten / private Gebäude+Geräte	0.65	0.63	0.47	0.40	0.65	0.35	0.19	0.14	0.65	0.34	0.19	0.13	0.65	0.35	0.18	0.65	0.33
5. übrige / Gebäude+Geräte Stadtverwaltung	0.15	0.13	0.12	0.11	0.15	0.12	0.12	0.11	0.15	0.10	0.10	0.08	0.15	0.12	0.12	0.15	0.12
6. übrige / Gebäude+Geräte von Privaten/Unter	0.98	0.86	0.78	0.71	0.98	0.85	0.77	0.70	0.98	0.64	0.55	0.45	0.98	0.85	0.77	0.98	0.85
übrige (Fussabdruck Bestand Gebäude+Geräte u	1.12	0.58	0.44	0.31	1.12	0.58	0.44	0.31	1.12	0.58	0.44	0.31	1.12	0.58	0.44	1.12	0.58
					0.00	0.44	0.67	0.70					0.00	0.70	0.96	0.00	1.07

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

Perspektive der Stadt als Akteurin

zentrale Stellparameter Raumwärmebedarfsreduktion in eigenen Bauten

Bestandsbauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
Raumwärmebedarf, Zustand "energetisch vollständig saniert" (kWh Raumwärme pro m2 EBF)	50	45
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch vollständig saniert" übergeführt wird	1.25%	1.5%

Neubauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
jährliche Reduktion Raumwärmebedarf Neubauten zum Erstellungszeitpunkt (in % des Raumwärmebedarfs eines Neubaus, der 2020 erstellt wird)	1.00%	1.00%

SNN 2050

Bestandsbauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
Raumwärmebedarf, Zustand "energetisch vollständig saniert" (kWh Raumwärme pro m2 EBF)	41	42
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch vollständig saniert" übergeführt wird	2.75%	3.25%

Neubauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
jährliche Reduktion Raumwärmebedarf Neubauten zum Erstellungszeitpunkt (in % des Raumwärmebedarfs eines Neubaus, der 2020 erstellt wird)	1.10%	1.10%

SNN 2050 PLUS

Bestandsbauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
Raumwärmebedarf, Zustand "energetisch vollständig saniert" (kWh Raumwärme pro m2 EBF)	41	42
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch vollständig saniert" übergeführt wird	2.75%	3.25%

Neubauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
jährliche Reduktion Raumwärmebedarf Neubauten zum Erstellungszeitpunkt (in % des Raumwärmebedarfs eines Neubaus, der 2020 erstellt wird)	1.10%	1.10%

SNN 2040

Bestandsbauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
Raumwärmebedarf, Zustand "energetisch vollständig saniert" (kWh Raumwärme pro m2 EBF)	41	42
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch vollständig saniert" übergeführt wird	2.75%	3.25%

Neubauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
jährliche Reduktion Raumwärmebedarf Neubauten zum Erstellungszeitpunkt (in % des Raumwärmebedarfs eines Neubaus, der 2020 erstellt wird)	1.10%	1.10%

SNN 2030

Bestandsbauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
Raumwärmebedarf, Zustand "energetisch vollständig saniert" (kWh Raumwärme pro m2 EBF)	41	42
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch vollständig saniert" übergeführt wird	2.75%	3.25%

Neubauten	eigene Bauten Stadt	
	Wohnen	Nicht-Wohnen
jährliche Reduktion Raumwärmebedarf Neubauten zum Erstellungszeitpunkt (in % des Raumwärmebedarfs eines Neubaus, der 2020 erstellt wird)	1.10%	1.10%

Wärmebedarf eigene Gebäude (kWh Nutzwärme pro m2 Energiebezugsfläche)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	113	99	90	81	113	91	74	59	113	93	76	60	113	91	74	113	91
Bestand	113	102	95	88	113	93	76	60	113	93	76	60	113	93	76	113	93
Raumwärme	93	87	80	73	93	77	61	45	93	77	61	45	93	77	61	93	77
Warmwasser	19	16	15	15	19	16	15	15	19	16	15	15	19	16	15	19	16
Neubau	-	65	60	55	-	65	60	55	-	60	56	51	-	65	60	-	65
Raumwärme	-	52	47	43	-	51	47	42	-	49	45	40	-	52	47	-	52
Warmwasser	-	13	13	13	-	13	13	13	-	11	11	11	-	13	13	-	13
Wohnen	97	91	85	79	97	85	73	63	97	86	75	64	97	85	73	97	85
Bestand	97	93	89	85	97	86	75	64	97	86	75	64	97	86	75	97	86
Raumwärme	80	76	73	69	80	69	59	48	80	69	59	48	80	69	59	80	69
Warmwasser	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	17	17
Neubau	77	74	69	63	77	74	68	62	77	74	68	62	77	74	68	77	74
Raumwärme	60	57	53	47	60	57	52	46	60	57	52	46	60	57	52	60	57
Warmwasser	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	16	17	17	16	17	17
Nicht-Wohnen	120	103	92	82	120	94	75	57	120	96	77	58	120	94	75	120	94
Bestand	120	107	99	90	120	96	77	58	120	96	77	58	120	96	77	120	96
Raumwärme	100	92	84	75	100	81	62	43	100	81	62	43	100	81	62	100	81
Warmwasser	20	15	15	15	20	15	15	15	20	15	15	15	20	15	15	20	15
Neubau	65	58	54	49	65	57	53	48	65	57	53	48	65	57	53	65	57
Raumwärme	50	48	44	39	50	47	43	38	50	47	43	38	50	47	43	50	47
Warmwasser	15	10	10	10	15	10	10	10	15	10	10	10	15	10	10	15	10
	50	49	47	45	50	47	43	39	50	47	43	39	50	48	44	50	48

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Versorgungsmix eigene Gebäude (Heizsystemanteil % an der EBF des gesamten eigenen Gebäudeparks)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	11%	9%	6%	3%	11%	7%	1%	0%	11%	7%	2%	0%	11%	7%	0%	11%	0%
Gas	47%	41%	33%	25%	47%	37%	19%	1%	47%	39%	21%	1%	47%	33%	0%	47%	0%
Nah-/Fernwärme	27%	29%	33%	37%	27%	31%	38%	47%	27%	32%	39%	50%	27%	37%	50%	27%	41%
Wärmepumpe	15%	21%	28%	35%	15%	25%	42%	52%	15%	22%	39%	49%	15%	23%	50%	15%	59%
Bestand	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	11%	9%	7%	3%	11%	7%	2%	0%	11%	7%	2%	0%	11%	7%	0%	11%	0%
Gas	47%	43%	36%	29%	47%	39%	22%	1%	47%	39%	21%	1%	47%	35%	0%	47%	0%
Nah-/Fernwärme	27%	30%	34%	38%	27%	31%	38%	50%	27%	32%	39%	50%	27%	37%	50%	27%	41%
Wärmepumpe	15%	18%	23%	29%	15%	22%	38%	49%	15%	22%	38%	49%	15%	21%	50%	15%	59%
Neubau	-	100%	100%	100%	-	100%	100%	100%	-	100%	100%	100%	-	100%	100%	-	100%
Öl	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	-	0%
Gas	-	2%	1%	1%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	0%	-	0%	0%	-	0%
Nah-/Fernwärme	-	20%	25%	30%	-	25%	31%	37%	-	25%	33%	41%	-	32%	47%	-	40%
Wärmepumpe	-	78%	74%	69%	-	75%	69%	63%	-	75%	67%	59%	-	68%	53%	-	60%
Wohnen	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	14%	11%	7%	2%	14%	9%	4%	0%	14%	10%	5%	0%	14%	9%	0%	14%	0%
Gas	77%	64%	47%	32%	77%	60%	30%	2%	77%	65%	35%	3%	77%	46%	0%	77%	0%
Nah-/Fernwärme	6%	11%	19%	26%	6%	13%	25%	37%	6%	12%	25%	40%	6%	21%	40%	6%	22%
Wärmepumpe	3%	14%	27%	40%	3%	18%	41%	60%	3%	13%	35%	57%	3%	24%	60%	3%	78%
Bestand	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	14%	12%	8%	3%	14%	10%	5%	0%	14%	10%	5%	0%	14%	10%	0%	14%	0%
Gas	77%	70%	55%	40%	77%	65%	35%	3%	77%	65%	35%	3%	77%	50%	0%	77%	0%
Nah-/Fernwärme	6%	10%	18%	25%	6%	12%	25%	40%	6%	12%	25%	40%	6%	20%	40%	6%	20%
Wärmepumpe	3%	8%	19%	32%	3%	13%	35%	57%	3%	13%	35%	57%	3%	20%	60%	3%	80%
Neubau	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	3%	2%	1%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	0%
Nah-/Fernwärme	20%	20%	25%	30%	20%	25%	27%	29%	20%	25%	27%	29%	20%	30%	38%	20%	40%
Wärmepumpe	77%	79%	74%	70%	77%	75%	73%	71%	77%	75%	73%	71%	77%	70%	62%	77%	60%
Nicht-Wohnen	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	10%	8%	6%	3%	10%	6%	0%	0%	10%	6%	0%	0%	10%	6%	0%	10%	0%
Gas	36%	31%	26%	21%	36%	27%	14%	0%	36%	28%	15%	0%	36%	27%	0%	36%	0%
Nah-/Fernwärme	35%	37%	40%	43%	35%	39%	44%	54%	35%	40%	45%	55%	35%	45%	55%	35%	50%
Wärmepumpe	19%	24%	29%	33%	19%	28%	42%	46%	19%	26%	40%	45%	19%	22%	45%	19%	50%
Bestand	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	10%	8%	6%	3%	10%	6%	0%	0%	10%	6%	0%	0%	10%	6%	0%	10%	0%
Gas	36%	32%	28%	24%	36%	28%	15%	0%	36%	28%	15%	0%	36%	28%	0%	36%	0%
Nah-/Fernwärme	35%	38%	41%	45%	35%	40%	45%	55%	35%	40%	45%	55%	35%	45%	55%	35%	50%
Wärmepumpe	19%	22%	25%	28%	19%	26%	40%	45%	19%	26%	40%	45%	19%	21%	45%	19%	50%
Neubau	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Öl	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	5%	3%	1%	1%	5%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	5%	0%
Nah-/Fernwärme	20%	20%	25%	30%	20%	25%	35%	45%	20%	25%	35%	45%	20%	35%	55%	20%	40%
Wärmepumpe	75%	78%	74%	69%	75%	75%	65%	55%	75%	75%	65%	55%	75%	65%	45%	75%	60%

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Strombedarf eigene Gebäude exkl. Wärmeerzeugung (in kWh Strom pro m2

Energiebezugsfläche)

Strombedarf für Haustechnik (Lüftung, Klimatisierung, Pumpen f. Raumwärme- und Warmwasserverteilung, Lift etc.), Beleuchtung (im Gebäude/auf Parzelle), Geräte im Gebäude (ICT/Unterhaltung, Haushaltsgeräte), Geräte und elektrische Maschinen für Reinigung/Wartung/Unterhalt

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040				SNN 2030				
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt (Stromverbrauch eigene Gebäude)	91	87	83	79	91	87	82	77	91	88	84	81	91	87	82	91	87
Wohnen	30	29	27	25	30	29	26	23	30	29	26	23	30	29	26	30	29
Nicht-Wohnen	120	116	113	110	120	116	112	108	120	116	112	108	120	116	112	120	116
Wärmebedarf (in Mio. kWh)																	
gesamt	575	527	494	462	575	477	399	327	575	477	394	313	575	477	399	575	477
Raumwärme	478	445	412	378	478	396	318	246	478	397	315	234	478	396	319	478	396
Gebäude auf Stadtgebiet	478	445	412	378	478	396	318	245	478	396	315	234	478	396	318	478	396
eigene Flächen auf Stadtgebiet	461	429	397	365	461	381	306	235	461	382	302	223	461	381	305	461	381
zugemietete Flächen auf Stadtgebiet	17	16	14	13	17	15	12	10	17	15	13	11	17	15	13	17	15
Gebäude ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eigene Flächen ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zugemietete Flächen ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	97	82	82	84	97	81	80	82	97	80	79	79	97	81	80	97	81
Gebäude auf Stadtgebiet	97	82	82	84	97	81	80	81	97	80	79	79	97	81	80	97	81
eigene Flächen auf Stadtgebiet	94	79	79	81	94	78	77	79	94	77	76	76	94	78	77	94	78
zugemietete Flächen auf Stadtgebiet	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gebäude ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eigene Flächen ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zugemietete Flächen ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eigene Gebäude	464	433	401	368	464	385	309	238	464	385	306	226	464	384	308	464	384
Raumwärme	461	430	398	365	461	381	306	235	461	382	303	223	461	381	306	461	381
Warmwasser	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
zugemietete Gebäude	20	18	17	16	20	17	15	13	20	18	15	13	20	18	16	20	18
Raumwärme	17	16	14	13	17	15	12	10	17	15	13	11	17	15	13	17	15
Warmwasser	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Endenergiebedarf (in Mio. kWh, exkl. Umwelt- und Solarwärme!)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt (auf Stadtgebiet)	1'064	953	880	814	1'064	884	732	627	1'064	891	734	617	1'064	886	694	1'064	733
Öl	91	61	39	15	91	45	9	0	91	47	9	0	91	45	0	91	1
Gebäude auf Stadtgebiet	91	61	39	15	91	45	9	0	91	47	9	0	91	45	0	91	1
eigene Flächen auf Stadtgebiet	86	57	36	15	86	41	7	0	86	43	8	0	86	41	0	86	0
zugemietete Flächen auf Stadtgebiet	5.7	3.8	2.5	0.8	5.7	3.6	1.6	0.0	5.7	3.8	1.8	0.0	5.7	3.7	0.0	5.7	1.0
Gebäude ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eigene Flächen ausserhalb der Stadt	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
zugemietete Flächen ausserhalb der Stadt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gas	329	246	184	131	329	203	88	4	329	211	95	4	329	178	2	329	3
Gebäude auf Stadtgebiet	328	246	183	130	328	202	88	4	328	211	95	4	328	178	2	328	3
eigene Flächen auf Stadtgebiet	317	238	177	126	317	195	84	3	317	203	91	3	317	173	0	317	0
zugemietete Flächen auf Stadtgebiet	11.3	8.4	6.5	4.9	11.3	7.0	3.5	0.3	11.3	7.4	3.9	0.4	11.3	5.4	1.5	11.3	3.0
Gebäude ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eigene Flächen ausserhalb der Stadt	0.4	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.1	0.0	0.4	0.3	0.1	0.0	0.4	0.2	0.0	0.4	0.0
zugemietete Flächen ausserhalb der Stadt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Strom	492	494	497	497	492	489	487	469	492	484	478	459	492	487	495	492	535
Gebäude auf Stadtgebiet	492	494	496	497	492	489	486	469	492	484	478	459	492	487	495	492	534
eigene Flächen auf Stadtgebiet	471	473	476	476	471	469	465	450	471	463	457	440	471	466	473	471	513
zugemietete Flächen auf Stadtgebiet	21	21	21	21	21	21	21	19	21	21	21	19	21	21	22	21	22
Gebäude ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eigene Flächen ausserhalb der Stadt	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
zugemietete Flächen ausserhalb der Stadt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nah-/Fernwärme	152	151	161	171	152	147	149	154	152	149	151	155	152	175	198	152	194
Gebäude auf Stadtgebiet	152	151	161	171	152	147	149	154	152	149	151	155	152	175	198	152	194
eigene Flächen auf Stadtgebiet	149	148	157	166	149	143	144	148	149	145	146	149	149	170	190	149	187
zugemietete Flächen auf Stadtgebiet	3.2	3.5	4.1	4.9	3.2	4.1	4.8	5.6	3.2	4.1	4.9	5.8	3.2	5.0	7.3	3.2	6.7
Gebäude ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
eigene Flächen ausserhalb der Stadt	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
zugemietete Flächen ausserhalb der Stadt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
zusätzlich ausserhalb Stadtgebiet (Strom IT)	5.7	5.9	6.1	6.3	5.7	5.8	6.0	6.1	5.7	5.7	5.8	5.8	5.7	5.8	6.0	5.7	5.8
Gebäude auf Stadtgebiet	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
eigene Flächen auf Stadtgebiet	5	6	6	6	5	6	6	6	5	5	6	6	5	6	6	5	6
zugemietete Flächen auf Stadtgebiet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gebäude ausserhalb der Stadt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
eigene Flächen ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zugemietete Flächen ausserhalb der Stadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zusätzlich ausserhalb Stadtgebiet (Gasverkauf)	4800	4500	4250	4000	4800	4500	4250	4000	4800	4500	4250	4000	4800	4500	4250	4800	4500
für Raumwärme und Warmwasser	3840	3600	3400	3200	3840	3600	3400	3200	3840	3600	3400	3200	3840	3600	3400	3840	3600
für andere gewerbliche/industrielle Zwecke	960	900	850	800	960	900	850	800	960	900	850	800	960	900	850	960	900
(Annahme: Anteil am Gasabsatz in %)	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Emissionsfaktoren Endenergieverbrauch Betriebsphase eigene Gebäude (g CO2eq pro kWh Endenergieverbrauch)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
energiebedingt																	
auf Stadtgebiet																	
direkt																	
EF Öl	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265
EF Gas	177	150	130	120	177	140	70	0	177	140	70	0	177	140	70	177	140
Vorkette																	
Nah-/Fernwärme	50	40	25	0	50	40	25	0	50	40	25	0	50	40	25	50	40
ausserhalb der Stadt																	
direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vorkette																	
Öl	39	38	37	36	39	38	37	36	39	38	37	36	39	38	37	39	38
Gas	53	50	47	44	53	50	45	30	53	50	45	30	53	50	45	53	50
Strom	9	10.36445	11.3748	12.55235	9	10.36445	11.3748	12.55235	9	10.36445	11.3748	12.55235	9	10.36445	11.3748	9	10.36445
Nah-/Fernwärme	9	10	11	13	9	10	11	13	9	10	11	13	9	10	11	9	10
konsumbedingt																	
auf Stadtgebiet																	
Nah-/Fernwärme	100	95	90	85	100	95	85	70	100	95	60	20	100	95	85	100	95
ausserhalb der Stadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

zentrale Stellparameter zu Emissionen des restlichen Life-Cycles

Gebäude (inkl. Haustechnik) und Infrastruktur auf Parzelle: Erstellung/Sanierung/Instandhaltung (Material, Vorproduktion, Transporte, Bauprozesse), Wartung und Unterhalt (Material, Transporte, Prozesse) sowie Entsorgung. Geräte innen/ausßen: dito (Life-Cycle-Emissionen exkl. Betriebsenergie)

Gebäude/Infrastruktur Parzelle (Bestandsbauten)	Wohnen	Nicht-Wohnen
Life-Cycle-Emissionen für vollständige energetische Sanierung (Wärmedämmung, Fenster, Heizung, PV), Stand 2020 (g CO2 pro m2 EBF)	700	750
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "vollständig energetisch saniert" übergeführt wird	1.25%	1.50%
Life-Cycle-Emissionen für vollständige Modernisierung nicht energiebezogener Gebäudeteile (g CO2 pro m2 EBF)	2'650	2'850
"Sanierungsrate (nicht energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "vollständig modernisiert" übergeführt wird	1.7%	1.7%
Treibhausgas-effizienzsteigerung Bestandsanierung (pro Jahr)	0.5%	0.5%
Gebäude/Infrastruktur Parzelle (Neubauten)	Wohnen	Nicht-Wohnen
Life-Cycle-Emissionen Neubau, energiebezogene Gebäudeteile (Wärmedämmung, Fenster, Heizung, PV) (g CO2 pro m2 EBF)	800	900
Life-Cycle-Emissionen Neubau, nicht energiebezogene Gebäudeteile (g CO2 pro m2 EBF)	9'500	10'000
Treibhausgas-effizienzsteigerung Neubau (pro Jahr)	0.5%	0.5%
nicht gebäudegebundene Geräte/Anlagen	Wohnen	Nicht-Wohnen
Life-Cycle-Emissionen total, exkl. Betriebsphase (g CO2 pro m2 EBF)	2'450	5'400
Durchschnittliche Ersatzrate (pro Jahr)	20%	20%
Treibhausgas-effizienzsteigerung (pro Jahr)	0.5%	0.5%

SNN 2050

Wohnen	Nicht-Wohnen
700	750
2.8%	3.3%
2'500	2'700
1.7%	1.7%
0.5%	0.5%
Wohnen	Nicht-Wohnen
800	900
9'000	9'500
0.5%	0.5%
Wohnen	Nicht-Wohnen
2'400	5'000
20%	20%
0.5%	0.5%

SNN 2050 PLUS

Wohnen	Nicht-Wohnen
700	750
2.8%	3.3%
2'400	3'600
1.0%	1.0%
0.8%	0.8%
Wohnen	Nicht-Wohnen
800	900
7'500	8'000
0.8%	0.8%
Wohnen	Nicht-Wohnen
1'500	3'500
8%	8%
1.0%	1.0%

SNN 2040

Wohnen	Nicht-Wohnen
700	750
2.8%	3.3%
2'500	2'700
1.7%	1.7%
0.5%	0.5%
Wohnen	Nicht-Wohnen
800	900
9'000	9'500
0.5%	0.5%
Wohnen	Nicht-Wohnen
2'400	5'000
20%	20%
0.5%	0.5%

SNN 2030

Wohnen	Nicht-Wohnen
700	750
2.8%	3.3%
2'500	2'700
1.7%	1.7%
0.5%	0.5%
Wohnen	Nicht-Wohnen
800	900
9'000	9'500
0.5%	0.5%
Wohnen	Nicht-Wohnen
2'400	5'000
20%	20%
0.5%	0.5%

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Emissionsfaktoren übrige Emissionen, aus eigenen Parzellen (g CO2eq pro m2 EBF und Jahr)

Gebäude (inkl. Haustechnik) und Infrastruktur auf Parzelle: Erstellung/Sanierung/Instandhaltung (Material, Vorproduktion, Transporte, Bauprozesse), Wartung und Unterhalt (Material, Transporte, Prozesse) sowie Entsorgung. Geräte innen/ausßen: dito (Life-Cycle-Emissionen exkl. Betriebsenergie)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	12'778	12'304	12'619	12'901	12'778	12'304	12'471	12'626	12'778	12'241	14'517	14'246	12'778	15'624	15'733	12'778	11'194
bereits emittiert ("sunk emissions")	12'778	12'304	11'864	11'443	12'778	12'304	11'864	11'443	12'778	12'304	11'864	11'443	12'778	11'118	10'317	12'778	6'687
nach 2020 emittiert	–	0	756	1'458	–	0	607	1'183	–	1'937	2'653	2'803	–	4'506	5'416	–	4'506
auf Stadtgebiet (=energiebedingt)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	–	0	756	1'458	–	0	607	1'183	–	1'937	2'653	2'803	–	4'506	5'416	–	4'506
Gebäude/Parzelle	–	0	756	1'458	–	0	607	1'183	–	251	520	785	–	488	1'531	–	488
Geräte	–	0	0	0	–	0	0	0	–	1'686	2'133	2'018	–	4'019	3'886	–	4'019
Wohnen	10'450	10'833	11'165	11'455	10'450	10'773	11'060	11'318	10'450	10'674	10'895	11'113	10'450	9'865	9'316	10'450	9'865
Gebäude/Parzelle	8'000	8'383	8'715	9'005	8'000	8'323	8'610	8'868	8'000	8'224	8'445	8'663	8'000	7'525	7'036	8'000	7'525
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	8'000	8'383	8'715	9'005	8'000	8'323	8'610	8'868	8'000	8'224	8'445	8'663	8'000	7'525	7'036	8'000	7'525
bereits emittiert ("sunk emissions")	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	8'000	6'664	5'328	8'000	6'664
Bestand	–	0	0	0	–	0	0	0	–	200	400	600	–	450	900	–	450
Neubau	–	9'500	9'500	9'500	–	9'000	9'000	9'000	–	7'989	7'678	7'366	–	9'555	9'310	–	9'555
Geräte	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'340	2'280	2'450	2'340
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'340	2'280	2'450	2'340
bereits emittiert ("sunk emissions")	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	2'450	0	0	2'450	0
nach 2020 emittiert	–	0	0	0	–	0	0	0	–	0	0	0	–	2'340	2'280	–	2'340
Nicht-Wohnen	13'900	14'430	14'940	15'431	13'900	14'388	14'871	15'349	13'900	16'643	17'544	17'608	13'900	19'791	20'593	13'900	12'977
Gebäude/Parzelle	8'500	9'030	9'540	10'031	8'500	8'988	9'471	9'949	8'500	8'749	8'994	9'233	8'500	9'516	10'443	8'500	8'102
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	8'500	9'030	9'540	10'031	8'500	8'988	9'471	9'949	8'500	8'749	8'994	9'233	8'500	9'516	10'443	8'500	8'102
bereits emittiert ("sunk emissions")	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	8'500	7'081
Bestand	–	0	0	0	–	0	0	0	–	278	555	833	–	522	1'044	–	522
Neubau	–	10'000	10'000	10'000	–	9'500	9'500	9'500	–	2'839	2'729	2'618	–	10'140	9'880	–	10'140
Geräte	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	7'894	8'550	8'375	5'400	10'275	10'150	5'400	4'875
ausserhalb der Stadt (=konsumbedingt)	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	7'894	8'550	8'375	5'400	10'275	10'150	5'400	4'875
bereits emittiert ("sunk emissions")	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	5'400	0
nach 2020 emittiert	–	0	0	0	–	0	0	0	–	2'494	3'150	2'975	–	4'875	4'750	–	4'875

Emissionen (t CO2eq pro EinwohnerIn)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt																	
energiebedingt	1.91	1.42	1.02	0.79	1.91	1.03	0.47	0.19	1.91	1.04	0.48	0.19	1.91	0.92	0.39	1.91	0.74
direkt	1.05	0.63	0.42	0.26	1.05	0.55	0.19	0.00	1.05	0.57	0.20	0.00	1.05	0.46	0.13	1.05	0.31
1. eigene Gebäude	0.20	0.12	0.07	0.04	0.20	0.09	0.02	0.00	0.20	0.09	0.02	0.00	0.20	0.08	0.01	0.20	0.02
2. zugemietete Flächen	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
3. städt. Fernwärmeversorgung	0.06	0.05	0.03	0.00	0.06	0.06	0.04	0.00	0.06	0.06	0.04	0.00	0.06	0.07	0.07	0.06	0.10
4. städt. Gasversorgung	0.79	0.47	0.31	0.22	0.79	0.39	0.12	0.00	0.79	0.41	0.13	0.00	0.79	0.30	0.06	0.79	0.19
Vorketten	0.86	0.78	0.60	0.53	0.86	0.48	0.28	0.19	0.86	0.48	0.28	0.19	0.86	0.47	0.26	0.86	0.43
5. Betrieb eigene Gebäude Vorkette	0.06	0.04	0.03	0.03	0.06	0.04	0.02	0.01	0.06	0.04	0.02	0.01	0.06	0.03	0.01	0.06	0.01
6. städt. Stromversorgung Vorkette	0.56	0.58	0.44	0.40	0.56	0.30	0.17	0.15	0.56	0.29	0.17	0.14	0.56	0.32	0.19	0.56	0.32
7. städt. Fernwärmeerzeugung Vorkette	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03
8. städt. Gasversorgung Vorkette	0.24	0.16	0.11	0.08	0.24	0.13	0.06	0.00	0.24	0.14	0.07	0.01	0.24	0.10	0.03	0.24	0.06
konsumbedingt	0.32	0.29	0.30	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.32	0.33	0.28	0.20	0.32	0.38	0.43	0.32	0.41
1. eigene Gebäude	0.17	0.14	0.14	0.14	0.17	0.14	0.14	0.13	0.17	0.14	0.13	0.12	0.17	0.14	0.13	0.17	0.09
2. eigene Geräte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.04	0.00	0.04
3. zugemietete Flächen (Gebäude)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4. städt. Energieversorgung	0.15	0.14	0.16	0.18	0.15	0.17	0.18	0.17	0.15	0.17	0.13	0.06	0.15	0.20	0.26	0.15	0.27
5. Gasverkauf ausserhalb Stadt	2.01	1.46	1.16	0.97	2.01	1.46	0.88	0.21	2.01	1.46	0.88	0.21	2.01	1.46	0.88	2.01	1.46
davon 2020 bereits emittiert	0.17	0.14	0.13	0.13	0.17	0.14	0.13	0.12	0.17	0.14	0.13	0.11	0.17	0.13	0.11	0.17	0.08

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

KOSTEN

Territorialperspektive

Endenergiebedarf für die Wärmeerzeugung (Mio. kWh) zur Versorgung von BestandsbautenStand 2020

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt (auf Stadtgebiet)	4'236	3'507	2'969	2'485	4'236	3'268	2'323	1'499				4'236	2'575
Öl	1'189	892	562	182	1'189	817	354	0				1'189	219
Gas	2'283	1'772	1'424	1'129	2'283	1'487	784	78				2'283	639
Strom (nur WP)	117	148	167	179	117	145	221	274				117	364
Nah-/Fernwärme	647	695	816	995	647	819	965	1'146				647	1'353
Emissionen direkt+Vorketten (t CO2)	937'128	677'113	466'971	268'043 0.6690850	937'128	595'069	255'806	26'597 0.9105307				937'128	284'671

Energiekosten (Fr./kWh Endenergieverbrauch)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	0.125	0.139	0.156	0.182	0.125	0.141	0.173	0.200				0.125	0.158
Öl	0.075	0.083	0.090	0.098	0.075	0.083	0.090	0.098				0.075	0.083
Gas	0.080	0.083	0.098	0.122	0.080	0.083	0.138	0.217				0.080	0.083
Strom	0.200	0.210	0.220	0.240	0.200	0.210	0.220	0.240				0.200	0.210
Nah-/Fernwärme	0.100	0.109	0.117	0.127	0.100	0.109	0.117	0.127				0.100	0.109
Energie (variabler Anteil)	0.071	0.075	0.080	0.088	0.071	0.075	0.084	0.082				0.071	0.068
Öl	0.075	0.083	0.090	0.098	0.075	0.083	0.090	0.098				0.075	0.083
Preisanstieg in % (100%=kein Anstieg)	-	110%	120%	130%	-	110%	120%	130%				-	110%
Gas	0.050	0.050	0.060	0.080	0.050	0.050	0.100	0.175				0.050	0.050
Preisanstieg in % (100%=kein Anstieg)	-	100%	120%	160%	-	100%	200%	350%				-	100%
Strom	0.110	0.116	0.121	0.132	0.110	0.116	0.121	0.132				0.110	0.116
Preisanstieg in % (100%=kein Anstieg)	-	105%	110%	120%	-	105%	110%	120%				-	105%
Nah-/Fernwärme	0.030	0.032	0.033	0.036	0.030	0.032	0.033	0.036				0.030	0.032
Preisanstieg in % (100%=kein Anstieg)	-	105%	110%	120%	-	105%	110%	120%				-	105%
Netze (fixer Anteil)	0.048	0.055	0.064	0.077	0.048	0.058	0.069	0.083				0.048	0.065
Gas	0.030	0.033	0.038	0.042	0.030	0.033	0.038	0.042				0.030	0.033
Preisanstieg in % (100%=kein Anstieg)	-	110%	125%	140%	-	110%	125%	140%				-	110%
Strom	0.090	0.095	0.099	0.108	0.090	0.095	0.099	0.108				0.090	0.095
Preisanstieg in % (100%=kein Anstieg)	-	105%	110%	120%	-	105%	110%	120%				-	105%
Nah-/Fernwärme	0.070	0.077	0.084	0.091	0.070	0.077	0.084	0.091				0.070	0.077
Preisanstieg in % (100%=kein Anstieg)	-	110%	120%	130%	-	110%	120%	130%				-	110%

Resultierende Minderausgaben ggü. Status-quo 2020 (Mio. Fr. pro Jahr) bei Versorgung von Bestandsbauten Stand 2020

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	0	50	98	162	0	62	204	464				0	84
Öl	0	25	56	98	0	31	75	116				0	80
Gas (variabler Anteil plus 50% vom fixen Anteil)	0	34	68	117	0	53	178	432				0	109
Strom (nur variabler Anteil)	0	-4	-6	-8	0	-3	-12	-21				0	-28
Nah-/Fernwärme (fixer und variabler Anteil)	0	-5	-20	-44	0	-19	-37	-63				0	-77
zusätzlich: Einsparung Umweltkosten (Mio. Fr. / Jahr)	0	52	94	134	0	68	136	182				0	130
Fr./t CO2	200	200	200	200	200	200	200	200				200	200

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

Annahmen und Ergebnisse Investitionen in Wärmedämmung und Fensterersatz

	SNN 2050	SNN 2050 PLUS	SNN 2040	SNN 2030
Verzinsung	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Lebensdauer (Jahren)	40	40	40	40
energiebezogene Gesamtinvestitionen für energetische Sanierung (nur Wärmedämmung und Fensterersatz) eines Gebäudes, Durchschnittswert in Fr. pro m2 EBF	350	380	380	456
energiebezogene Mehrinvestitionen für energetische Sanierung (nur Wärmedämmung und Fensterersatz) eines Gebäudes, Durchschnittswert in Fr. pro m2 EBF	250	280	280	356
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch saniert" übergeführt wird	1.5%	2.7%	2.2%	2.0%
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	6'221	12'523	6'855	3'625
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	4'444	9'227	5'051	2'830
Resultierende Annuität (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	177	368	201	113

Annahmen und Ergebnisse Investitionen in Öl- und Gasheizungsersatz (dezentral)

	SNN 2050	SNN 2050 PLUS	SNN 2040	SNN 2030
Verzinsung	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Lebensdauer (Jahren)	20	20	20	20
Durchschnitts-EBF Öl-beheiztes Haus 2020 (m2 EBF)	1250	1250	1250	1250
Durchschnitts-EBF Gas-beheiztes Haus 2020 (m2 EBF)	1250	1250	1250	1250
Resultierende Anzahl Ölheizungen 2020	7'316	7'316	7'316	7'316
Resultierende Anzahl Gasheizungen 2020	16'192	16'192	16'192	16'192
kWh Ölverbrauch pro m2 EBF ölbeheizte EBF	130	130	130	130
kWh Gasverbrauch pro m2 EBF gasbeheizte EBF	113	113	113	113
resultierende kWth/m2 EBF in einem ölbeheizten Durchschnittshaus 2020 (bei 2000 Vollbetriebsstunden)	0.065	0.065	0.065	0.065
resultierende kWth/m2 EBF in einem gasbeheizten Durchschnittshaus 2020 (bei 2000 Vollbetriebsstunden)	0.056	0.056	0.056	0.056
kWhth/m2 EBF, die wir als Grundlage für die Investitionsschätzungen annehmen	0.05	0.05	0.05	0.05
energiebezogene Gesamtinvestition für einen Öl-/Gasheizungsersatz, leistungs- bzw. EBF-unabhängiger Grundinvestitionsanteil, in Fr./Heizungsersatz	15'000	18'000	19'800	21'600
energiebezogene Gesamtinvestition für einen Öl-/Gasheizungsersatz, leistungsabhängiger Investitionsanteil, in Fr./kWth	1200	1'200	1'200	1'200
energiebezogene Mehrinvestition für einen Öl-/Gasheizungsersatz, leistungs- bzw. EBF-unabhängiger Grundinvestitionsanteil, in Fr./Heizungsersatz	10'000	13'000	18'600	20'400
energiebezogene Mehrinvestition für einen Öl-/Gasheizungsersatz, leistungsabhängiger Investitionsanteil, in Fr./kWth	700	700	700	700
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	1'044	2'103	2'229	1'580
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	624	1'283	1'466	1'508
Resultierende Annuität (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	40	82	94	97

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Annahmen und Ergebnisse Investitionen in den PV-Ausbau

Verzinsung	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Lebensdauer (Jahren)	30	30	30	30
theoretisch installierbare PV-Modulfläche 2050 in % an der gesamten EBF des Gebäudeparks (theoretisches Potenzial)	60%	60%	60%	60%
Ausschöpfungsgrad 2050 (in %) theoretischen Potenzial in der Referenzentwicklung	7.5%	40%	35%	15.0%
resultierende PV-Modulfläche total (m2)	1'933'200	10'075'200	8'721'300	3'690'000
PV-Leistung (MWp)	258	1'119	1'066	410
durchschnittlicher Stromertrag in kWh pro m2 PV-Modulfläche	120	100	110	100
resultierende Energiekosten-Einsparungen (2050) in Mio. Fr. pro Jahr	31	133	116	43
zusätzlich eingesparte Klimakosten in Mio. Fr. pro Jahr (2050)	4.0	6.9	7.0	4.5
durchschnittliche energiebezogene Gesamtinvestitionen für den PV-Ausbau 2020-2050, in Fr./m2 PV-Modulfläche (Annahme für PV-Ausbau: energiebezogene Gesamtinvestitionen = energiebezogene Mehrinvestitionen)	110	110	130	160
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	213	1'108	1'134	590
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	213	1'108	1'134	590
Resultierende energiebezogene Kapitalmehrkosten (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	10	53	54	28

Annahmen und Ergebnisse Investitionen in den Fernwärmeausbau

Verzinsung	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Lebensdauer (Jahren)	50	50	50	50
zusätzlich verteilte Fernwärme 2050 ggü. 2020 (in Mio. kWh pro Jahr), alle Gebäude	456	619	908	762
zusätzlich verteilte Fernwärme 2050 ggü. 2020 (in Mio. kWh pro Jahr), nur Bestandsgebäude	348	500	798	706
massgebliche Energiekosteneinsparung im Jahr 2050 (Mio. Fr./Jahr)	45	115	126	76
zusätzlich: Einsparung Umweltkosten im Jahr 2050 (Mio. Fr. / Jahr)	4	17	13	4
Gesamtinvestitionen (=energiebezogene Mehrinvestitionen) für den Fernwärmeausbau (seitens zentraler Energieversorgung, d.h. exkl. Investitionen der HauseigentümerInnen), in Fr. pro MWh/Jahr zusätzlich verteilter Fernwärme	1600	2215	2'215	2'215
		3933	1959	3132
<i>Investitionen zentrale Energieversorgung (alle Gebäude)</i>				
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	729	1'371	2'011	1'687
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	729	1'371	2'011	1'687
Resultierende energiebezogene Kapitalmehrkosten (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	26	48	71	59
<i>Investitionen zentrale Energieversorgung (nur Bestandsgebäude Stand 2020)</i>				
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	557	1'107	1'767	1'564
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	557	1'107	1'767	1'564
Resultierende energiebezogene Kapitalmehrkosten (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	20	39	62	55
<i>Investitionen Heizungsersatz dezentral (nur Bestandsgebäude Stand 2020)</i>				
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	465	826	924	586
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	278	504	608	560
Resultierende energiebezogene Kapitalmehrkosten (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	15	27	33	30
<i>Gesamtinvestitionen (nur Bestandsgebäude Stand 2020)</i>				
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	1'021	1'933	2'691	2'150
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	834	1'611	2'375	2'123
Resultierende energiebezogene Kapitalmehrkosten (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	35	66	95	86

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Stadt als Akteurin: Sanierung eigene Gebäude
Endenergiebedarf für die Wärmeerzeugung (Mio. kWh)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt (auf Stadtgebiet)	576	461	383	313	576	401	259	163	576	402	218	576	251
Öl	86	57	36	15	86	41	7	0	86	41	0	86	0
Gas	317	237	176	125	317	195	84	3	317	173	0	317	0
Strom (nur WP)	24	24	26	28	24	27	35	33	24	25	46	24	73
Nah-/Fernwärme	149	143	145	145	149	137	132	128	149	163	172	149	179
Emissionen direkt+Vorketten (t CO2)	107'988	72'257	47'711	27'076	107'988	56'790	17'058	2'107	107'988	53'729	6'771	107'988	9'748

Resultierende Minderausgaben ggü. Status-quo 2020 (Mio. Fr. pro Jahr)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	0.0	7.0	13.1	22.3	0.0	10.7	31.0	64.9	0.0	9.2	34.1	0.0	14.1
Öl	0	2	4	7	0	4	7	8	0	4	8	0	7
Gas (nur variabler Anteil)	0	4	8	15	0	6	23	55	0	7	32	0	16
Strom (nur variabler Anteil)	0	0	0	-1	0	0	-1	-1	0	0	-3	0	-6
Nah-/Fernwärme (nur variabler Anteil)	0	1	1	0	0	1	2	3	0	-2	-3	0	-3
zusätzlich: Einsparung Umweltkosten (Mio. Fr. / Jahr)	0.0	7.1	12.1	16.2	0.0	10.2	18.2	21.2	0.0	10.9	20.2	0.0	19.6
Fr./t CO2	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
eingesparte Emissionen ggü. 2020 (t/Jahr)	0	35'731	60'277	80'912	0	51'198	90'930	105'881	0	54'259	101'218	0	98'241

Annahmen und Ergebnisse Investitionen in Wärmedämmung und Fensterersatz

Verzinsung	2.5%				2.5%				2.5%			2.5%	
Lebensdauer (Jahren)	40				40				40			40	
energiebezogene Gesamtinvestitionen für energetische Sanierung (nur Wärmedämmung und Fensterersatz) eines Gebäudes, Durchschnittswert in Fr. pro m2 EBF	350				380				380			456	
energiebezogene Mehrinvestitionen für energetische Sanierung (nur Wärmedämmung und Fensterersatz) eines Gebäudes, Durchschnittswert in Fr. pro m2 EBF	250				280				280			356	
"Sanierungsrate (energiebezogen)" = Anteil (in %) an Energiebezugsfläche 2020, die jährlich in den Zustand "energetisch saniert" übergeführt wird	1.4%				3.1%				3.1%			3.1%	
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	734				1'735				1'157			694	
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	525				1'279				852			542	
Resultierende Annuität (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	20.9				50.9				34.0			21.6	

Siedlung, Gebäude, Energieversorgung
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Annahmen und Ergebnisse Investitionen in Öl- und Gasheizungersatz (dezentral)

Verzinsung	2.5%		2.5%		2.5%		2.5%
Lebensdauer (Jahren)	20		20		20		20
Durchschnitts-EBF Öl-beheiztes Haus 2020 (m2 EBF)	1250	Durchschnitts-EBF Öl-beheiztes Haus 2020	1250		1250		1250
Durchschnitts-EBF Gas-beheiztes Haus 2020 (m2 EBF)	1250	Durchschnitts-EBF Gas-beheiztes Haus 2020	1250		1250		1250
Resultierende Anzahl Ölheizungen 2020	439	Resultierende Anzahl Ölheizungen 2020	439		439		439
Resultierende Anzahl Gasheizungen 2020	1'873	Resultierende Anzahl Gasheizungen 2020	1'873		1'873		1'873
kWh Ölverbrauch pro m2 EBF ölbeheizte EBF	156	kWh Ölverbrauch pro m2 EBF ölbeheizte EBF	156		156		156
kWh Gasverbrauch pro m2 EBF gasbeheizte EBF	135	kWh Gasverbrauch pro m2 EBF gasbeheizte EBF	135		135		135
resultierende kWth/m2 EBF in einem ölbeheizten Durchschnittshaus 2020 (bei 2000 Vollbetriebsstunden)	0.078	resultierende kWth/m2 EBF in einem ölbeheizten Durchschnittshaus 2020	0.078		0.078		0.078
resultierende kWth/m2 EBF in einem gasbeheizten Durchschnittshaus 2020 (bei 2000 Vollbetriebsstunden)	0.068	resultierende kWth/m2 EBF in einem gasbeheizten Durchschnittshaus 2020	0.068		0.068		0.068
kWhth/m2 EBF, die wir als Grundlage für die Investitionsschätzungen annehmen	0.05		0.05		0.05		0.05
energiebezogene Gesamtinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungs- bzw. EBF-unabhängiger Grundinvestitionsanteil, in Fr./Heizungersatz	15'000	energiebezogene Gesamtinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungs- bzw. EBF-unabhängiger Grundinvestitionsanteil, in Fr./Heizungersatz	18'000		19'800		21'600
energiebezogene Gesamtinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungsabhängiger Investitionsanteil, in Fr./kWth	1200	energiebezogene Gesamtinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungsabhängiger Investitionsanteil, in Fr./kWth	1200		1200		1200
energiebezogene Mehrinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungs- bzw. EBF-unabhängiger Grundinvestitionsanteil, in Fr./Heizungersatz	10'000	energiebezogene Mehrinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungs- bzw. EBF-unabhängiger Grundinvestitionsanteil, in Fr./Heizungersatz	13'000		18'600		20'400
energiebezogene Mehrinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungsabhängiger Investitionsanteil, in Fr./kWth	700	energiebezogene Mehrinvestition für einen Öl-/Gasheizungersatz, leistungsabhängiger Investitionsanteil, in Fr./kWth	700		700		700
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	100		211		219		223
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	59		129		144		148
Resultierende Annuität (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	3.8		8.3		9.2		9.5

Annahmen und Ergebnisse Investitionen in den PV-Ausbau

Verzinsung	2.5%		2.5%		2.5%		2.5%
Lebensdauer (Jahren)	30		30		30		30
theoretisch installierbare PV-Modulfläche 2050 in % an der gesamten EBF des Gebäudeparks (theoretisches Potenzial)	60%		60%		60%		60%
Ausschöpfungsgrad 2050 (in %) theoretischen Potenzial in der Referenzentwicklung	8.0%		50%		50%		30%
resultierende PV-Modulfläche total (m2)	264'238		1'591'188		1'546'188		907'553
durchschnittlicher Stromertrag in kWh pro m2 PV-Modulfläche	120		90		90		90
resultierende Einsparungen (2050) in Mio. Fr. pro Jahr	4.2		18.9		16.8		9.4
zusätzlich eingesparte Klimakosten in Mio. Fr. pro Jahr (2050)	0.08		0.36		0.32		0.17
durchschnittliche energiebezogene Gesamtinvestitionen für den PV-Ausbau 2020-2050, in Fr./m2 PV-Modulfläche	110		110		130		160
(Annahme für PV-Ausbau: energiebezogene Gesamtinvestitionen = energiebezogene Mehrinvestitionen)							
Resultierende energiebezogene Gesamtinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	29		175		201		145
Resultierende energiebezogene Mehrinvestitionen 2020-2050 (Mio. Fr.)	29		175		201		145
Resultierende energiebezogene Kapitalmehrkosten (in Mio. Fr./Jahr im 2050)	1.39		8.36		9.60		6.94

11.4.2. Personen- und Güterverkehr (Kapitel 4)

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

GRUNDMENGEN

Territorialperspektive (gesamter Verkehr auf Stadtgebiet)

Fahrleistungen in Mio. Fzg-km auf Stadtgebiet

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040			SNN 2030					
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030				
Personenwagen MIV	810	880	900	900	810	800	750	700	810	650	400	80	810	755	700	810	700
Lieferwagen LNF	300	335	345	350	300	320	330	335	300	320	290	240	300	318	335	300	335
Schwere Nutzfahrzeuge SNF	95	106	110	110	95	105	105	105	95	100	90	75	95	100	105	95	105
Bus ÖV (exkl. Trolley)	16.0	17.0	17.0	17.0	16.0	17.0	17.0	17.0	16	16.0	16.0	16.0	16.0	17	17	16.0	17
Fzg-km / EinwohnerIn MIV	1'845	1'785	1'731	1'667	1'845	1'623	1'442	1'296	1'845	1'319	769	148	1'845	1'532	1'346	1'845	1'420
2050 ggü. 2020	100%	97%	94%	90%	100%	88%	78%	70%	100%	71%	42%	8%	100%	83%	73%	100%	77%
Fzg-km / EinwohnerIn LNF	683	680	663	648	683	649	635	620	683	649	558	444	683	644	644	683	680
2050 ggü. 2020	100%	99%	97%	95%	100%	95%	93%	91%	100%	95%	82%	65%	100%	94%	94%	100%	99%
Fzg-km / EinwohnerIn SNF	216	215	212	204	216	213	202	194	216	203	173	139	216	203	202	216	213
2050 ggü. 2020	100%	99%	98%	94%	100%	98%	93%	90%	100%	94%	80%	64%	100%	94%	93%	100%	98%
Fzg-km / EinwohnerIn Busse ÖV	36	34	33	31	36	34	33	31	36	32	31	30	36	33	33	36	34
2050 ggü. 2020	100%	95%	90%	86%	100%	95%	90%	86%	100%	89%	84%	81%	100%	92%	90%	100%	95%

Verkehrsleistungen übriger Fahrzeuge auf Stadtgebiet

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040			SNN 2030					
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030				
Tram/Trolley ÖV (Mio. P-km)	650	745	800	850	650	750	820	900	650	800	950	1'100	650	775	900	650	820
Bahn ÖV (Mio. P-km)	1'700	1'975	2'150	2'300	1'700	2'000	2'200	2'400	1'700	2'000	2'400	2'800	1'700	2'050	2'400	1'700	2'200
Bahn Güter (Mio. t-km)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P-km / EinwohnerIn Tram/Trolley	1'481	1'511	1'538	1'574	1'481	1'522	1'577	1'667	1'481	1'623	1'827	2'037	1'481	1'572	1'731	1'481	1'664
2050 ggü. 2020	100%	102%	104%	106%	100%	103%	107%	113%	100%	110%	123%	138%	100%	106%	117%	100%	112%
P-km / EinwohnerIn Bahn ÖV	3'872	4'007	4'135	4'259	3'872	4'058	4'231	4'444	3'872	4'058	4'615	5'185	3'872	4'159	4'615	3'872	4'463
2050 ggü. 2020	100%	103%	107%	110%	100%	105%	109%	115%	100%	105%	119%	134%	100%	107%	119%	100%	115%
t-km / EinwohnerIn Bahn Güter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2050 ggü. 2020			#DIV/0!				#DIV/0!				#DIV/0!						

Perspektive Stadt als Fzg.-Besitzerin (nur Fahrten auf Stadtgebiet)

Fahrleistungen in Mio. Fzg-km auf Stadtgebiet

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040			SNN 2030					
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030				
Personenwagen (eigene)	8.1	8.0	7.9	7.8	8.1	7.9	7.5	7.0	8.1	7.5	6.0	3.0	8.1	7.9	7.5	8.1	7.9
auf Stadtgebiet	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
ausserhalb der Stadt	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Lieferwagen LNF	4.4	4.5	4.6	4.7	4.4	4.5	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.3	4.4	4.5	4.5	4.4	4.5
auf Stadtgebiet	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
ausserhalb der Stadt	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Schwere Nutzfahrzeuge SNF	3.2	3.3	3.4	3.5	3.2	3.3	3.4	3.4	3.2	3.3	3.4	3.3	3.2	3.3	3.4	3.2	3.3
auf Stadtgebiet	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
ausserhalb der Stadt	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN

Territorialperspektive (gesamter Verkehr auf Stadtgebiet)

Flottenmix: Antriebskategorien (in % der Fahrleistungen)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030	
MIV																		
konventionell	97%	88%	66%	18%	97%	86%	51%	2.0%	97%	86%	51%	2%	97%	86%	51%	97%	86%	
CNG/LNG	0.3%	1%	2.5%	5%	0.3%	1%	2.5%	5.0%	0.3%	1.0%	2.5%	5.0%	0.3%	1.0%	2.5%	0.3%	1.0%	
PHEV	2%	6%	11%	15%	2.2%	6%	11%	15%	2.2%	6.0%	11.0%	15.0%	2.2%	6.0%	11.0%	2.2%	6.0%	
BEV	0.8%	5%	20%	60%	0.8%	7.5%	35%	75%	0.8%	7.5%	35.0%	75.0%	0.8%	7.5%	35.0%	0.8%	7.5%	
FCEV	0%	0%	1%	2%	0.0%	0%	1%	3%	0.0%	0.0%	1.0%	3.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	
LNF																		
konventionell	99%	91%	64%	28%	99%	91%	59%	12%	99%	91%	59%	12%	99%	91%	59%	99%	91%	
CNG/LNG	0.3%	1%	2.5%	5%	0.3%	1%	2.5%	5%	0.3%	1.0%	2.5%	5.0%	0.3%	1.0%	2.5%	0.3%	1.0%	
PHEV	0.5%	1%	3%	5%	0.5%	1%	3%	10%	0.5%	1.0%	3.0%	10.0%	0.5%	1.0%	3.0%	0.5%	1.0%	
BEV	0.2%	7%	30%	60%	0.2%	7%	35%	70%	0.2%	7.0%	35.0%	70.0%	0.2%	7.0%	35.0%	0.2%	7.0%	
FCEV	0%	0%	1%	2%	0.0%	0%	1%	3%	0.0%	0.0%	1.0%	3.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	
SNF																		
konventionell	100%	96%	89%	70%	100%	96%	75%	35%	100%	96%	75%	35%	100%	96%	75%	100%	96%	
CNG/LNG	0%	1%	2.5%	5%	0.0%	1%	2.5%	5%	0.0%	1.0%	2.5%	5.0%	0.0%	1.0%	2.5%	0.0%	1.0%	
PHEV	0%	1%	3%	5%	0.0%	1%	3%	10%	0.0%	1.0%	3.0%	10.0%	0.0%	1.0%	3.0%	0.0%	1.0%	
BEV	0%	1%	3%	10%	0.0%	1%	10%	20%	0.0%	1.0%	10.0%	20.0%	0.0%	1.0%	10.0%	0.0%	1.0%	
FCEV	0%	1%	3%	10%	0.0%	1%	10%	30%	0.0%	1.0%	10.0%	30.0%	0.0%	1.0%	10.0%	0.0%	1.0%	
Bus																		
konventionell	100%	65%	44%	10%	100%	65%	44%	0%	100%	65%	44%	0%	100%	65%	44%	100%	65%	
CNG/LNG	0%	5%	5%	5%	0.0%	5%	5%	5%	0.0%	5.0%	5.0%	5.0%	0.0%	5.0%	5.0%	0.0%	5.0%	
PHEV	0%	0%	3%	5%	0.0%	0%	3%	10%	0.0%	0.0%	3.0%	10.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	
BEV	0%	30%	45%	60%	0.0%	30%	45%	60%	0.0%	30.0%	45.0%	60.0%	0.0%	30.0%	45.0%	0.0%	30.0%	
FCEV	0%	0%	3%	20%	0.0%	0%	3%	25%	0.0%	0.0%	3.0%	25.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040				SNN 2030				
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
Spezifischer Endenergieverbrauch (kWh Endenergie pro 100 Fzg-km, bei E-Fzg inkl. Ladeverlusten)																	
MIV																	
konventionell (fl. Treibstoff)	70	62	53	45	70	62	53	45	70	62	53	45	70	62	53	70	62
CNG/LNG (Gas)	70	62	53	45	70	62	53	45	70	62	53	45	70	62	53	70	62
PHEV	50	47	43	40	50	47	43	40	50	47	43	40	50	47	43	50	47
Strom	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
fl. Treibstoff	40	37	33	30	40	37	33	30	40	37	33	30	40	37	33	40	37
BEV (Strom)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
FCEV (Wasserstoff bei 33 kWh/kg)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
LNF																	
konventionell (fl. Treibstoff)	90	82	73	65	90	82	73	65	90	82	73	65	90	82	73	90	82
CNG/LNG (Gas)	90	82	73	65	90	82	73	65	90	82	73	65	90	82	73	90	82
PHEV	70	65	60	55	70	65	60	55	70	65	60	55	70	65	60	70	65
Strom	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
fl. Treibstoff	55	50	45	40	55	50	45	40	55	50	45	40	55	50	45	55	50
BEV (Strom)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
FCEV (Wasserstoff bei 33 kWh/kg)	60	57	53	50	60	57	53	50	60	57	53	50	60	57	53	60	57
SNF																	
konventionell (fl. Treibstoff)	240	223	207	190	240	223	207	190	240	223	207	190	240	223	207	240	223
CNG/LNG (Gas)	270	257	243	230	270	257	243	230	270	257	243	230	270	257	243	270	257
PHEV	190	177	163	150	190	177	163	150	190	177	163	150	190	177	163	190	177
Strom	40	38	37	35	40	38	37	35	40	38	37	35	40	38	37	40	38
fl. Treibstoff	150	138	127	115	150	138	127	115	150	138	127	115	150	138	127	150	138
BEV (Strom)	105	100	95	90	105	100	95	90	105	100	95	90	105	100	95	105	100
FCEV (Wasserstoff bei 33 kWh/kg)	160	153	147	140	160	153	147	140	160	153	147	140	160	153	147	160	153
Bus																	
konventionell (fl. Treibstoff)	480	457	433	410	480	457	433	410	480	457	433	410	480	457	433	480	457
CNG/LNG (Gas)	480	457	433	410	480	457	433	410	480	457	433	410	480	457	433	480	457
PHEV	340	327	313	300	340	327	313	300	340	327	313	300	340	327	313	340	327
Strom	150	147	143	140	150	147	143	140	150	147	143	140	150	147	143	150	147
fl. Treibstoff	190	180	170	160	190	180	170	160	190	180	170	160	190	180	170	190	180
BEV (Strom)	250	243	237	230	250	243	237	230	250	243	237	230	250	243	237	250	243
FCEV (Wasserstoff bei 33 kWh/kg)	390	377	363	350	390	377	363	350	390	377	363	350	390	377	363	390	377

**Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG**

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Spezifischer Endenergieverbrauch (kWh Endenergie pro 100 P-km für Personenverkehr)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
Tram/Trolley (Strom)	12	11	11	10,0	12	11	11	10,0	12	11	11	10	12	11	11	12	11
Bahn ÖV (Strom)	11	10	10	9,5	11	10	10	9,5	11	10	10	10	11	10	10	11	10
Bahn Güter (Strom), in kWh Strom pro 100 t-km	3,5	3	3	3,0	4	3	3	3,0	4	3	3	3	4	3	3	4	3

CO2-Emissionsfaktoren Betrieb (g CO2 pro kWh Endenergie)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
fl. Treibstoff (allgemein)																	
direkt	260	250	220	160	260	230	150	0	260	230	150	0	260	230	150	260	230
Vorketten	46	44	42	40	46	44	40	30	46	44	40	30	46	44	40	46	44
Gas																	
direkt	177	150	130	120	177	150	90	0	177	150	90	0	177	150	90	177	150
Vorketten	53	50	47	44	53	50	45	35	53	50	45	35	53	50	45	53	50
Strom																	
Vorketten	106	118	93	87	106	61	37	34	106	61	37	34	106	61	37	106	61
Wasserstoff																	
Vorketten	125	108	92	67	125	108	92	67	125	108	92	67	125	108	92	125	108
fl. Treibstoff (Bus ÖV)																	
direkt	260	250	220	160	260	230	150	0	260	230	150	0	260	230	150	260	230
Vorketten	46	44	42	40	46	44	40	30	46	44	40	30	46	44	40	46	44

Resultierender Endenergiebedarf (in Mio. kWh)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
Fl. Treibstoff	1'120	1'004	709	290	1'120	935	538	102	1'120	842	401	69	1'120	897	526	1'120	894
MIV	548	478	314	73	548	422	202	6	548	343	108	1	548	398	189	548	369
LNF	267	249	161	64	267	238	142	26	267	238	124	19	267	236	144	267	249
SNF	228	227	201	146	228	225	162	70	228	214	139	50	228	214	162	228	225
Bus	77	50	32	7	77	50	32	0	77	47	31	0	77	49	32	77	50
Gas	3	15	29	48	3	14	26	42	3	13	20	22	3	14	26	3	14
MIV	2	5	12	20	2	5	10	16	2	4	5	2	2	5	9	2	4
LNF	1	3	6	11	1	3	6	11	1	3	5	8	1	3	6	1	3
SNF	0	3	7	13	0	3	6	12	0	3	5	9	0	3	6	0	3
Bus	0	4	4	3	0	4	4	3	0	4	3	3	0	4	4	0	4
Strom	260	323	409	548	260	328	442	581	260	330	439	500	260	335	467	260	355
MIV	3	14	46	122	3	17	61	116	3	14	32	13	3	16	57	3	15
LNF	0	10	43	87	0	9	48	99	0	9	42	71	0	9	48	0	10
SNF	0	1	4	12	0	1	11	23	0	1	10	16	0	1	11	0	1
Bus	0	12	19	25	0	12	19	26	0	12	18	24	0	12	19	0	12
Tram/Trolley	78	84	85	85	78	85	87	90	78	91	101	110	78	88	96	78	93
Bahn	179	201	211	219	179	203	216	228	179	203	236	266	179	208	236	179	224
Wasserstoff (bei 33 kWh/kg)	0	2	11	36	0	2	21	70	0	2	18	50	0	2	21	0	2
MIV	0	0	3	5	0	0	2	6	0	0	1	1	0	0	2	0	0
LNF	0	0	2	4	0	0	2	5	0	0	2	4	0	0	2	0	0
SNF	0	2	5	15	0	2	15	44	0	2	13	32	0	2	15	0	2
Bus	0	0	2	12	0	0	2	15	0	0	2	14	0	0	2	0	0

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Resultierende Emissionen Betrieb (in t CO2 pro EinwohnerIn)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	0.85	0.68	0.44	0.21	0.85	0.57	0.24	0.05	0.85	0.51	0.19	0.04	0.85	0.55	0.24	0.85	0.55
direkt	0.66	0.51	0.31	0.10	0.66	0.44	0.16	0.00	0.66	0.40	0.12	0.00	0.66	0.42	0.16	0.66	0.42
Vorketten	0.18	0.17	0.14	0.12	0.18	0.13	0.08	0.05	0.18	0.12	0.07	0.04	0.18	0.12	0.08	0.18	0.13
Fl. Treibstoff																	
MIV	0.382	0.285	0.158	0.027	0.382	0.234	0.074	0.000	0.382	0.191	0.039	0.000	0.382	0.221	0.069	0.382	0.205
direkt	0.325	0.242	0.133	0.022	0.325	0.197	0.058	0.000	0.325	0.160	0.031	0.000	0.325	0.186	0.054	0.325	0.172
Vorketten	0.057	0.043	0.025	0.005	0.057	0.038	0.016	0.000	0.057	0.031	0.008	0.000	0.057	0.036	0.015	0.057	0.033
LNF	0.186	0.148	0.081	0.024	0.186	0.132	0.052	0.001	0.186	0.132	0.045	0.001	0.186	0.131	0.053	0.186	0.138
direkt	0.158	0.126	0.068	0.019	0.158	0.111	0.041	0.000	0.158	0.111	0.036	0.000	0.158	0.110	0.041	0.158	0.116
Vorketten	0.028	0.022	0.013	0.005	0.028	0.021	0.011	0.001	0.028	0.021	0.010	0.001	0.028	0.021	0.011	0.028	0.022
SNF	0.159	0.136	0.101	0.054	0.159	0.125	0.059	0.004	0.159	0.119	0.051	0.003	0.159	0.119	0.059	0.159	0.125
direkt	0.135	0.115	0.085	0.043	0.135	0.105	0.047	0.000	0.135	0.100	0.040	0.000	0.135	0.100	0.047	0.135	0.105
Vorketten	0.024	0.020	0.016	0.011	0.024	0.020	0.012	0.004	0.024	0.019	0.011	0.003	0.024	0.019	0.012	0.024	0.020
Bus	0.054	0.030	0.016	0.003	0.054	0.028	0.012	0.000	0.054	0.026	0.011	0.000	0.054	0.027	0.012	0.054	0.028
direkt	0.045	0.026	0.014	0.002	0.045	0.024	0.009	0.000	0.045	0.022	0.009	0.000	0.045	0.023	0.009	0.045	0.024
Vorketten	0.008	0.005	0.003	0.001	0.008	0.005	0.002	0.000	0.008	0.004	0.002	0.000	0.008	0.004	0.002	0.008	0.005
Gas																	
MIV	0.0009	0.0022	0.0041	0.0062	0.0009	0.0020	0.0026	0.0010	0.0009	0.0016	0.0014	0.0001	0.0009	0.0019	0.0024	0.0009	0.0018
direkt	0.0007	0.0017	0.0030	0.0045	0.0007	0.0015	0.0017	0.0000	0.0007	0.0012	0.0009	0.0000	0.0007	0.0014	0.0016	0.0007	0.0013
Vorketten	0.0002	0.0006	0.0011	0.0017	0.0002	0.0005	0.0009	0.0010	0.0002	0.0004	0.0005	0.0001	0.0002	0.0005	0.0008	0.0002	0.0004
LNF	0.0004	0.0011	0.0022	0.0035	0.0004	0.0011	0.0016	0.0007	0.0004	0.0011	0.0014	0.0005	0.0004	0.0011	0.0016	0.0004	0.0011
direkt	0.0003	0.0008	0.0016	0.0025	0.0003	0.0008	0.0010	0.0000	0.0003	0.0008	0.0009	0.0000	0.0003	0.0008	0.0011	0.0003	0.0008
Vorketten	0.0001	0.0003	0.0006	0.0009	0.0001	0.0003	0.0005	0.0007	0.0001	0.0003	0.0005	0.0005	0.0001	0.0003	0.0005	0.0001	0.0003
SNF	0.0000	0.0011	0.0023	0.0038	0.0000	0.0011	0.0017	0.0008	0.0000	0.0010	0.0014	0.0006	0.0000	0.0010	0.0017	0.0000	0.0011
direkt	0.0000	0.0008	0.0017	0.0028	0.0000	0.0008	0.0011	0.0000	0.0000	0.0008	0.0009	0.0000	0.0000	0.0008	0.0011	0.0000	0.0008
Vorketten	0.0000	0.0003	0.0006	0.0010	0.0000	0.0003	0.0006	0.0008	0.0000	0.0003	0.0005	0.0006	0.0000	0.0003	0.0006	0.0000	0.0003
Bus	0.0000	0.0016	0.0013	0.0011	0.0000	0.0016	0.0010	0.0002	0.0000	0.0015	0.0009	0.0002	0.0000	0.0015	0.0010	0.0000	0.0016
direkt	0.0000	0.0012	0.0009	0.0008	0.0000	0.0012	0.0006	0.0000	0.0000	0.0011	0.0006	0.0000	0.0000	0.0011	0.0006	0.0000	0.0012
Vorketten	0.0000	0.0004	0.0003	0.0003	0.0000	0.0004	0.0003	0.0002	0.0000	0.0004	0.0003	0.0002	0.0000	0.0004	0.0003	0.0000	0.0004
Strom																	
MIV (Vorketten)	0.0007	0.0034	0.0082	0.0196	0.0007	0.0021	0.0043	0.0074	0.0007	0.0017	0.0023	0.0008	0.0007	0.0020	0.0040	0.0007	0.0018
LNF (Vorketten)	0.0001	0.0024	0.0077	0.0140	0.0001	0.0012	0.0034	0.0063	0.0001	0.0012	0.0030	0.0045	0.0001	0.0012	0.0034	0.0001	0.0012
SNF (Vorketten)	0.0000	0.0004	0.0008	0.0019	0.0000	0.0002	0.0008	0.0014	0.0000	0.0002	0.0007	0.0010	0.0000	0.0002	0.0008	0.0000	0.0002
Bus (Vorketten)	0.0000	0.0030	0.0034	0.0040	0.0000	0.0015	0.0013	0.0017	0.0000	0.0015	0.0013	0.0016	0.0000	0.0015	0.0013	0.0000	0.0015
Tram/Trolley (Vorketten)	0.0188	0.0202	0.0153	0.0137	0.0188	0.0106	0.0062	0.0057	0.0188	0.0113	0.0072	0.0070	0.0188	0.0109	0.0068	0.0188	0.0116
Bahn (Vorketten)	0.0431	0.0481	0.0380	0.0353	0.0431	0.0253	0.0153	0.0146	0.0431	0.0253	0.0167	0.0170	0.0431	0.0259	0.0167	0.0431	0.0278
Wasserstoff																	
MIV (Vorketten)	0.0000	0.0000	0.0005	0.0007	0.0000	0.0000	0.0004	0.0008	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000
LNF (Vorketten)	0.0000	0.0000	0.0003	0.0004	0.0000	0.0000	0.0003	0.0006	0.0000	0.0000	0.0003	0.0004	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
SNF (Vorketten)	0.0000	0.0004	0.0009	0.0019	0.0000	0.0004	0.0027	0.0055	0.0000	0.0003	0.0023	0.0039	0.0000	0.0003	0.0027	0.0000	0.0004
Bus (Vorketten)	0.0000	0.0000	0.0003	0.0015	0.0000	0.0000	0.0003	0.0018	0.0000	0.0000	0.0003	0.0017	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Ergebnisgrafiken energiebedingte Emissionen

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
1. direkt MIV	0.3254	0.2439	0.1360	0.0261	0.3254	0.1983	0.0600	0.0000	0.3254	0.1611	0.0320	0.0000	0.3254	0.1872	0.0560	0.3254	0.1735
2. direkt LNF	0.1586	0.1271	0.0696	0.0214	0.1586	0.1118	0.0419	0.0000	0.1586	0.1118	0.0368	0.0000	0.1586	0.1109	0.0425	0.1586	0.1170
3. direkt SNF	0.1350	0.1161	0.0868	0.0462	0.1350	0.1059	0.0477	0.0000	0.1350	0.1008	0.0409	0.0000	0.1350	0.1008	0.0477	0.1350	0.1059
4. direkt Busse ÖV	0.0455	0.0268	0.0146	0.0028	0.0455	0.0247	0.0100	0.0000	0.0455	0.0233	0.0094	0.0000	0.0455	0.0240	0.0100	0.0455	0.0247
5. Vorketten Benzin/Diesel/Gas	0.1177	0.0911	0.0598	0.0254	0.1177	0.0849	0.0436	0.0084	0.1177	0.0765	0.0326	0.0052	0.1177	0.0815	0.0427	0.1177	0.0812
6. Vorketten Strom/Wasserstoff	0.0627	0.0777	0.0754	0.0930	0.0627	0.0412	0.0350	0.0458	0.0627	0.0414	0.0341	0.0381	0.0627	0.0420	0.0367	0.0627	0.0445
					0.0000	0.1159	0.2040	0.1606					0.0000	0.1363	0.2065	0.0000	0.1359
1. direkt Busse ÖV	0.0455	0.0268	0.0146	0.0028	0.0455	0.0247	0.0100	0.0000	0.0455	0.0233	0.0094	0.0000	0.0455	0.0240	0.0100	0.0455	0.0247
2. direkt Verwaltung PW/LNF/SNF	0.0074	0.0046	0.0028	0.0011	0.0074	0.0034	0.0014	0.0000	0.0074	0.0034	0.0014	0.0000	0.0074	0.0032	0.0006	0.0074	0.0010
3. direkt Bevölkerung/Wirtschaft	0.6117	0.4824	0.2895	0.0926	0.6117	0.4125	0.1482	0.0000	0.6117	0.3703	0.1083	0.0000	0.6117	0.3957	0.1457	0.6117	0.3954
4. Vorketten Verwaltung	0.0283	0.0292	0.0229	0.0208	0.0283	0.0179	0.0113	0.0099	0.0283	0.0182	0.0120	0.0109	0.0283	0.0182	0.0119	0.0283	0.0189
5. Vorketten Bevölkerung/Wirtschaft	0.1522	0.1397	0.1123	0.0975	0.1522	0.1082	0.0673	0.0443	0.1522	0.0996	0.0547	0.0324	0.1522	0.1053	0.0676	0.1522	0.1067

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Perspektive Stadt als Fzg.-Besitzerin (nur Fahrten auf Stadtgebiet)

Flottenmix städtische Flotte: Antriebskategorien (in % der Fahrleistungen)

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040				SNN 2030				
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
MIV																	
konventionell	69%	37%	21%	3%	69%	9%	3%	0%	69%	9%	3%	0%	69%	35%	0%	69%	0%
CNG/LNG	11.0%	10%	8%	5%	11%	15%	10%	2%	11.0%	15.0%	10.0%	2.0%	11%	7%	2%	11%	2%
PHEV	5%	22%	20%	10%	5%	35%	25%	5%	5.0%	35.0%	25.0%	5.0%	5%	5%	5%	5%	5%
BEV	15%	30%	50%	80%	15%	40%	60%	90%	15.0%	40.0%	60.0%	90.0%	15%	53%	90%	15%	90%
FCEV	0%	1%	1%	2%	0%	1%	2%	3%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	0%	2%	3%	0%	3%
LNF																	
konventionell	80%	49%	29%	18%	80%	24%	13%	7%	80%	24%	13%	7%	80%	44%	7%	80%	7%
CNG/LNG	14%	18%	20%	5%	14%	25%	20%	5%	14.0%	25.0%	20.0%	5.0%	14%	10%	5%	14%	5%
PHEV	0%	15%	20%	5%	0%	25%	20%	5%	0.0%	25.0%	20.0%	5.0%	0%	3%	5%	0%	5%
BEV	6%	17%	30%	70%	6%	25%	45%	80%	6.0%	25.0%	45.0%	80.0%	6%	43%	80%	6%	80%
FCEV	0%	1%	1%	2%	0%	1%	2%	3%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	0%	2%	3%	0%	3%
SNF																	
konventionell	100%	94%	80%	45%	100%	88%	63%	15%	100%	88%	63%	15%	100%	58%	15%	100%	15%
CNG/LNG	0%	2%	5%	10%	0%	5%	10%	20%	0.0%	5.0%	10.0%	20.0%	0%	10%	20%	0%	20%
PHEV	0%	2%	5%	10%	0%	5%	10%	15%	0.0%	5.0%	10.0%	15.0%	0%	8%	15%	0%	15%
BEV	0%	1%	5%	20%	0%	1%	7.5%	25%	0.0%	1.0%	7.5%	25.0%	0%	13%	25%	0%	25%
FCEV	0%	1.0%	5%	15%	0%	1.5%	10%	25%	0.0%	1.5%	10.0%	25.0%	0%	13%	25%	0%	25%

CO2-Emissionsfaktoren Betrieb städt. Motorfahrzeugflotte (g CO2 pro kWh Endenergie)

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040				SNN 2030				
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
fl. Treibstoff																	
direkt	260	250	220	160	260	230	150	0	260	230	150	0	260	230	150	260	230
Vorketten	46	44	42	40	46	44	40	30	46	44	40	30	46	44	40	46	44
Gas																	
direkt	177	150	130	120	177	150	90	0	177	150	90	0	177	150	90	177	150
Vorketten	53	50	47	44	53	50	45	35	53	50	45	35	53	50	45	53	50
Strom																	
Vorketten	106	118	93	87	106	61	37	34	106	61	37	34	106	61	37	106	61
Wasserstoff																	
Vorketten	125	108	92	67	125	108	92	67	125	108	92	67	125	108	92	125	108

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Perspektive Stadt als Fzg.-Besitzerin (nur Fahrten auf Stadtgebiet)

Flottenmix städtische Flotte: Antriebskategorien (in % der Fahrleistungen)

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040				SNN 2030	
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030
MIV														
konventionell	69%	37%	21%	3%	69%	9%	3%	0%	69%	9%	3%	0%	69%	0%
CNG/LNG	11.0%	10%	8%	5%	11%	15%	10%	2%	11.0%	15.0%	10.0%	2.0%	11%	2%
PHEV	5%	22%	20%	10%	5%	35%	25%	5%	5.0%	35.0%	25.0%	5.0%	5%	5%
BEV	15%	30%	50%	80%	15%	40%	60%	90%	15.0%	40.0%	60.0%	90.0%	15%	90%
FCEV	0%	1%	1%	2%	0%	1%	2%	3%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	0%	3%
LNf														
konventionell	80%	49%	29%	18%	80%	24%	13%	7%	80%	24%	13%	7%	80%	7%
CNG/LNG	14%	18%	20%	5%	14%	25%	20%	5%	14.0%	25.0%	20.0%	5.0%	14%	5%
PHEV	0%	15%	20%	5%	0%	25%	20%	5%	0.0%	25.0%	20.0%	5.0%	0%	5%
BEV	6%	17%	30%	70%	6%	25%	45%	80%	6.0%	25.0%	45.0%	80.0%	6%	80%
FCEV	0%	1%	1%	2%	0%	1%	2%	3%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	0%	3%
SNF														
konventionell	100%	94%	80%	45%	100%	88%	63%	15%	100%	88%	63%	15%	100%	15%
CNG/LNG	0%	2%	5%	10%	0%	5%	10%	20%	0.0%	5.0%	10.0%	20.0%	0%	20%
PHEV	0%	2%	5%	10%	0%	5%	10%	15%	0.0%	5.0%	10.0%	15.0%	0%	15%
BEV	0%	1%	5%	20%	0%	1%	7.5%	25%	0.0%	1.0%	7.5%	25.0%	0%	25%
FCEV	0%	1.0%	5%	15%	0%	1.5%	10%	25%	0.0%	1.5%	10.0%	25.0%	0%	25%

CO2-Emissionsfaktoren Betrieb städt. Motorfahrzeugflotte (g CO2 pro kWh Endenergie)

	SNN 2050				SNN 2050 PLUS				SNN 2040				SNN 2030	
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030
fl. Treibstoff														
direkt	260	250	220	160	260	230	150	0	260	230	150	0	260	230
Vorketten	46	44	42	40	46	44	40	30	46	44	40	30	46	44
Gas														
direkt	177	150	130	120	177	150	90	0	177	150	90	0	177	150
Vorketten	53	50	47	44	53	50	45	35	53	50	45	35	53	50
Strom														
Vorketten	106	118	93	87	106	61	37	34	106	61	37	34	106	61
Wasserstoff														
Vorketten	125	108	92	67	125	108	92	67	125	108	92	67	125	108

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Resultierender Endenergiebedarf (in Mio. kWh)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
Fl. Treibstoff	11.8	8.5	6.0	2.9	11.8	6.2	4.0	0.9	11.8	6.2	3.9	0.9	11.8	6.0	1.0	11.8	1.1
PW	2.9	1.4	0.7	0.1	2.9	0.3	0.1	0.0	2.9	0.3	0.1	0.0	2.9	1.3	0.0	2.9	0.0
LNF	2.7	1.5	0.8	0.5	2.7	0.7	0.4	0.2	2.7	0.7	0.4	0.2	2.7	1.4	0.2	2.7	0.2
SNF	6.1	5.5	4.5	2.4	6.1	5.2	3.5	0.8	6.1	5.2	3.5	0.8	6.1	3.4	0.8	6.1	0.9
Gas	0.9	1.1	1.2	0.9	0.9	1.7	1.5	1.4	0.9	1.6	1.5	1.4	0.9	1.2	1.5	0.9	1.6
PW	0.5	0.4	0.3	0.1	0.5	0.5	0.3	0.0	0.5	0.5	0.2	0.0	0.5	0.2	0.1	0.5	0.1
LNF	0.5	0.6	0.6	0.1	0.5	0.8	0.6	0.1	0.5	0.8	0.6	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.2
SNF	0.0	0.1	0.3	0.6	0.0	0.3	0.7	1.3	0.0	0.3	0.7	1.2	0.0	0.7	1.3	0.0	1.4
Strom	0.3	0.9	1.5	2.7	0.3	1.3	1.9	3.0	0.3	1.2	1.7	2.3	0.3	1.7	3.1	0.3	3.2
PW	0.2	0.5	0.7	1.0	0.2	0.7	0.8	1.0	0.2	0.6	0.7	0.4	0.2	0.7	1.0	0.2	1.1
LNF	0.1	0.3	0.6	1.1	0.1	0.5	0.8	1.3	0.1	0.5	0.8	1.2	0.1	0.7	1.3	0.1	1.3
SNF	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.1	0.3	0.8	0.0	0.1	0.3	0.7	0.0	0.4	0.8	0.0	0.8
Wasserstoff (bei 33 kWh/kg)	0.0	0.1	0.3	0.7	0.0	0.1	0.5	1.1	0.0	0.1	0.5	1.0	0.0	0.6	1.1	0.0	1.1
PW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
LNF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
SNF	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.1	0.4	1.0	0.0	0.1	0.4	0.9	0.0	0.5	1.0	0.0	1.0

Resultierende Emissionen Betrieb (in t CO2 pro EinwohnerIn)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
gesamt	0.009	0.006	0.004	0.002	0.009	0.004	0.002	0.000	0.009	0.004	0.002	0.000	0.009	0.004	0.001	0.009	0.002
direkt	0.007	0.005	0.003	0.001	0.007	0.003	0.001	0.000	0.007	0.003	0.001	0.000	0.007	0.003	0.001	0.007	0.001
Vorketten	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Fl. Treibstoff																	
PW	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000
direkt	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000
Vorketten	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LNF	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000
direkt	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000
Vorketten	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SNF	0.004	0.003	0.002	0.001	0.004	0.003	0.001	0.000	0.004	0.003	0.001	0.000	0.004	0.002	0.000	0.004	0.000
direkt	0.004	0.003	0.002	0.001	0.004	0.002	0.001	0.000	0.004	0.002	0.001	0.000	0.004	0.002	0.000	0.004	0.000
Vorketten	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Gas																	
PW	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000
direkt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vorketten	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LNF	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	0.0002	0.0003	0.0001	0.0000	0.0002	0.0003	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
direkt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vorketten	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SNF	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0005
direkt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vorketten	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Strom																	
PW (Vorketten)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
LNF (Vorketten)	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0002
SNF (Vorketten)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
Wasserstoff																	
PW (Vorketten)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LNF (Vorketten)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SNF (Vorketten)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0002

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

ÜBRIGE EMISSIONEN

Territorialperspektive (gesamter Verkehr auf Stadtgebiet)

Emissionen Fahrzeugherstellung inkl. Wartung in g CO2eq pro Fzg-km

	Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung					
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030	
PW																		
konventionell	62	66	65	65	62	66	65	65	62	66	65	65	62	66	65	65	62	66
CNG/LNG	64	67	67	66	64	67	67	66	64	67	67	66	64	67	67	66	64	67
PHEV	83	81	79	78	83	81	79	78	83	81	79	78	83	81	79	78	83	81
BEV	90	82	78	77	90	82	78	77	90	82	78	77	90	82	78	77	90	82
FCEV	93	90	86	82	93	90	86	82	93	90	86	82	93	90	86	82	93	90
LNF																		
konventionell	67	70	70	70	67	70	70	70	67	70	70	70	67	70	70	70	67	70
CNG/LNG	68	72	72	71	68	72	72	71	68	72	72	71	68	72	72	71	68	72
PHEV	81	79	77	77	81	79	77	77	81	79	77	77	81	79	77	77	81	79
BEV	96	89	84	83	96	89	84	83	96	89	84	83	96	89	84	83	96	89
FCEV	96	93	90	87	96	93	90	87	96	93	90	87	96	93	90	87	96	93
SNF																		
konventionell	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
CNG/LNG	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PHEV	167	150	142	143	167	150	142	143	167	150	142	143	167	150	142	143	167	150
BEV	244	210	193	196	244	210	193	196	244	210	193	196	244	210	193	196	244	210
FCEV	118	117	117	117	118	117	117	117	118	117	117	117	118	117	117	117	118	117
Bus																		
konventionell	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
CNG/LNG	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
PHEV	161	160	152	144	161	160	152	144	161	160	152	144	161	160	152	144	161	160
BEV	228	224	208	194	228	224	208	194	228	224	208	194	228	224	208	194	228	224
FCEV	162	161	158	154	162	161	158	154	162	161	158	154	162	161	158	154	162	161

Emissionen Fahrzeugherstellung inkl. Wartung in g CO2eq pro P-km

	Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung					
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030	
Tram/Trolley	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Bahn	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Emissionen Bau/Instandhaltung Verkehrsinfrastruktur (Strasse, Fahrbahn, Schienen etc.)

	Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung				Jahr Fahrzeuganschaffung					
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030	
PW (g CO2eq pro Fzg-km)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
LNF (g CO2eq pro Fzg-km)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
SNF (g CO2eq pro Fzg-km)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Bus (g CO2eq pro Fzg-km)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Tram/Trolley (g CO2eq pro P-km)	5.0	5.0	5.0	5.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bahn (g CO2eq pro P-km)	7.0	7.0	7.0	7.0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

**Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG**

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Emissionen LC exkl. Betrieb in t CO2eq

Lebenszyklus Gesamtflotte PW/LNF/SNF/Bus (Jahre)	12
Lebenszyklus Gesamtflotte Trolley/Tram/Bahn (Jahre)	25
Lebenszyklus Infrastruktur (Strasse, Fahrbahn, Schienen etc.) (Jahre)	40

	12
	25
	40

	12
	25
	40

	Fussabdruck Flotte in t CO2eq				Fussabdruck Flotte in t CO2eq				Fussabdruck Flotte in t CO2eq				Fussabdruck Flotte in t CO2eq			Fussabdruck Flotte in t CO	
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
PW	50'679	57'778	63'256	67'512	50'679	53'003	54'419	53'948	50'679	43'065	29'024	6'165	50'679	50'021	50'791	50'679	46'378
LNF	20'032	23'450	26'122	27'667	20'032	22'400	25'260	27'111	20'032	22'400	22'198	19'423	20'032	22'225	25'643	20'032	23'450
SNF	8'550	9'804	10'579	11'690	8'550	9'711	11'133	13'096	8'550	9'249	9'542	9'355	8'550	9'249	11'133	8'550	9'711
Bus	1'520	2'285	2'620	2'964	1'520	2'285	2'620	3'062	1'520	2'151	2'466	2'882	1'520	2'218	2'620	1'520	2'285
Tram/Trolley	1'625	1'863	2'000	2'125	1'625	1'875	2'050	2'250	1'625	2'000	2'375	2'750	1'625	1'938	2'250	1'625	2'050
Bahn	3'400	3'950	4'300	4'600	3'400	4'000	4'400	4'800	3'400	4'000	4'800	5'600	3'400	4'100	4'800	3'400	4'400
Infrastruktur städtischer Anteil (Strasse, Fahrbahn, S	23'320	25'810	26'695	27'020	23'320	24'670	24'620	24'545	23'320	22'910	19'860	15'440	23'320	23'933	24'545	23'320	24'145
Infrastruktur nicht städtischer Anteil (Trassen/Schie	11'900	13'825	15'050	16'100	11'900	14'000	15'400	16'800	11'900	14'000	16'800	19'600	11'900	14'350	16'800	11'900	15'400
	121'027	138'765	150'622	159'677	121'027	131'944	139'902	145'612	121'027	119'774	107'065	81'215	121'027	128'033	138'582	121'027	127'819

Emissionen LC exkl. Betrieb in t CO2eq / EinwohnerIn

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
Bestand 2020 PW	0.12	0.017	0.000	0.000	0.12	0.017	0.000	0.000	0.12	0.017	0.000	0.000	0.12	0.017	0.000	0.12	0.017
Bestand 2020 LNF	0.05	0.007	0.000	0.000	0.05	0.007	0.000	0.000	0.05	0.007	0.000	0.000	0.05	0.007	0.000	0.05	0.007
Bestand 2020 SNF	0.02	0.003	0.000	0.000	0.02	0.003	0.000	0.000	0.02	0.003	0.000	0.000	0.02	0.003	0.000	0.02	0.003
Bestand 2020 Bus	0.00	0.001	0.000	0.000	0.00	0.001	0.000	0.000	0.00	0.001	0.000	0.000	0.00	0.001	0.000	0.00	0.001
Bestand 2020 Tram/Trolley	0.00	0.002	0.001	0.000	0.00	0.002	0.001	0.000	0.00	0.002	0.001	0.000	0.00	0.002	0.001	0.00	0.002
Bestand 2020 Bahn	0.01	0.004	0.001	0.000	0.01	0.004	0.001	0.000	0.01	0.004	0.001	0.000	0.01	0.004	0.001	0.01	0.004
Bestand 2020 Infrastruktur städtischer Anteil	0.05	0.035	0.022	0.011	0.05	0.035	0.022	0.011	0.05	0.035	0.022	0.011	0.05	0.035	0.022	0.05	0.035
Bestand 2020 Infrastruktur nicht städtischer Anteil	0.03	0.018	0.011	0.006	0.03	0.018	0.011	0.006	0.03	0.018	0.011	0.006	0.03	0.018	0.011	0.03	0.018
Total Bestand 2020	0.28	0.09	0.04	0.02	0.28	0.09	0.04	0.02	0.28	0.09	0.04	0.02	0.28	0.09	0.04	0.28	0.09
Fahrzeuganschaffung PW	0.00	0.100	0.122	0.125	0.00	0.09	0.10	0.10	0.00	0.070	0.056	0.011	0.00	0.08	0.10	0.00	0.08
Fahrzeuganschaffung LNF	0.00	0.041	0.050	0.051	0.00	0.04	0.05	0.05	0.00	0.039	0.043	0.036	0.00	0.04	0.05	0.00	0.04
Fahrzeuganschaffung SNF	0.00	0.017	0.020	0.022	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.016	0.018	0.017	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02
Fahrzeuganschaffung Bus	0.00	0.004	0.005	0.005	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.004	0.005	0.005	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fahrzeuganschaffung Tram/Trolley	0.00	0.002	0.003	0.004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.004	0.005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fahrzeuganschaffung Bahn	0.00	0.004	0.007	0.009	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.004	0.008	0.010	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
(Aus-)Bau/Instandhaltung Infrastruktur städtischer /	0.00	0.017	0.029	0.039	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.011	0.016	0.018	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
(Aus-)Bau/Instandhaltung Infrastruktur nicht städtis	0.00	0.010	0.018	0.024	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.010	0.021	0.031	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
Total Anschaffung Fahrzeuge + Infrastruktur	0.00	0.19	0.25	0.28	0.00	0.18	0.23	0.25	0.00	0.16	0.17	0.13	0.00	0.17	0.23	0.00	0.17

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Perspektive Stadt als Fzg.-Besitzerin (nur Fahrten auf Stadtgebiet)

Emissionen LC exkl. Betrieb in t CO2eq

Lebenszyklus Gesamtflotte PW (Jahre)	12
Lebenszyklus Gesamtflotte LNF (Jahre)	12
Lebenszyklus Gesamtflotte SNF (Jahre)	12

	Fussabdruck Flotte in t CO2eq				Fussabdruck Flotte in t CO2eq				Fussabdruck Flotte in t CO2eq				Fussabdruck Flotte in t CO2eq			Fussabdruck Flotte in t CO2eq	
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
PW	409	450	452	450	409	474	443	407	409	450	354	175	409	458	453	409	513
LNF	257	286	303	321	257	299	306	313	257	299	306	300	257	305	324	257	343
SNF	230	246	273	339	230	253	294	361	230	253	294	350	230	310	369	230	382
	897	982	1'028	1'110	897	1'026	1'042	1'082	897	1'002	954	825	897	1'073	1'146	897	1'238

Emissionen LC exkl. Betrieb in t CO2eq / EinwohnerIn

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
Bestand 2020 PW	0.00093	0.00014	0.00000	0.00000	0.00093	0.00014	0.00000	0.00000	0.00093	0.00014	0.00000	0.00000	0.00093	0.00014	0.00000	0.00093	0.00014
Bestand 2020 LNF	0.00058	0.00009	0.00000	0.00000	0.00058	0.00009	0.00000	0.00000	0.00058	0.00009	0.00000	0.00000	0.00058	0.00009	0.00000	0.00058	0.00009
Bestand 2020 SNF	0.00052	0.00008	0.00000	0.00000	0.00052	0.00008	0.00000	0.00000	0.00052	0.00008	0.00000	0.00000	0.00052	0.00008	0.00000	0.00052	0.00008
Total Bestand 2020	0.00204	0.00030	0.00000	0.00000	0.00204	0.00030	0.00000	0.00000	0.00204	0.00030	0.00000	0.00000	0.00204	0.00030	0.00000	0.00204	0.00030
Fahrzeugschaffung PW	0.00000	0.00077	0.00087	0.00083	0.00000	0.00082	0.00085	0.00075	0.00000	0.00077	0.00068	0.00032	0.00000	0.00079	0.00087	0.00000	0.00090
Fahrzeugschaffung LNF	0.00000	0.00049	0.00058	0.00059	0.00000	0.00052	0.00059	0.00058	0.00000	0.00052	0.00059	0.00055	0.00000	0.00053	0.00062	0.00000	0.00061
Fahrzeugschaffung SNF	0.00000	0.00042	0.00053	0.00063	0.00000	0.00044	0.00056	0.00067	0.00000	0.00044	0.00056	0.00065	0.00000	0.00055	0.00071	0.00000	0.00070
Total Anschaffung Fahrzeuge	0.00000	0.00169	0.00198	0.00206	0.00000	0.00178	0.00200	0.00200	0.00000	0.00173	0.00183	0.00153	0.00000	0.00187	0.00220	0.00000	0.00221

Ergebnisgrafik Gesamtemissionen (Typ 2 NEU)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
1. direkt / städtische ÖV-Flotte und Fahrzeugflotte \	0.053	0.031	0.017	0.004	0.053	0.028	0.011	0.000	0.053	0.027	0.011	0.000	0.053	0.027	0.011	0.053	0.026
2. direkt / Strassenfahrzeuge Privat und Bahn	0.612	0.482	0.290	0.093	0.612	0.413	0.148	0.000	0.612	0.370	0.108	0.000	0.612	0.396	0.146	0.612	0.395
3. Vorketten / städtische ÖV-Flotte und Fahrzeugflo	0.028	0.029	0.023	0.021	0.028	0.018	0.011	0.010	0.028	0.018	0.012	0.011	0.028	0.018	0.012	0.028	0.019
4. Vorketten / Strassenfahrzeuge Privat sowie Bahn	0.152	0.140	0.112	0.098	0.152	0.108	0.067	0.044	0.152	0.100	0.055	0.032	0.152	0.105	0.068	0.152	0.107
5. übrige / städt. ÖV- und Fahrzeugflotte (Herstellur	0.062	0.063	0.062	0.062	0.062	0.061	0.058	0.057	0.062	0.057	0.049	0.041	0.062	0.059	0.059	0.062	0.060
6. übrige / Strassenfahrzeuge Privat und Bahn (Hers	0.213	0.219	0.227	0.234	0.213	0.207	0.211	0.212	0.213	0.186	0.157	0.110	0.213	0.201	0.208	0.213	0.199

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

KOSTEN

Territorialperspektive (gesamter Verkehr auf Stadtgebiet)

Mehrkosten Anschaffung Fahrzeug in Rp./Fzg-km

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
PW: ICE → BEV	4.8	2.0	0.0	-1.0	4.8	2.0	0.0	-1.0	4.8	2.0	0.0	4.8	2.0
LNF: ICE → BEV	8.4	2.0	0.3	-0.3	8.4	2.0	0.3	-0.3	8.4	2.0	0.3	8.4	2.0
SNF: ICE → FCEV	110.4	30.9	1.9	-6.7	110.4	30.9	1.9	-6.7	110.4	30.9	1.9	110.4	30.9
Bus: ICE → FCEV	90.7	30.8	8.7	0.2	90.7	30.8	8.7	0.2	90.7	30.8	8.7	90.7	30.8

	PW	LNF	SNF	Bus	PW	LNF	SNF	Bus	PW	LNF	SNF	PW	LNF
zugrundegelegte Fahrleistung total (Fzg-km/Jahr)	15'000	18'000	54'000	76'000	15'000	18'000	54'000	76'000	15'000	18'000	54'000	15'000	18'000
zugrundegelegte Nutzungsdauer (Jahre)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Fahrleistung über Lebensdauer (Fzg. km)	180'000	216'000	648'000	912'000	180'000	216'000	648'000	912'000	180'000	216'000	648'000	180'000	216'000
Korrekturfaktor SNF-Fahrleistungen			25%				25%				25%		
Mehrkosten Umstellung auf PHEV ggü. BEV (nur bis	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%

Preise in Rp./kWh

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
Benzin/Diesel	9.7	11.3	12.3	13.3	9.7	12	14	17	9.7	12	14	9.7	12
Strom	20	21	22	24	20	21	22	24	20	21	22	20	21
Wasserstoff	34	29	26	24	34	29	26	24	34	29	26	34	29
zum Vergl.: Benzin/Diesel inkl. Steuern/Abgaben	17.3	18.9	19.9	20.9									

Minderkosten Betrieb exkl. Klimakosten in Rp./Fzg-km (neg. = Einsparung)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
PW: ICE → BEV	-2.8	-2.8	-2.2	-1.2	-2.8	-3.2	-3.1	-2.9	-3	-3	-3	-3	-3
LNF: ICE → BEV	-0.7	-0.8	-0.2	1.0	-0.7	-1.4	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1
SNF: ICE → FCEV	31.1	19.2	12.7	8.3	31.1	17.7	9.2	1.3	31	18	9	31	18
Bus: ICE → FCEV	86.0	57.6	41.2	29.5	86.0	54.4	33.8	14.3	86	54	34	86	54

Minderkosten Betrieb inkl. Klimakosten in Rp./Fzg-km (neg. = Einsparung)

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2020	2030
PW: ICE → BEV	-7	-6	-5	-3	-6.7	-6.3	-4.9	-3.0	-7	-6	-5	-7	-6
LNF: ICE → BEV	-5	-5	-3	-1	-5.4	-5.4	-4.0	-1.6	-5	-5	-4	-5	-5
SNF: ICE → FCEV	20	9	5	3	20.4	8.7	4.0	2.0	20	9	4	20	9
Bus: ICE → FCEV	66	39	25	18	66.4	37.5	24.0	16.5	66	38	24	66	38

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG

SNN 2050

SNN 2050 PLUS

SNN 2040

SNN 2030

Perspektive Stadt als Motorfahrzeug-Besitzerin

Veränderung Fahrleistungen in Mio. Fzg-km/Jahr

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW			
ICE	-2.7	-1.5	-1.6
PHEV	1.4	-0.2	-0.8
BEV	1.2	1.6	2.3
FCEV	0.1	0.1	0.1
Fahrleistungsveränderung total	-0.1	-0.1	-0.1
LNF			
ICE	-1.1	-0.8	-1.2
PHEV	0.7	0.2	-0.7
BEV	0.5	0.6	1.9
FCEV	0.0	0.0	0.0
Fahrleistungsveränderung total	0.1	0.1	0.1
SNF			
ICE	0.0	-0.3	-1.0
PHEV	0.1	0.1	0.2
BEV	0.0	0.1	0.5
FCEV	0.0	0.1	0.4
Fahrleistungsveränderung total	0.1	0.1	0.1

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW			
ICE	-4.6	-0.9	-0.8
PHEV	2.4	-0.9	-1.5
BEV	1.9	1.3	1.8
FCEV	0.1	0.1	0.1
Fahrleistungsveränderung total	-0.2	-0.4	-0.5
LNF			
ICE	-1.9	-0.7	-0.9
PHEV	1.1	-0.2	-0.7
BEV	0.9	0.9	1.6
FCEV	0.0	0.0	0.0
Fahrleistungsveränderung total	0.1	0.0	0.0
SNF			
ICE	-0.1	-0.6	-1.3
PHEV	0.2	0.2	0.2
BEV	0.0	0.2	0.6
FCEV	0.0	0.3	0.5
Fahrleistungsveränderung total	0.1	0.1	0.0

	2020-2030	2030-2040	2040-2050	2020-2030
PW				
ICE	-3.2	-3.1	-0.2	-6.3
PHEV	0.0	0.0	-0.4	0.0
BEV	2.9	2.6	-6.8	5.9
FCEV	0.1	0.1	-0.2	0.2
Fahrleistungsveränderung total	-0.2	-0.4	-7.5	-0.2
LNF				
ICE	-1.8	-1.8	-0.5	-3.6
PHEV	0.1	0.1	-0.2	0.2
BEV	1.7	1.7	-3.6	3.3
FCEV	0.1	0.1	-0.1	0.1
Fahrleistungsveränderung total	0.1	0.0	-4.5	0.1
SNF				
ICE	-1.0	-1.0	-1.2	-2.0
PHEV	0.2	0.3	-0.5	0.5
BEV	0.4	0.4	-0.9	0.8
FCEV	0.4	0.4	-0.9	0.8
Fahrleistungsveränderung total	0.1	0.1	-3.4	0.1

Fahrleistung total je Fahrzeugtyp (Fzg-km/Jahr)

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	9'500.0	10'000.0	10'500.0
LNF	7'000.0	7'200.0	7'400.0
SNF	4'500.0	4'600.0	4'700.0

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	9'500.0	10'500.0	11'500.0
LNF	7'000.0	7'300.0	7'500.0
SNF	4'500.0	4'700.0	4'800.0

	2020-2030	2030-2040	2040-2050	2020-2030
PW	9'500.0	10'500.0	11'500.0	9'500.0
LNF	7'000.0	7'300.0	7'500.0	7'000.0
SNF	4'500.0	4'700.0	4'800.0	4'500.0

Nutzungsdauer total je Fahrzeugtyp (Jahre)

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	12	12	12
LNF	12	12	12
SNF	12	12	12

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	12	12	12
LNF	12	12	12
SNF	12	12	12

	2020-2030	2030-2040	2040-2050	2020-2030
PW	12	12	12	12
LNF	12	12	12	12
SNF	12	12	12	12

Mehrkosten Anschaffung (Mio. Fr.)

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	1.4	0.27	-0.15
LNF	1.6	0.29	0.006
SNF	2.9	2.01	-0.84
	5.9	2.6	-0.99

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	2.4	0.14	-0.062
LNF	2.7	0.27	0.004
SNF	5.0	3.59	-1.001
	10.1	4.0	-1.1

	2020-2030	2030-2040	2040-2050	2020-2030
PW	2.0	0.46	0.566	3.9
LNF	2.9	0.63	-0.015	5.8
SNF	25.4	5.99	1.682	0.0
	30.3	7.1	2.2	9.8

Personen- und Güterverkehr
REFERENZENTWICKLUNG
Mehrkosten Anschaffung (Mio. Fr./Jahr Annuität)

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	0.14	0.026	-0.015
LNF	0.16	0.028	0.0006
SNF	0.28	0.20	-0.082
	0.57	0.25	-0.097

SNN 2050

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	0.23	0.013	-0.0060
LNF	0.27	0.027	0.0004
SNF	0.49	0.35	-0.10
	0.99	0.39	-0.103

SNN 2050 PLUS
SNN 2040

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	0.19	0.045	0.0552
LNF	0.28	0.062	-0.0015
SNF	2.48	0.58	0.16
	2.95	0.69	0.218

SNN 2030

	2020-2030
PW	0.38
LNF	0.57
SNF	0.00
	0.95

Einsparungen Betrieb (Mio. Fr./Jahr)

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
<i>Energiekosteneinsparungen exkl. Klimakosteneinsparung (negativ=Einsparung)</i>			
PW	-0.050	-0.044	-0.045
LNF	0.0049	0.007	0.017
SNF	0.031	0.039	0.038
	-0.015	0.0026	0.009

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.094	-0.065	-0.086
LNF	-0.0023	-0.009	-0.018
SNF	0.033	0.046	-0.037
	-0.063	-0.0281	-0.141

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.101	-0.112	-0.201
LNF	-0.0038	-0.022	-0.257
SNF	0.104	0.049	-0.902
	0.000	-0.0849	-1.361

	2020-2030
PW	-0.188
LNF	-0.0168
SNF	0.184
	-0.021

Klimakosteneinsparung (negativ=Einsparung)

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.067	-0.046	-0.042
LNF	-0.029	-0.021	-0.038
SNF	0.004	-0.018	-0.060
	-0.091	-0.085	-0.140

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.112	-0.037	-0.018
LNF	-0.053	-0.027	-0.017
SNF	-0.003	-0.036	-0.035
	-0.167	-0.100	-0.070

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.113	-0.077	-0.015
LNF	-0.071	-0.056	-0.022
SNF	-0.086	-0.069	-0.089
	-0.271	-0.203	-0.126

	2020-2030
PW	-0.220
LNF	-0.147
SNF	-0.186
	-0.554

Energiekosteneinsparungen inkl. Klimakosteneinsparung (negativ=Einsparung)

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.117	-0.089	-0.087
LNF	-0.024	-0.014	-0.022
SNF	0.035	0.022	-0.023
	-0.106	-0.082	-0.13

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.21	-0.102	-0.10
LNF	-0.055	-0.037	-0.035
SNF	0.031	0.010	-0.072
	-0.229	-0.128	-0.21

	2020-2030	2030-2040	2040-2050
PW	-0.21	-0.189	-0.22
LNF	-0.075	-0.078	-0.279
SNF	0.018	-0.021	-0.992
	-0.271	-0.287	-1.49

	2020-2030
PW	-0.41
LNF	-0.164
SNF	-0.002
	-0.575

Mehrkosten Anschaffung Fahrzeug in Rp./Fzg-km

	2020	2030	2040	2050
PW: ICE → BEV	4.8	2.0	0.0	-1.0
LNF: ICE → BEV	8.4	2.0	0.3	-0.3
SNF: ICE → FCEV	110.4	30.9	1.9	-6.7

	2020	2030	2040	2050
PW: ICE → BEV	4.8	2.0	0.0	-1.0
LNF: ICE → BEV	8.4	2.0	0.3	-0.3
SNF: ICE → FCEV	110.4	30.9	1.9	-6.7

	2020	2030	2040	2020	2030
PW: ICE → BEV	4.8	2.0	0.0	4.8	2.0
LNF: ICE → BEV	8.4	2.0	0.3	8.4	2.0
SNF: ICE → FCEV	110.4	30.9	1.9	110.4	30.9

Minderkosten Betrieb exkl. Klimakosten in Rp./Fzg-km (neg. = Einsparung)

	2020	2030	2040	2050
PW: ICE → BEV	-2.8	-2.8	-2.2	-1.2
LNF: ICE → BEV	-0.7	-0.8	-0.2	1.0
SNF: ICE → FCEV	31.1	19.2	12.7	8.3

	2020	2030	2040	2050
PW: ICE → BEV	-2.8	-3.2	-3.1	-2.9
LNF: ICE → BEV	-0.7	-1.4	-1.5	-1.5
SNF: ICE → FCEV	31.1	17.7	9.2	1.3

	2020	2030	2040	2020	2030
PW: ICE → BEV	-2.8	-3.2	-3.1	-2.8	-3.2
LNF: ICE → BEV	-0.7	-1.4	-1.5	-0.7	-1.4
SNF: ICE → FCEV	31.1	17.7	9.2	31.1	17.7

Minderkosten Betrieb inkl. Klimakosten in Rp./Fzg-km (neg. = Einsparung)

	2020	2030	2040	2050
PW: ICE → BEV	-7	-6	-5	-3
LNF: ICE → BEV	-5	-5	-3	-1
SNF: ICE → FCEV	20	9	5	3

	2020	2030	2040	2050
PW: ICE → BEV	-6.7	-6.3	-4.9	-3.0
LNF: ICE → BEV	-5.4	-5.4	-4.0	-1.6
SNF: ICE → FCEV	20.4	8.7	4.0	2.0

	2020	2030	2040	2020	2030
PW: ICE → BEV	-6.7	-6.3	-4.9	-6.7	-6.3
LNF: ICE → BEV	-5.4	-5.4	-4.0	-5.4	-5.4
SNF: ICE → FCEV	20.4	8.7	4.0	20.4	8.7

11.4.3. Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen, F-Gase – Treibhausgasemissionen auf Stadtgebiet (Kapitel 5)

Prozessenergie in Industrie und Gewerbe, energiebedingte Restemissionen, F-Gase

REFERENZENTWICKLUNG

Territorialperspektive

Endenergieverbrauch total gemäss städtischer Endenergiestatistik (Mio. kWh)

	2020	2030	2040	2050
Heizöl	1'200			
Erdgas	2'100			
Benzin/Diesel	1'200			
Strom	3'000			
Fernwärme	670			

Restwerte Endenergieverbrauch Statistikwerte minus bottom-up-Modelle (Gebäude+Strassenverkehr) (Mio. kWh)

	2020
Heizöl	11
Erdgas	-185
Benzin/Diesel	80
Strom	395
Fernwärme	23

Energiebedingte CO2-Emissionen der Restwerte (t CO2)

	2020	2030	2040	2050	SNN 2050 / 2050 PLUS	2020	2030	2040	2050	SNN 2040	2020	2030	2040	2050	SNN 2030
fossile Energieträger direkt (Treibstoffe)	20'699	18'284	15'869	13'454	20'699	13'799	6'900	0	20'699	13'799	6'900	20'699	13'799		
Treibstoffe/Fernwärme Vorketten	4'816	4'254	3'692	3'130	4'816	3'210	1'605	0	4'816	3'210	1'605	4'816	3'210		
Strom Vorkette	41'831	37'299	32'767	28'235	41'831	27'887	13'944	0	41'831	27'887	13'944	41'831	27'887		

CO2-Emissionen der Restwerte und F-Gase (t CO2 pro EinwohnerIn)

	2020	2030	2040	2050	SNN 2050 / 2050 PLUS	2020	2030	2040	2050	SNN 2040	2020	2030	2040	2050	SNN 2030
fossile Energieträger direkt (Treibstoffe)	0.047	0.037	0.031	0.025	0.047	0.028	0.013	0.000	0.047	0.028	0.013	0.047	0.028		
Treibstoffe/Fernwärme Vorketten	0.011	0.009	0.007	0.006	0.011	0.007	0.003	0.000	0.011	0.007	0.003	0.011	0.007		
Strom Vorkette	0.095	0.076	0.063	0.052	0.095	0.057	0.027	0.000	0.095	0.057	0.027	0.095	0.057		
F-Gase	0.166	0.122	0.077	0.033	0.166	0.116	0.066	0.017	0.166	0.116	0.066	0.166	0.116		
Total	0.319			0.116	0.319			0.017	0.319		0.110	0.319	0.207		
				36%				5%			34%		65%		

11.4.4. Entsorgung (Kapitel 7)

Entsorgung

Einwohner	Quelle: BFS											
	Einheit	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	Prognose: Referenzszenario (Mittleres Szenario)	
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2020	2030
Bevölkerungsstand per 1.1.	Anz.	6'673'850	7'019'019	7'164'444	7'415'102	7'785'806	8'237'666	8'327'126	8'419'550	8'484'130	8'757'600	9'541'500

Daten ex-post	Quelle: National Inventory Report (NIR) Schweiz (2020)										
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Emissionen Schweiz

CRF	Kategorie	Einheit	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	Bemerkungen
	5 Waste		1063.8	870.0	830.1	846.3	776.0	712.7	702.9	689.9	670.8	
	5A Solid waste disposal	kt CO2eq	769.7	577.5	525.0	529.4	438.8	351.6	335.6	319.8	302.6	Annahme: zwischen 2035 und 2040 nähern sich die Emissionen pro Kopf gegen 0 an
	5B Biological treatment of solid waste	kt CO2eq	17.1	23.0	30.7	31.1	30.6	30.7	34.2	34.2	33.7	
	5C Incineration and open burning of waste	kt CO2eq	65.6	44.2	41.0	42.6	41.4	48.4	49.9	50.1	45.9	
	5D Wastewater treatment and discharge	kt CO2eq	211.3	225.3	233.4	243.2	265.2	282.0	283.2	285.8	288.6	N2O reduzieren möglich (ca. 1/3 der CO2eq-Em)
	1 Energy		1676.4	1686.7	2216.6	2489.8	2657.0	2719.0	2834.7	2813.9	2880.7	
	1A1 Energy industries	kt CO2eq	1538.8	1520.9	1996.8	2206.3	2333.2	2407.9	2480.5	2463.0	2508.1	
	1A2f Non-metallic minerals	kt CO2eq	136.5	164.6	218.6	282.5	322.9	310.0	353.1	349.7	371.4	
	1A2g Other boilers and engines industry	kt CO2eq	1.1	1.2	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	
	1A4 Other sectors	kt CO2eq	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	3 Agriculture		26.4	29.2	24.3	15.2	15.9	25.6	27.3	28.1	28.9	
	3D Agricultural soils	kt CO2eq	26.4	29.2	24.3	15.2	15.9	25.6	27.3	28.1	28.9	
	4 LULUCF		6.4	5.5	4.5	3.5	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4	
	4V Incineration forestry	kt CO2eq	6.4	5.5	4.5	3.5	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4	

Emissionen pro Kopf

	Einheit	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
5 Waste	t CO2eq/Person	0.159	0.124	0.116	0.114	0.100	0.087	0.084	0.082	0.079
5A Solid waste disposal	t CO2eq/Person	0.115	0.082	0.073	0.071	0.056	0.043	0.040	0.038	0.036
5B Biological treatment of solid waste	t CO2eq/Person	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
5C Incineration and open burning of waste	t CO2eq/Person	0.010	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005
5D Wastewater treatment and discharge	t CO2eq/Person	0.032	0.032	0.033	0.033	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
1 Energy	t CO2eq/Person	0.251	0.240	0.309	0.336	0.341	0.330	0.340	0.334	0.340
Total	t CO2eq/Person	0.411	0.364	0.425	0.450	0.441	0.417	0.425	0.416	0.419

Entsorgung

Szenarien Quelle: Annahmen INFRAS

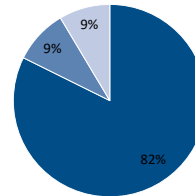
Referenz	Einheit	2020	2030	2040	2050	Annahmen
Verbrennung von Abfällen gesamt	t CO2eq/Person	0.345	0.328	0.310	0.293	Lineare Reduktion um 15% zwischen 2020 und 2050
davon: Sektor Abfall (illegale Verbrennung, Verbrennung Klärschlamm)	t CO2eq/Person	0.005	0.005	0.005	0.005	
davon: Emissionen aus KVA	t CO2eq/Person	0.296	0.281	0.266	0.251	
davon: Emissionen aus Abfallverbrennung in Industrie	t CO2eq/Person	0.044	0.042	0.040	0.037	
Abwasserreinigung und biologische Behandlung von Abfällen	t CO2eq/Person	0.038	0.038	0.038	0.038	Keine Reduktion möglich (allenfalls Reduktion bei N2O, wird jedoch in der Schweiz gem. Econcept 2016 durch Bevölkerungswachstum kompensiert)
Deponien	t CO2eq/Person	0.036	0.024	0.012	-	
Summe	t CO2eq/Person	0.419	0.389	0.360	0.331	
Reduktion vs. 2020			-7%	-14%	-21%	
Szenario Netto-Null 2050	Einheit	2020	2030	2040	2050	Annahmen
Verbrennung von Abfällen gesamt	t CO2eq/Person	0.345	0.253	0.161	0.069	Lineare Reduktion um 80% zwischen 2020 und 2050 (primär Suffizienz-Massnahmen)
davon: Sektor Abfall (illegale Verbrennung, Verbrennung Klärschlamm)	t CO2eq/Person	0.005	0.004	0.003	0.001	
davon: Emissionen aus KVA	t CO2eq/Person	0.296	0.217	0.138	0.059	
davon: Emissionen aus Abfallverbrennung in Industrie	t CO2eq/Person	0.044	0.032	0.020	0.009	
Abwasserreinigung und biologische Behandlung von Abfällen	t CO2eq/Person	0.038	0.038	0.038	0.038	Deponie von brennbaren Abfällen seit 2000 verboten; Emissionen nähern sich bis 2050 linear gegen 0 an
Deponien	t CO2eq/Person	0.036	0.024	0.012	-	
Summe	t CO2eq/Person	0.419	0.315	0.211	0.107	
Reduktion vs. 2020			-25%	-50%	-74%	
Reduktion Zielbild vs. Referenz			-19%	-41%	-68%	

Grafik Kapitel Entsorgung Quelle: NIR Schweiz (2020)

Verbrennung von Abfällen
 Abwasserreinigung und biologische Behandlung von Abfällen
 Deponien

t CO2eq
 t CO2eq
 t CO2eq

2018 t CO₂-Äqu.
 2'914
 322
 303



- Verbrennung von Abfällen
- Abwasserreinigung und biologische Behandlung von Abfällen
- Deponien

Entsorgung

Daten ex-ante

Quelle: Biennial Report Schweiz (Januar 2020)

Zur Information (Emissionen aus Waste gehen gem. Prognosen vom BAFU nicht stark zurück, auch nicht im WAM Szenario)

	Einheit	2020	2030
5 Waste management / waste			
WEM	kt CO2eq	658.5	650.5
WOM	kt CO2eq	826.4	736.4
WAM	kt CO2eq	658.5	650.5
Pro Kopf			
WEM	kg CO2eq	75.19	68.17
WOM	kg CO2eq	94.36	77.18
WAM	kg CO2eq	75.19	68.17

Grafik Kapitel Entsorgung

Gesamtemissionen (Grafik) Referenz	2020	2030	2040	2050
1. Kehrichtverbrennungsanlagen	0.296	0.281	0.266	0.251
2. Abfallverbrennung in der Industrie	0.044	0.032	0.020	0.009
3. Behandlung von Abwasser und Bioabfällen	0.043	0.042	0.041	0.039
4. Deponien	0.036	0.024	0.012	0.000
Total	0.419	0.379	0.339	0.299
Gesamtemissionen (Grafik) SNN 2050	2020	2030	2040	2050
1. Kehrichtverbrennungsanlagen	0.296	0.217	0.138	0.059
2. Abfallverbrennung in der Industrie	0.044	0.032	0.020	0.009
3. Behandlung von Abwasser und Bioabfällen	0.043	0.042	0.041	0.039
4. Deponien	0.036	0.024	0.012	0.000
5. Differenz zur Referenzentwicklung	0.000	0.064	0.128	0.192
Total	0.419	0.315	0.211	0.107

11.4.5. Luftverkehr (Kapitel 6)

Berechnung zu NettoNull Stadt Zürich Luftverkehr

Annahmen	Berechnungen Kerngrößen						
	Ausgangspunkt heute	Referenzentwicklung 20: Zielszenario 2050		Referenzentwicklung 20: Zielszenario 2030		Referenzentwicklung 2040 Zielszenario 2040	
Endenergieverbrauch Kerosin GWh Ho/Jahr Stadt	1100	1'164	867	1'051	1'035	1'106	1'063
Passagiere FGH ZRH in Mio 2019	31.5						
Passagierwachstum CH heute bis 2050	2.25%						
technischer Fortschritt/Jahr	1.50%						
Emissionsfaktor g CO2/kWh Endenergieverbrauch (inkl. Vorketten Energie)	300						
Zahl Einwohner Stadt Zürich	439'000	540'000	540'000	492'900	492900	520'000	520000
Treibhausgaswirkung von Verbrennung Kerosin im Luftverkehr (CO2 und Non-Co2) GWP/RFI-Faktor	2						
Preis ptKerosin um Verhältnis zu Kerosin 2050	2						
Anteil Kerosinkosten an Betriebskosten Airline	30%						
Beimischungsquote 2030 SNN (Prozentpunkte bezogen auf Anteil Kerosinkosten)	3.0%	1.5%					
Beimischungsquote 2040 SNN (Prozentpunkte bezogen auf Anteil Kerosinkosten)	7.5%	3.8%					
Beimischungsquote 2050 SNN (Prozentpunkte bezogen auf Anteil Kerosinkosten)	30.0%	6.0%					
Beimischungsquote 2030 SNN (Prozentpunkte bezogen auf Endenergieverbrauch)	10%	5%					
Beimischungsquote 2040 SNN (Prozentpunkte bezogen auf Endenergieverbrauch)	25%	12.5%					
Beimischungsquote 2050 SNN (Prozentpunkte bezogen auf Endenergieverbrauch)	100%	20%					
Beimischungsquote 2030 Referenz (Prozentpunkte bezogen auf Endenergieverbrauch)	5%						
Beimischungsquote 2040 Referenz (Prozentpunkte bezogen auf Endenergieverbrauch)	12.5%						
Beimischungsquote 2050 Referenz (Prozentpunkte bezogen auf Endenergieverbrauch)	20%						
P-Elastizität Nachfrage Luftverkehr	-1.0						
Co2 Emissionen Flughafen Zürich in tCo2 (2030: 20000. 2040: 10000)	26800	0	0				
Flugticketabgabe ab 2022 in Höhe, dass rund -10% Nachfrage	0	-10%	-10%				

Berechnung zu NettoNull Stadt Zürich Luftverkehr

Ergebnisse				
Referenz: Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äquivalenten Stadt Zürich				
	2020	2030	2040	2050
Direkte energiebedingte Emissionen (CO ₂)	279840	253958	246299	236986
Direkte energiebedingte Emissionen (Non-CO ₂)	279840	267325	281484	296232
Vorketten energiebedingt Fossil	50160	45521	44148	42479
Vorketten energiebedingt Strom PtL/Biotreibstoff	0	12'397	25'825	40'606
Vorketten Flughafen	3467	2595	1369	0
Total	613307	581796	599125	616302
Veränderung 2050 zu heute				0.5%
Referenz: Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äquivalenten pro EinwohnerIn Stadt Zürich				
	2020	2030	2040	2050
Direkte energiebedingte Emissionen (CO ₂)	0.637	0.515	0.474	0.439
Direkte energiebedingte Emissionen (Non-CO ₂)	0.637	0.542	0.541	0.549
Vorketten energiebedingt Fossil	0.114	0.092	0.085	0.079
Vorketten energiebedingt Strom PtL/Biotreibstoff	0	0.025	0.050	0.075
Vorketten Flughafen	0.0079	0.0053	0.0026	0.0000
Total	1.40	1.18	1.15	1.14
Total excl. non-CO2	0.76	0.64	0.61	0.59
Veränderung 2050 zu heute				-22.0%
NettoNull: Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äquivalenten Stadt Zürich				
	2020	2030	2040	2050
Direkte energiebedingte Emissionen (CO ₂)	279840	236928	202888	0
Direkte energiebedingte Emissionen (Non-CO ₂)	279840	263254	270517	260139
Vorketten energiebedingt Fossil	50160	42468	36367	0
Vorketten energiebedingt Strom PtL/Biotreibstoff	0	12680	19529	59815
Vorketten Flughafen	3467	2595	1369	0
Total	613307	557926	530669	319954
Veränderung 2050 zu heute				-47.8%
NettoNull: Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äquivalenten pro EinwohnerIn Stadt Zürich				
	2020	2030	2040	2050
Direkte energiebedingte Emissionen (CO ₂)	0.637	0.481	0.390	0.000
Direkte energiebedingte Emissionen (Non-CO ₂)	0.637	0.534	0.520	0.482
Vorketten energiebedingt Fossil	0.114	0.086	0.070	0.000
Vorketten energiebedingt Strom PtL/Biotreibstoff	0	0.026	0.038	0.111
Vorketten Flughafen	0.0079	0.005	0.003	0
Total	1.40	1.13	1.02	0.59
Total excl. non-CO2	0.76	0.60	0.50	0.11
Veränderung 2050 zu heute				-85.4%

11.4.6. Ernährung (Kapitel 7)

Ernährung

REFERENZENTWICKLUNG

GRUNDMENGEN

Konsumperspektive

zugrundegelegte Wohnbevölkerung der Stadt Zürich

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Anzahl Personen	439'000	492'900	520'000	540'000	439'000	492'900	520'000	540'000

Grundlagedaten

Konsum in der Stadt Zürich

Gemüse	kg pro Person	107	107	107	107	107	100	93	84
Früchte	kg pro Person	61	60	59	59	61	57	53	48
Getreideprodukte	kg pro Person	171	165	160	154	171	148	125	103
Eier und Honig	kg pro Person	13	13	12	12	13	12	11	10
Milch, Milchprodukte	kg pro Person	144	139	135	131	144	140	136	132
Fleisch	kg pro Person	50	47	44	40	50	36	24	13
Fisch	kg pro Person	8	7	7	6	8	6	4	2
Fleischersatz & Sojamilch	kg pro Person	0	4	8	12	0	2	5	6
Fette und Öle	kg pro Person	30	30	29	29	30	29	27	26
Hülsenfrüchte	kg pro Person	1	1	1	2	1	2	2	2
Nüsse	kg pro Person	4	4	5	5	4	5	6	7
Getränke, nicht alkoholisch	kg pro Person	215	211	206	202	215	197	179	161
Getränke, alkoholisch	kg pro Person	94	92	90	88	94	72	52	35
Tabak	kg pro Person	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		899	882	865	847	899	807	718	631

Städtische Beschaffung

Anzahl Menüs	Mahlzeiten pro Jahr	7'000'000	7'859'453	8'291'572	8'610'478	7'000'000	7'859'453	8'291'572	8'610'478
--------------	---------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

SSN 2050 / 2040 / 2030 PLUS

Ernährung

REFERENZENTWICKLUNG

SSN 2050 / 2040 / 2030 PLUS

Treibhausgasemissionsfaktoren

Konsum in der Stadt Zürich

		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
Gemüse	kg CO2 pro kg								
Früchte	kg CO2 pro kg	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
Getreideprodukte	kg CO2 pro kg	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Eier und Honig	kg CO2 pro kg	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	2.7	2.0	1.4
Milch, Milchprodukte	kg CO2 pro kg	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.7	3.3	3.0
Fleisch	kg CO2 pro kg	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	9.5	8.6	7.7
Fisch	kg CO2 pro kg	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Fleischersatz & Sojamilch	kg CO2 pro kg	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Fette und Öle	kg CO2 pro kg	6.6	6.6	6.6	6.5	6.6	5.7	4.8	3.8
Hülsenfrüchte	kg CO2 pro kg	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Nüsse	kg CO2 pro kg	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4
Getränke, nicht alkoholisch	kg CO2 pro kg	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
Getränke, alkoholisch	kg CO2 pro kg	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Tabak	kg CO2 pro kg	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Transport, Vertrieb & Verpacku	kg CO2 pro Person	313	294	274	255	313	244	180	103
Strommix									
Schweiz	kg CO2 eq pro kWh	106	118	93	87	106	118	93	87
International	kg CO2 eq pro kWh	475	447	419	391	475	447	419	391
Städtische Beschaffung									
Menü	kg CO2 pro Menü	1	1	1	1	1	1	1	1

Ernährung

REFERENZENTWICKLUNG

SSN 2050 / 2040 / 2030 PLUS

Total Treibhausgasemissionen pro Einwohnerin

Konsum in der Stadt Zürich

Gemüse	kg CO2 pro Person	34	34	34	33	34	24	14	7
Früchte	kg CO2 pro Person	17	17	16	16	17	13	10	7
Getreideprodukte	kg CO2 pro Person	81	78	73	69	81	70	57	46
Eier und Honig	kg CO2 pro Person	43	42	41	39	43	32	23	14
Milch, Milchprodukte	kg CO2 pro Person	581	563	544	526	581	517	456	398
Fleisch	kg CO2 pro Person	520	487	451	419	520	344	204	99
Fisch	kg CO2 pro Person	30	27	25	23	30	21	14	8
Fleischersatz & Sojamilch	kg CO2 pro Person	0	5	9	13	0	3	5	7
Fette und Öle	kg CO2 pro Person	197	194	192	190	197	164	130	97
Hülsenfrüchte	kg CO2 pro Person	0	0	0	1	0	1	1	1
Nüsse	kg CO2 pro Person	6	6	7	7	6	7	9	10
Getränke, nicht alkoholisch	kg CO2 pro Person	106	104	101	98	106	94	82	70
Getränke, alkoholisch	kg CO2 pro Person	103	100	98	95	103	78	57	38
Tabak	kg CO2 pro Person	1	1	1	1	1	1	1	1
Transport, Vertrieb & Verpackung	kg CO2 pro Person	313	294	274	255	313	244	180	103
Total		2'032	1'953	1'867	1'786	2'032	1'614	1'244	905

Emissionen (t CO2eq pro EinwohnerIn)

		2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
1. Gemüse & Früchte	t CO2 pro Person	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.02	0.01
2. Getreideprodukte	t CO2 pro Person	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06	0.05
3. Tierische Produkte	t CO2 pro Person	0.62	0.60	0.58	0.57	0.62	0.55	0.48	0.41
4. Fleisch & Fisch	t CO2 pro Person	0.55	0.51	0.48	0.44	0.55	0.37	0.22	0.11
5. Pflanzliche Eiweisse	t CO2 pro Person	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
6. Fette & Anderes	t CO2 pro Person	0.20	0.20	0.19	0.19	0.20	0.16	0.13	0.10
7. Getränke	t CO2 pro Person	0.21	0.20	0.20	0.19	0.21	0.17	0.14	0.11
8. Transport, Vertrieb & Verp.	t CO2 pro Person	0.31	0.29	0.27	0.25	0.31	0.24	0.18	0.10
Total	t CO2 pro Person	2.03	1.95	1.87	1.79	2.03	1.61	1.24	0.90

Städtische Beschaffung

1. Städtische Verpflegungsbetrieb	t CO2 pro Person	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
2. Differenz zur Ernährung in der	t CO2 pro Person	2.01	1.93	1.85	1.77	2.01	1.60	1.23	0.90

Konsum in der Stadt Zürich	t CO2	892'108	962'400	970'977	964'655	892'108	795'713	646'649	488'593
Städtische Beschaffung	t CO2	9'567	9'815	9'406	8'815	9'567	8'756	7'142	5'240

11.4.7. Übrige Konsumbereiche (Kapitel 9)

Übrige Konsumbereiche

REFERENZENTWICKLUNG

GRUNDMENGEN

SSN 2050 / 2040 / 2030 PLUS

Konsumperspektive

zugrundegelegte Wohnbevölkerung der Stadt Zürich

	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Anzahl Personen	439'000	492'900	520'000	540'000	439'000	492'900	520'000	540'000

Grundlagedaten

Konsum in der Stadt Zürich

Menge Kleider pro Person	kg pro Person	30	30	30	30	30.0	23.3	16.5	9.8
Fusswerk pro Person	Paar pro Person	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	1.7	1.3	0.9
Heimtextilien	kg pro PErson	3	3	3	3	3.0	2.5	2.0	1.4
Papier	kg pro Person	83	64	50	39	83.0	50	30	18
Karton	kg pro Person	44	44	44	44	44.0	40	36	33
Einrichtungen	kg pro Person	20	20	20	20	20.0	18	16	15
Menge Kleider	kg	13'170'000	14'787'000	15'600'000	16'200'000	13'170'000	11'459'925	8'580'000	5'265'000
Fusswerk	Paare	921'900	1'035'090	1'092'000	1'134'000	921'900	836'698	673'400	481'950
Heimtextilien	kg	1'317'000	1'478'700	1'560'000	1'620'000	1'317'000	1'219'928	1'014'000	769'500
Papier	kg	36'437'000	31'760'188	26'012'000	20'970'574	36'437'000	24'494'747	15'472'252	9'620'109
Karton	kg	19'316'000	21'687'600	22'880'000	23'760'000	19'316'000	19'613'877	18'713'711	17'575'281
Einrichtungen	kg	8'780'000	9'858'000	10'400'000	10'800'000	8'780'000	8'915'398	8'506'232	7'988'764
Menge Kleider total	kg	25'000	28'069	29'613	30'752	25'000	24'867	24'734	24'601
Fusswerk total	Paare	1'750	1'965	2'073	2'153	1'750	1'741	1'731	1'722
Heimtextilien	kg	35'000	39'297	41'458	43'052	35'000	34'814	34'628	34'442
Papier	kg	677'289	621'340	535'593	454'450	677'289	527'267.72	377'246	227'225
Karton	kg	193'160	216'876	228'800	237'600	193'160	177'063	160'967	144'870
Einrichtungen	kg	43'900	49'290	52'000	54'000	43'900	40'242	36'583	32'925

Städtische Beschaffung

REFERENZENTWICKLUNG

SSN 2050 / 2040 / 2030 PLUS

Treibhausgasemissionsfaktoren

Konsum in der Stadt Zürich

Kleider	kg CO2-eq/kg	35	33.8	32.7	31.5	35	30.68	26	22
Schuhe	kg CO2-eq/Paar	30	29.0	28.0	27.0	30	26	23	19
Heimtextilien	kg CO2-eq/kg	30	29.0	28.0	27.0	30	26	23	19
Papier	kg CO2-eq/kg	0.99	1.0	1.0	0.9	0.99	0.9	0.9	0.8
Karton	kg CO2-eq/kg	0.9	0.9	0.9	0.9	0.90	0.8	0.8	0.7
Einrichtungen	kg CO2-eq/kg	20	19.7	19.3	19.0	20.00	18.7	17.4	16.2

Städtische Beschaffung

Kleider	kg CO2-eq/kg	35	33.3	31.5	29.8	35	30.3	25.6	21
Schuhe	kg CO2-eq/Paar	30	28.5	27.0	25.5	30	26.0	21.9	18
Heimtextilien	kg CO2-eq/kg	30	28.5	27.0	25.5	30	26.0	21.9	18
Papier	kg CO2-eq/kg	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6
Karton	kg CO2-eq/kg	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7
Einrichtungen	kg CO2-eq/kg	20	19.3	18.7	18.0	20.0	18.4	16.9	15.3

Total Treibhausgasemissionen

Konsum in der Stadt Zürich

Kleider	kg	460'950'000	500'293'500	509'600'000	510'300'000	460'950'000	351'628'699	226'226'000	116'093'250
Schuhe	Paare	27'657'000	30'017'610	30'576'000	30'618'000	27'657'000	22'005'151	15'218'840	9'108'855
Heimtextilien	kg	39'510'000	42'882'300	43'680'000	43'740'000	39'510'000	32'084'093	22'916'400	14'543'550
Papier	kg	36'072'630	30'918'543	24'893'484	19'722'825	36'072'630	22'693'771	13'351'780	7'690'556
Karton	kg	17'384'400	19'193'526	19'905'600	20'314'800	17'384'400	16'519'788	14'680'906	12'772'835
Einrichtungen	kg	175'600'000	193'874'000	201'066'667	205'200'000	175'600'000	166'866'542	148'291'980	129'018'539
Übriges Konsum		439'000'000	476'470'000	485'333'333	486'000'000	439'000'000	461'683'000	454'133'333	437'400'000

Städtische Beschaffung

Kleider	kg	875'000	933'310	932'802	914'863	875'000	752'852	631'960	512'323.46
Schuhe	Paare	52'500	55'999	55'968	54'892	52'500	45'171	37'918	30'739.41
Heimtextilien	kg	1'050'000	1'119'972	1'119'362	1'097'836	1'050'000	903'423	758'352	614'788.15
Papier	kg	532'349	472'094	392'911	321'478	532'349	381'969	250'061	136'628
Karton	kg	173'844	188'682	192'192	192'456	173'844	146'874	122'174	99'743
Einrichtungen	kg	878'000	952'940	970'667	972'000	878'000	741'788	617'039	503'753
Übriges Konsum		2'195'000	2'382'350	2'426'667	2'430'000	2'195'000	2'308'415	2'270'667	2'187'000

REFERENZENTWICKLUNG

SSN 2050 / 2040 / 2030 PLUS

Total Treibhausgasemissionen pro Einwohnerin

		2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Konsum in der Stadt Zürich									
Kleider	kg CO2-eq/Einw	1'050.0	1'015.0	980.0	945.0	1'050.0	713.4	435.1	215.0
Schuhe	kg CO2-eq/Einw	63.0	60.9	58.8	56.7	63.0	44.6	29.3	16.9
Heimtextilien	kg CO2-eq/Einw	90.0	87.0	84.0	81.0	90.0	65.1	44.1	26.9
Papier	kg CO2-eq/Einw	82.2	62.7	47.9	36.5	82.2	46.0	25.7	14.2
Karton	kg CO2-eq/Einw	39.6	38.9	38.3	37.6	39.6	33.5	28.2	23.7
Einrichtungen	kg CO2-eq/Einw	400.0	393.3	386.7	380.0	400.0	338.5	285.2	238.9
Rest	kg CO2-eq/Einw	1'000.0	966.7	933.3	900.0	1'000.0	936.7	873.3	810.0
Total	t CO2-eq/Einw.J	2.7	2.6	2.5	2.4	2.7	2.2	1.7	1.3
Städtische Beschaffung									
Kleider	kg CO2-eq/Einw	2.0	1.9	1.8	1.7	2.0	1.5	1.2	0.9
Schuhe	kg CO2-eq/Einw	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Heimtextilien	kg CO2-eq/Einw	2.4	2.3	2.2	2.0	2.4	1.8	1.5	1.1
Papier	kg CO2-eq/Einw	1.2	1.0	0.8	0.6	1.2	0.8	0.5	0.3
Karton	kg CO2-eq/Einw	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2
Einrichtungen	kg CO2-eq/Einw	2.0	1.9	1.9	1.8	2.0	1.5	1.2	0.9
Rest	kg CO2-eq/Einw	5.0	4.8	4.7	4.5	5.0	4.7	4.4	4.1
Total	t CO2-eq/Einw.J	0.013	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

11.5. Beiträge UGZ, PKZH und UVZ zur Klimarelevanz der Finanzanlagen der Stadt

11.5.1. Finanzanlagen Stadt Zürich: Gestaltungsspielraum Stadt ZH, erste Handlungs- und Politikansätze (Christine Bächtiger, Sonja Gehrig, UGZ)

Wirtschaftsbetriebe gehören zu den zentralen Verursachern von Umweltbelastungen. Umweltverantwortliches Handeln sollte auch für Wirtschaftsakteure das Gebot der ersten Stunde sein. Wie die bisherigen Entwicklungen zeigen, sind wir weit davon entfernt. Sowohl unsere Konsum- als auch unsere Produktionsmuster sind insgesamt nicht ökologisch und führen zur Überschreitung unserer planetaren Belastbarkeitsgrenzen.

Eine sehr relevante Einflussmöglichkeit besteht bei der Anlage von Geld. Finanzmarktakteure haben einen grossen Einfluss auf das Verhalten der Unternehmen und anderer Wirtschaftsakteure, insbesondere auf deren Handeln mit Auswirkungen auf die Umwelt. Über die Ausleihe von Kapital, die Bewertung von Unternehmen bezüglich Umwelt- und Reputationsrisiken bzw. ihrer Umwelt-, Sozial- und Governance-Performance (ESG) und den Dialog mit den kapitalsuchenden Unternehmen können Finanzmarktakteure eine Steuerungsfunktion in Richtung mehr Nachhaltigkeit einnehmen.

Erste Angaben zur Grössenordnung der durch den Schweizer Finanzmarkt verursachten CO₂-Emissionen lieferte 2015 die Studie «Kohlenstoffrisiken für den Finanzplatz Schweiz». Gemäss der darin vorgenommenen hypothetischen Hochrechnung verursacht der gesamte Fondsmarkt der Schweiz mit 144.7 t CO₂ pro Jahr 2.6 Mal so viele CO₂-Emissionen wie die Schweiz. Für die Pensionskassen wies die Studie energiebedingte Emissionen mit Vorkette von 6.4 t CO₂eq pro Versicherten aus. Der Carbon Footprint der damals einbezogenen Investitionen lag bei durchschnittlichen 173 t CO₂eq pro investierte Million CHF.

Die 2017 veröffentlichte Klimaverträglichkeitsanalyse von 79 Pensionskassen und Versicherungen hat gezeigt, dass die heutigen Investitionen eine Klimaerwärmung von 4 bis 6 Grad Celsius unterstützen, während das Klimaübereinkommen von Paris die Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit begrenzen will.

Eine wichtige Voraussetzung für klimafreundliches Investieren ist die Veröffentlichung der Treibhausgas-Emissionen durch die Unternehmen. Gemäss dem ETHOS-Bericht 2018 taten dies nur 34 Prozent bzw. 50 der 150 Unternehmen des Ethos Engagement-Pools (EEP-Universum) und nur 8% der Unternehmen haben sich sowohl absolute Reduktionsziele (Emissionsreduktion insgesamt) als auch Intensitätsziele (Emissionsreduktion pro Einheit) gesetzt.

Finanzierungs- und Investitionsentscheide können als nachhaltig bezeichnet werden, wenn diese unter anderem Unternehmen fördern, die die Belastbarkeit natürlicher Ressourcen berücksichtigen. Folgende Ansätze können bei einem ökologischen Investmentprozess

angerechnet werden und die Nachhaltigkeitsperformance der Portfolios und der Unternehmen beeinflussen (in der Reihenfolge ihrer quantitativen Bedeutung):

- Negativkriterien (Ausschluss bestimmter Firmen oder Branchen),
- Positivkriterien (Selektion überdurchschnittlich nachhaltiger Firmen und Branchen),
- Nachhaltige Themenanlagen,
- aktive Stimmrechtsausübung,
- Engagement: Dialog mit den Firmen, in welche man investiert.

Mit der Digitalisierung (Big Data, Internet der Dinge, Blockchain und künstliche Intelligenz) eröffnen sich Chancen für die schnellere, breitere und kostengünstigere Integration von Umweltkriterien in Finanzierungs- und Investitionsentscheide. Relevante, zuverlässige, zeitnahe und richtungssichere Umweltdaten, die öffentlich zugänglich sind, können dank digitaler Finanztechnologie in Analysen, Modellierungen und Bewertungen von Umweltrisiken und -chancen integriert werden.

Tabelle 45: Zielbild für institutionelle Anleger

Schlüsselaspekt	Zielbild – Beschrieb	
Offenlegung des Carbon Footprints durch die Unternehmen	Datengrundlagen stehen zur Verfügung	Künftig wird es immer einfacher und kostengünstiger, Produkte und Dienstleistungen mit Ökobilanzierungsdaten zu hinterlegen.
	Entwicklung eines ISO-Standards zur Klimaverträglichkeit	Zur Messung der Klimaverträglichkeit von Finanzportfolien ist ein internationaler ISO Standard (14097) in Entwicklung. Dadurch kann auch die Öffentlichkeit ein einheitliches Bild der indirekten Wirkungen von Finanzierungen und Investitionen auf das Klima erhalten.
	Sensibilisierung der Unternehmen nimmt zu	Unternehmen werden sich der Klimarisiken immer bewusster und beginnen ihren Carbon Footprint auszuweisen. Auch wird die zunehmende Nachfrage nach Anlagen mit tiefem Carbon-Footprint dazu beitragen.
	Carbon-Footprint wird zum Verkaufsargument	Es ist anzunehmen, dass Anleger künftig vermehrt auch den Carbon-Footprint bei Investitionsentscheiden berücksichtigen werden.
CO₂-Reduktionsziele	Absolute Ziele Intensitätsziele	Unternehmen wie auch institutionelle Anleger setzen sich absolute (CO ₂ -Reduktionsziele insgesamt) und/oder Intensitätsziele (CO ₂ -Reduktionsziele pro Einheit).
	Negativkriterien	Ausschluss bestimmter Firmen oder Branchen bezieht sich weiterhin hauptsächlich auf Unternehmen, die sich auch mittels Engagement nicht auf einen klimaverträglichen Zielpfad bringen lassen.
Institutionelle Anleger schöpfen ihren Handlungsspielraum aus	Untergewichtung Sektoren	Untergewichtung von Sektoren, welche in hohem Ausmass vom Dekarbonisierungsprozess betroffen sind (Energie, Versorger, Grundstoffe und Transporte).
	Untergewichtung Firmen	Untergewichtung von Firmen mit einer hohen CO ₂ -Intensität.
	Positivkriterien	Positivkriterien (Selektion einzelner Firmen und Branchen) werden künftig vermehrt angewendet.
	Nachhaltige Themenanlagen	Nachhaltige Themenanlagen in der Schweiz nehmen weiterhin stark zu (2019: 1163 Mia CHF im Vergleich zu 2015: 141 Mia CHF Faktor 10). Investitionen in nachhaltige Themenanlagen nehmen weiter zu.
	Aktive Stimmrechtsausübung Engagement: Dialog mit den Firmen, in welche man investiert	Aktive Stimmrechtsausübung wird in der gleichen Grössenordnung wie heute wahrgenommen. In Zukunft lassen sich zunehmend mehr Firmen über Engagement auf einen umwelt- und klimafreundlicheren Pfad ein.

Tabelle UGZ

Handlungs- und Politikmassnahmenansätze (Erste Ideen)

Stadt Zürich und unabhängige Organisationen PKZH und UVZ

- Impact Investment: Grössere Investitionen konsequent auf ihre Umwelt- und Klimaverträglichkeit prüfen.

- Nachhaltige Immobilien (stadteigene Gebäude und Investments) mit zunehmend verbessertem CO₂-Fussabdruck (Plusenergiegebäude).
- Green Bonds (Finanzmarkt): Nicht nur als Finanzierungsinstrument, sondern auch als Steuerungsinstrument in Richtung nachhaltiges Investieren nutzen, Anforderungen an Green Bonds definieren.
- Verschärfung der Ausschlusskriterien durch Senken der Toleranzschwellen, z.B. für Versorger, deren Stromproduktion zu mehr als einem Fünftel (statt wie heute zwei Drittel) durch Kohle erfolgt.
- Ausrichten der Performance von Aktienportfolio an klimaverträglichen Vergleichsindices wie die MSCI Low Carbon Indexes.
- Mitgliedschaften (UNPRI, Global Compact, Swiss Sustainable Finance, etc.), Netzwerke und eigenes Engagement weiterführen und ausbauen.
- Kommunikation und Erfahrungsaustausch mit anderen Städten, Kantonen und dem Bund.

Finanzmarkt

- Offenlegungsverpflichtung für Unternehmen, sodass eine Risikoabschätzung transparent erfolgen kann. Unternehmen müssten ihre Strategien für den Übergang in eine kohlenstoffarme Wirtschaft aufzeigen, da diese in die Bewertung der Unternehmen einfließen muss.¹⁶⁷
- Vorgabe eines Preiskorridors für CO₂-Preise, mit welchen das 2 °C-Limit / 1,5°-Ziel eingehalten werden kann. Die Erhebung des Preises soll den einzelnen Staaten überlassen werden. Somit könnten politische Rahmenbedingungen mit flexibler Preissetzung zusammenwirken.
- Klimastresstests, um Klimawandelrisiken an Finanzmärkten simulieren zu können und damit auch sichtbar zu machen.
- Aktien-/Portfolio-Performance an einem klimaverträglichen Index ausrichten, wie z.B. die MSCI Low Carbon Indexes. Unterschiedliche klimafreundliche Indices wurden von den marktrelevanten Anbietern MSCI und STOXX analysiert. Die quantitative Analyse zeigt, dass bei nahezu bei allen untersuchten, klimafreundlicheren Indices eine höhere Rendite gegenüber ihrem konventionellen Vergleichsindex aufweisen (10 von 11 Fälle). In 8 von 11 Fällen ergab es auch ein besseres Rendite-Risiko-Verhältnis. Je nach gewählter Indexstrategie lässt sich bei einem vergleichbaren Rendite-Risiko-Profil die Emissionsintensität um 10-90% verringern.¹⁶⁸

¹⁶⁷ Germanwatch e. V. (Hrsg. 2017): Globale Klimakrise: Aufbruch in eine neue Zukunft. Ursachen, Auswirkungen und transformative Wege aus der Klimakrise. Bonn, Berlin.

¹⁶⁸ BAFU (Hrsg. 2016): Klimafreundliche Investitionsstrategien und Performance. Bern.

11.5.2. Finanzanlagen der Pensionskasse der Stadt Zürich PKZH (Michael Haene, PKZH)

Seit November 2019 setzt die PKZH eine Klimastrategie um mit dem Ziel, bis 2024 den CO₂-Footprint ihres Aktienportfolios gegenüber dem Weltaktienindex per 2016 um 50% zu senken. Neben dem bereits seit vielen Jahren verfolgten aktiven Aktionariat – d.h. der Ausübung der Stimmrechte sowie einem laufenden Dialog mit Unternehmen in der Schweiz und im Ausland zu Umwelt- und Klima-, sozialen und Corporate Governance-Themen – umfasst die Klimastrategie folgende Aspekte:

- Ausschluss von Firmen, welche Kohlereserven in ihrer Bilanz aufweisen bzw. Versorger, deren Stromproduktion zu mehr als zwei Drittel durch Kohle erfolgt.
- Untergewichtung von Sektoren, welche in hohem Ausmass vom Dekarbonsierungsprozess betroffen sind (Energie, Versorger, Grundstoffe und Transporte).
- Untergewichtung von Firmen mit einer hohen CO₂-Intensität.
- Ein Teil des Aktienvermögens wird über aktive Mandate investiert, deren CO₂-Fussabdruck markant geringer ist als jener des Aktienindexes.

Diese Massnahmen werden schrittweise umgesetzt. Ein erster, grosser Schritt erfolgte im November 2019, der den Ausschluss der Kohlefirmen, die Untergewichtung der CO₂-ineffizienten Firmen sowie eine leichte Untergewichtung der genannten Sektoren umfasste. Bis 2024 wird die Untergewichtung der Sektoren in zwei Schritten ausgebaut. Die PKZH hat somit Massnahmen beschlossen, die zu einer stetigen Absenkung des finanzierten CO₂-Ausstosses ihrer Aktienanlagen führen werden.

Die PKZH ist eine selbständige öffentlich-rechtliche Stiftung und untersteht dem Bundesgesetz über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVG). Dort ist geregelt, dass der Stiftungsrat für die Anlagestrategie der PKZH zuständig ist und dass ihm diese Aufgabe weder entzogen, noch dass er sie an ein anderes Gremium delegieren kann. Bei der Ausgestaltung der Anlagestrategie muss sich der Stiftungsrat an die Vorgaben des BVG und die relevanten Verordnungen halten. Diese Regulierung stellt die Sorgfalt, die Sicherheit der Erfüllung des Vorsorgezwecks, die Diversifikation sowie einen angemessenen Ertrag in den Vordergrund. Um Risiko und Ertrag optimal aufeinander abstimmen zu können, sind alle relevanten Anlagerisiken und -chancen zu berücksichtigen. Dazu gehören auch die Klimarisiken. Es ist der Stiftungsrat, der in letzter Instanz darüber entscheidet, wie die Klimarisiken und die Ertragschancen einzuschätzen sind.¹⁶⁹

¹⁶⁹ Sie Mitteilungen über die berufliche Vorsorge Nr. 152, Randnummer 1033, Bundesamt für Sozialversicherungen, 6. Mai 2020; <https://sozialversicherungen.admin.ch/de/f/5578>

Der Stiftungsrat besteht aus neun von den Arbeitnehmenden gewählten Vertretungen sowie aus ebenfalls neun von den Arbeitgebenden bestimmten Vertretungen. Von Letzteren werden sieben durch den Stadtrat ernannt und zwei durch die rund 150 angeschlossenen Unternehmen gewählt. Zu den Vertretungen der Stadt gehört von Amtes wegen der Finanzvorstand. Gemäss Gewohnheitsrecht wirkt seit 2003 zudem der Sozialvorstand im Stiftungsrat mit. Die Mitglieder des Stiftungsrates dürfen jedoch gemäss Bundesrecht nicht weisungsgebunden abstimmen. Der Einfluss der städtischen Politik auf die Anlagestrategie der PKZH erfolgt somit im Ergebnis über die beiden im Stiftungsrat vertretenen Mitglieder des Stadtrates.

Während die PKZH beabsichtigt, mit der Klimastrategie den CO₂-Footprint des Aktienportfolios zu reduzieren und im Dialog die zugrundeliegenden Firmen auffordert, ihrerseits angemessene Massnahmen im Hinblick auf das 2°-Ziel des Pariser Übereinkommens zu treffen, ist sie weiterhin auf Anlagen angewiesen, um im Rahmen ihrer Risikofähigkeit die für die langfristige Finanzierung der Leistungen notwendige Sollrendite generieren zu können. Ob die Unternehmenswelt ein Netto-Null-Ziel erreichen kann, hängt nicht zuletzt vom Nachfrageverhalten der Konsumenten sowie den durch die Politik gesetzten Rahmenbedingungen ab. Zurzeit hätte eine Beschränkung der Anlagen auf nur jene Firmen bzw. Sektoren, welche das Netto-Null-Ziel per 2030/40/50 erreichen wollen oder können, gravierende Auswirkungen auf das Rendite-Risiko-Verhältnis der Vermögensanlagen. Dies auch deshalb, weil nur von wenigen Anlagen bereits heute hinreichend gut abschätzbar ist, ob und wann sie das Netto-Null-Ziel erreichen werden. Das zugängliche Anlageuniversum würde deshalb stark eingeschränkt und würde die BVG-Vorgaben nicht erfüllen.

Die Gremien der PKZH nutzen ihre Freiheitsgrade, um die Klimastrategie laufend zu überprüfen und bei Bedarf an neue Entwicklungen anzupassen und auszuweiten. Damit will die PKZH sicherstellen, dass sie mit den Entwicklungen in diesem Bereich Schritt hält und den Klimarisiken im Interesse ihrer Versicherten immer bestmöglich Rechnung trägt. Mit dem aktiven Aktionariat leistet die PKZH zudem seit vielen Jahren einen Beitrag dazu, dass die Firmen Transparenz über ihren Umgang mit dem Klimawandel gewähren und Massnahmen zu einer Reduktion ihres CO₂-Ausstosses ergreifen. Die PKZH nutzt damit zusammen mit anderen grossen Anlegerinnen ihren Einfluss als Miteigentümerin von mehreren Tausend Firmen weltweit. Die PKZH wird jährlich den CO₂-Fussabdruck ihres Aktienportfolios veröffentlichen und kommentieren, erstmalig im Sommer 2020.

11.5.3. Vermögensanlagen der Unfallversicherung Stadt Zürich UVZ unter dem Aspekt «Netto-Null» (Beat Fehr, UVZ)

Rahmenbedingungen für Vermögensanlagen der UVZ

Die UVZ untersteht als beim Bundesamt für Gesundheit (BAG) registrierte öffentliche Unfallversicherungskasse den Finanzierungsvorschriften des Bundes. Hinsichtlich der Vermögensanlagen orientiert sie sich an den Vorschriften der Verordnung über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVV2; Art. 49 ff.). Die Vermögensanlagen der UVZ müssen dementsprechend dem Grundsatz der ertrags- und risikogerechten Vermögensbewirtschaftung genügen. Innerhalb einer auf die Risikofähigkeit und die Ertragsanforderungen abgestimmten Anlagepolitik können Aspekte der Nachhaltigkeit Berücksichtigung finden. Die UVZ erarbeitet jeweils im Rahmen des Asset Liability Managements (ALM) die mit dem Vermögen zu erwirtschaftenden Renditeziele sowie die unter dem Aspekt der Risikofähigkeit zum Einsatz kommenden Anlagekategorien. Bei der Anlage des Vermögens muss die UVZ den Grundsatz der angemessenen Risikoverteilung einhalten. Dies bedeutet, dass die Mittel insbesondere auf verschiedene Anlagekategorien, Regionen und Wirtschaftszweige zu verteilen sind.

Die UVZ hat den Grossteil ihres Vermögens in zwei externen gemischten Vermögensverwaltungsmandaten investiert. Bei beiden Mandaten wird im Rahmen der Vorgaben von Risiko und Ertrag eine bewusst nachhaltige Anlagepolitik verfolgt.

CO₂-Intensität und Carbon Footprint

Für die Berechnung der CO₂-Emissionen von Unternehmen und Organisationen werden grundsätzlich zwei verschiedene Methoden angewendet. Die eine Methode bemisst die jährlichen Treibhausgasemissionen in Tonnen CO₂-Äquivalent (CO₂e) dividiert durch den Umsatz der jeweiligen Unternehmung (CO₂e/\$ Mio. Umsatz). Für Staaten, Regionen und Gemeinden wird anstelle des Umsatzes jeweils das Brutto-Inland Produkt BIP genommen. Die resultierende Kennzahl nennt man die durchschnittliche gewichtete CO₂-Intensität, deren Verwendung von der Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) empfohlen wird, einer vom Finanzstabilitätsrat (FSB) ernannten Organisation, welche Empfehlungen zum Ausweis von klimabezogenen Kennzahlen macht.

Die zweite Methode wird unter dem Begriff Carbon Footprint geführt. Bei ihr wird das CO₂e jeweils durch die Marktkapitalisierung jedes Emittenten dividiert (CO₂e/\$ Mio. investiert).

Im Rahmen der Beurteilung der Nachhaltigkeit eines investierten Portefeuilles spielen CO₂-Emissionen für Anleger unter einer Vielzahl weiterer Kriterien vermehrt eine gewichtige Rolle. Die Schwierigkeit bei der Erhebung der CO₂-Emissionen eines Unternehmens bzw. einer Organisation oder von Staaten, Regionen und Gemeinwesen besteht derzeit darin, dass es für die

Bemessung keine verbindliche Normierung gibt. Dadurch, dass einzelne Anbieter von Kennzahlen zu den CO₂-Emissionen von Unternehmen eine Vorreiter-Rolle übernommen haben, haben sich deren Daten in den letzten Jahren als häufig genutzte Referenzwerte etabliert. Für die CO₂-Emissionen von Unternehmen können beispielsweise «Institutional Services Shareholder Inc. (ISS)», «S&P Trucost Ltd (Trucost).», «Morgan Stanley Capital International (MSCI)» und «Refinitiv Financial Solutions (RFS)» erwähnt werden. Bei Staaten spielen überdies «International Energy Agency (iea)», «Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO)» sowie «Global Footprint Network (GFN)» eine gewichtige Rolle. Der Aspekt der Bemessung von Nachhaltigkeitskriterien ist in den letzten Jahren dermassen in den Vordergrund gerückt, dass sich regelmässig neue Anbieter für die Bewertung von Nachhaltigkeit am Markt positionieren und mehr oder weniger gut etablieren.

Die Vermögensverwalter haben vermehrt ein Interesse, Mandate als speziell nachhaltig am Markt anzubieten, weshalb sie fortlaufend ganze Fachteams aufbauen, um die Nachhaltigkeit von Investitionen zu beurteilen. Der Begriff der Nachhaltigkeit wird dabei von jedem Vermögensverwalter nach dessen eigenen Vorstellungen, Datenquellen und Messkriterien definiert. Durch eigene Ansätze in der Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien wollen diese sich denn auch im Wettbewerb von anderen Konkurrenten abgrenzen. Für die CO₂-Emissionen bedeutet dies dementsprechend, dass die als nachhaltig offerierten Anlagelösungen oft aufgrund unterschiedlicher Referenzwerte bemessen werden.

Für die beiden aktuell von der UVZ vergebenen Mandate wird jeweils die CO₂-Intensität als Kennzahl für CO₂-Emissionen erhoben. Der eine Vermögensverwalter bemisst die Werte nach den Daten von MSCI, der andere nach denjenigen von Trucost und GFN.

Die CO₂-Intensität wird grundsätzlich definiert als ein Mass für den Gesamtbetrag von Treibhausgasemissionen, die – direkt und indirekt – durch eine Aktivität verursacht werden. Das Treibhausgasprotokoll unterscheidet drei Stufen von Treibhausgasemissionen:

- Scope 1 – Direkt erzeugte Treibhausgasemissionen,
- Scope 2 – Indirekte Treibhausgasemissionen durch eingekaufte Energie,
- Scope 3 – Weitere indirekte Treibhausgasemissionen durch Dritte (optional).

Als Ausgangspunkt für die CO₂-Intensität werden meistens die beiden ersten Stufen (Scope 1 & 2 in CO₂-Äquivalenten) gewählt, bei denen die Datenverfügbarkeit gewährleistet werden kann. In einigen Segmenten greifen die Vermögensverwalter auch auf die Daten von Scope 1, 2 & 3 zur Bemessung der CO₂-Intensität zurück.

Die nachstehende Liste gibt Ihnen einen Überblick über die Einteilung der für die Bemessung der CO₂-Intensität analysierten Aktivitäten eines Unternehmens.

Tabelle 46: CO₂-Intensität de analysierten Aktivitäten eines Unternehmens

Scope 1	Scope 2	Scope 3
Fuel combustion Company vehicles Fugitive emissions	Purchased electricity, heat and steam	Purchased goods and services Business travel Employee commuting Waste disposal Use of sold products Transportation and distribution (up- and downstream) Investments Leased assets and franchises

Tabelle UVZ

Während die Bemessung für Scope 1 & 2 Emissionen noch einigermaßen sinnvoll und nachvollziehbar durchgeführt werden kann, öffnet Scope 3 ein dermassen grosses Feld an Interpretationsspielraum darüber, was wie einberechnet werden sollte, dass viele Investoren bei der Bewertung ihres Portefeuilles sich auf die Werte von Scope 1 & 2 beschränken.

Bei der Konsolidierung eines Gesamtportefeuilles hinsichtlich der CO₂-Intensität stellt sich die grundsätzliche Frage, in wie weit es überhaupt sinnvoll ist, Werte von Unternehmen, die sich auf Umsätze beziehen mit denjenigen von Staaten zu vermischen, die sich auf volkswirtschaftliche Grössen wie ein BIP beziehen. Viele Vermögensverwalter beschränken sich deshalb derzeit auch darauf, die CO₂-Intensität nur hinsichtlich des Aktienanteils eines Portefeuilles (allenfalls inkl. Unternehmensanleihen) auszuweisen. Für Immobilienanlagen gibt es zudem kaum oder gar keine sinnvollen Ratings, weshalb diese oft weggelassen und das Gesamt-Portefeuille «hochgerechnet» wird.

Die CO₂-Intensität für die beiden Mandate der UVZ wird derzeit noch unterschiedlich bemessen. Während im einen Mandat eine CO₂-Intensität über das gesamte Mandat (inkl. Immobilienfonds «hochgerechnet») von 86 t CO₂/USD Mio. Umsatz Scope 1 & 2 ausgewiesen wird, verfügt das andere Mandat für Scope 1 & 2 nur über Kennzahlen zum Aktienportefeuille und einem diesbezüglichen Wert von 95 t CO₂/ USD Mio. Umsatz.

Die CO₂-Intensität beider Mandate wird sodann immer in Bezug gesetzt zu denjenigen des gesamten investierbaren Benchmark-Universums. So lässt sich beispielsweise aufzeigen, dass die nachhaltigen Portefeuilles der beiden Mandate der UVZ im Vergleich zum jeweiligen Benchmark-Universum eine um 40-50% tiefere CO₂-Intensität aufweisen.

Aufgrund der vielen Interpretationsspielräume, die derzeit nach wie vor hinsichtlich der Bemessung der CO₂-Intensität bestehen, hat der Anlagenausschuss der UVZ anlässlich der diesjährigen Neuausschreibung eines der beiden Mandate als zusätzliches Bewertungskriterium die Einhaltung des 2-Grad Zieles gemäss Pariser Klimaabkommen vorgegeben. Erfreulicherweise

konnten gewisse Anbieter diese Vorgabe für das von ihnen offerierte Mandat als eingehalten (teilweise sogar als unterschritten) und auch als im Mandat zukünftig mess- und kontrollierbar bestätigen. Viele andere namhafte Anbieter am Markt sahen sich aber ebenso sehr ausserstande, diesen Wert aktuell überhaupt messen zu können. Dies zeigt, wie sehr auch für etablierte Vermögensverwalter Kriterien für die Bemessung von Nachhaltigkeit in vielen Bereichen noch «Neuland» sind.

Die UVZ verfolgt bereits seit 2014 im Rahmen der durch die ALM definierten Vorgaben zu Risiko und Rendite eine bewusst nachhaltige Anlagepolitik. Die CO₂-Intensität ist hierbei nur einer von vielen Faktoren, die bei den Investment-Entscheiden der Vermögensverwalter Berücksichtigung finden sollen. Wie bereits ausführlich dargelegt, bildet die Mess- und Vergleichbarkeit von Daten zur CO₂-Intensität ein nach wie vor weites Feld, in dem viel Interpretations- und Auswahlspielraum besteht. Solange kein klar definierter Standard für die Bemessung von Treibhausgasemissionen von Unternehmen und Staaten, Regionen sowie Gemeinwesen besteht, bleibt es schwierig, einen verlässlichen Wert auszuweisen. Bis dorthin erscheint die Vorgabe des Klimaziels gemäss dem Pariser-Klimaabkommen an ein Mandat als aktuell zielführender. Im historischen Verlauf lässt sich für das Mandat der UVZ allerdings mit Sicherheit sagen, dass die CO₂-Intensität konstant abgenommen hat. Es ist auch weiterhin das Ziel der UVZ, die Bemessung der Treibhausgasemissionen einem einheitlichen Standard zuführen zu können. Die UVZ arbeitet eng mit den Vermögensverwaltern zusammen, um die Daten zur Messbarkeit von Nachhaltigkeitskriterien kontinuierlich zu verbessern. Mit einem investierten Vermögen von rund CHF 150 Mio. hat sie allerdings am Gesamt-Markt kaum genug Gewicht, um Standards zu definieren, geschweige denn diese durchsetzen zu können. Viele ihrer Anliegen hinsichtlich Nachhaltigkeit und Nachhaltigkeitsreporting stossen dennoch auch auf Seiten der Vermögensverwalter immer wieder auf offene Ohren.

Wie bereits erwähnt, fokussiert sich die Anlagepolitik der UVZ auf Investitionen, bei denen das Gesamtportefeuille das Klimaziel des Pariser-Abkommens einhält. In beiden Mandaten wird die CO₂-Intensität auch weiterhin erhoben und soweit möglich einheitlichen Bemessungsgrundlagen zugeführt werden.

«Netto-Null-Emissionen»

Der Weltklimarat zeigt im neusten IPCC-Bericht von 2018 auf, dass die Nettoemissionen auf Null reduziert werden müssen, um die globalen Temperaturen zu stabilisieren. Und dass jedes Szenario, welches keine Reduktion auf Null beinhaltet, den Klimawandel nicht aufhalten würde. Dieses Ziel wurde von der Schweiz, der EU und vielen anderen Staaten im Rahmen des Pariser Abkommens ratifiziert.

Da die Erde bereits auf geringe Änderungen des Anteils an CO₂, Methan und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre stark reagiert, muss der Ausstoss dieser Gase so weit reduziert werden, bis das ganze System wieder im Gleichgewicht ist. Netto-Null bedeutet, dass alle durch Menschen verursachten Treibhausgas-Emissionen durch Reduktionsmassnahmen wieder aus der Atmosphäre entfernt werden müssen und somit die Klimabilanz der Erde netto, also nach den Abzügen durch natürliche und künstliche Senken, Null beträgt. Damit wäre die Menschheit klimaneutral und die globale Temperatur würde sich stabilisieren.

Es gilt dabei jedoch: Je später dieses Ziel erreicht wird, desto höhere Negativemissionen sind nötig.

Auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung im Jahr 1992 in Rio de Janeiro wurde die Klimarahmenkonvention (UNFCCC) mit dem Ziel, die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem tragbaren Niveau zu stabilisieren und damit schwerwiegenden Folgen entgegenzuwirken, verabschiedet. Nach der Ratifizierung durch den 50. Staat trat sie im Jahr 1994 in Kraft.

Die Vertragsstaaten treffen sich in regelmässigen Abständen auf den sogenannten COPs (Conference of the Parties), um das weitere Vorgehen im Klimaschutz zu vereinbaren. Im Jahr 1997 fand dieses Treffen im japanischen Kyoto statt, bei welchem das «Kyoto-Protokoll» als erstes Dokument mit rechtsverbindlichen Begrenzungs- und Reduzierungspflichten für die ratifizierten Industrieländer verabschiedet wurde. Der Geltungszeitraum wurde dabei für die Zeitspanne 2008 bis 2012 (1. Verpflichtungsperiode) und 2013 bis 2020 (2. Verpflichtungsperiode) vorgesehen.

Um den internationalen Klimaschutzprozess nach 2020 aufrechterhalten zu können, bestand die Notwendigkeit eines neuen Klimaabkommens. Dieses wurde 2015 auf der COP in Paris als das «Pariser Abkommen» verabschiedet, das zum ersten Mal ein konkretes Ziel zur Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2°C Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau von 1750 beinhaltet. Hierfür legen die ratifizierten Staaten ihre Reduktionsziele selbst fest, wobei alle fünf Jahre eine Überarbeitung und Verstärkung der Klimaschutzanstrengungen stattfinden soll. Im Oktober 2016 wurde die übliche Anzahl von mindestens 55 ratifizierten Staaten, die für mindestens 55% der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich sind, erreicht, wodurch die Übereinkunft Inkrafttreten konnte.

Um bei Emissionen netto auf Null zu kommen und die Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen, muss CO₂ der Atmosphäre entzogen und dauerhaft gespeichert werden. Dies wird als Kohlendioxidabscheidung (engl. Carbon Dioxide Removal, CDR) bezeichnet. Da es sich hierbei um das Gegenteil von Emissionen handelt, werden diese Verfahren oder Technologien oft als Erzielung «negativer Emissionen» oder «Senken» bezeichnet. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen einer Null bei Nettoemissionen und CO₂-Abscheidung: Je früher die Null

bei den Nettoemissionen erreicht wird, desto weniger CO₂-Abscheidung ist notwendig. Daher variieren die Prognosen zu der im 21. Jahrhundert erforderlichen CO₂-Abscheidung; sie reichen von 100 bis 1'000 Gt CO₂.

Die CDR-Verfahren lassen sich in drei Hauptgruppen unterteilen: biologische, technologische und geochemische Verfahren.

Beispiele für biologische CO₂-Abscheidung (als Erweiterung der natürlichen Senken):

- Aufforstung und Forstwirtschaft, also grossflächige Anpflanzung von Bäumen, die Kohlenstoff in Böden und Biomasse speichern,
- angepasste Bodenbewirtschaftung zur Steigerung der dauerhaften Bindung von Kohlenstoff aus atmosphärischem CO₂ im Erdreich, beispielsweise durch die Renaturierung von Mooren,
- Pyrolyse von Biomasse zu Holzkohle (Biokohle), die Kohlenstoff über viele Jahre im Boden – genauer gesagt: in der Kohle – bindet.

Beispiele für technologische CO₂-Abscheidung:

- direkte Abscheidung von CO₂ aus den Abgasen industrieller Prozesse und Speicherung an anderer Stelle, etwa unterirdisch (engl. Direct Air Capture with Carbon Storage, DACCS) ,
- Nutzung von Bioenergie in Kombination mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung, was bedeutet, Biomasse in Kraftwerken zu verbrennen und das CO₂ so- fort abzuscheiden und unterirdisch zu speichern (Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung, engl. Bio-Energy with Carbon Capture and Storage, BECCS); dieses Verfahren kombiniert biologische und technologische CO₂-Abscheidung.

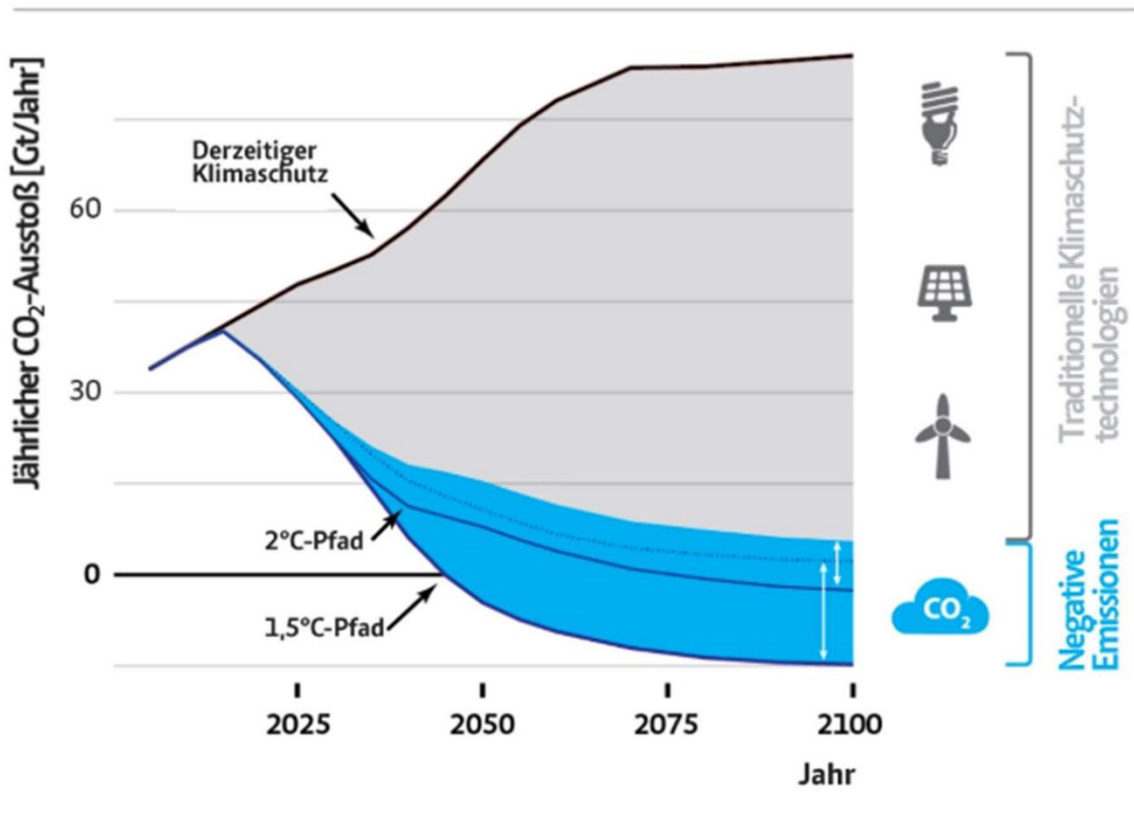
Beispiele für geochemische CO₂-Abscheidung:

- beschleunigtes Verwittern,
- Steigerung der Produktivität der Ozeane.»

Technologische und geochemische Verfahren zur Kohlendioxidabscheidung sind bislang wenig erprobt und allfällige negative Nebenwirkungen für die ökologische und soziale Nachhaltigkeit müssen berücksichtigt werden. Daher sieht z. B. myclimate momentan das höchste Potenzial und das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis bei den biologischen Verfahren, also bei Projekten, die auf bodenbasierten negativen Emissionen beruhen, wie Aufforstung, Bodenbewirtschaftung sowie die Wiederherstellung von Küstenfeuchtgebieten und Mooren.

Doch wird die Erforschung dieser Verfahren weiter vorangetrieben, denn je später das Ziel der Null bei den Netto-Emissionen erreicht wird, desto höher müssen die negativen Emissionen ausfallen.

Abbildung 35: Wie wir die globale Erwärmung unter 2°C halten können



Grafik MCC, Quelle: <https://www.myclimate.org/de/informieren/faq/faq-detail/was-bedeutet-netto-null-emissionen/>

UVZ und «Netto-Null»

Wie bereits erwähnt, hat die UVZ bei der neuesten Mandatsausschreibung als Nachhaltigkeitskriterium die Einhaltung des 2-Grad Klimaziels des Pariser Abkommens als Beurteilungskriterium definiert. Erfreulicherweise konnte das Mandat, das auch aufgrund der übrigen Zuschlagskriterien die beste Bewertung erhielt, nicht nur die Einhaltung des 2-Grad Ziels, sondern darüber hinaus konkret Investitionen kongruent zu einem 1,5-Grad Ziel bestätigen. Auch für künftige Mandatsvergaben wird dieses Ziel als gewichtiges Kriterium beibehalten werden.

Vermögensverwaltungsmandate (gemischte Mandate) werden vom Verwaltungsrat der UVZ auf Antrag des Anlagenausschusses vergeben. Sowohl im Verwaltungsrat wie auch im Anlagenausschuss ist der Grundsatz nachhaltiger Investitionen innerhalb der durch Risiko und Rendite definierten Vorgaben seit Jahren fest verankert.

Abkürzungsverzeichnis

- ARA:** Abwasserreinigungsanlagen
- C:** Chemisches Zeichen für Kohlenstoff
- CH₄:** Chemische Formel für Methan
- ChemRRV:** Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung
- CO₂:** Chemische Formel für Kohlendioxid
- CO₂-Äqu.:** CO₂-Äquivalente
- F&E-Programme:** Programme für Forschung und Entwicklung
- F-Gase:** Fluorierte Treibhausgase.
- FKW:** Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
- GWh:** Gigawattstunden
- GWP:** Global Warming Potential (deutsch: Treibhausgaspotenzial)
- HFKW:** Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe
- IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change
- KVA:** Kehrrichtverwertungsanlage
- LCA:** Life Cycle Analysis, deutsch: Lebenszyklusanalyse
- LNF:** Leichte Nutzfahrzeuge
- LSVA:** Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
- MIV:** Motorisierter Individualverkehr
- MuKE:** Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
- N₂O:** Chemische Formel für Lachgas
- ÖV:** Öffentlicher Verkehr
- PtL:** Power-to-Liquid
- PV:** Photovoltaik
- REF:** Referenzszenario
- RRB:** Regierungsratsbeschluss
- PW:** Personenwagen
- SF₆:** Schwefelhexafluorid
- SNF:** Schwere Nutzfahrzeuge
- SNN:** Szenario Netto-Null
- StL:** Sun-to-Liquid
- THG:** Treibhausgase
- TWh:** Terawattstunden
- VMWG:** Verordnung über die Miete und Pacht von Wohn- und Geschäftsräumen

Glossar

CO₂-Äquivalente, CO₂-Äqu.

Siehe Treibhausgasemissionen.

Emissionen der Vorketten

Produkte verursachen Emissionen auf dem gesamten Lebensweg (Bereitstellung Rohmaterialien, Produktion und Verarbeitung, Nutzung sowie Entsorgung). Dabei entstehen einerseits Emissionen auf Stadtgebiet und andererseits durch die vorgelagerten Prozesse, z.B. bei der Produktion von Textilien oder Nahrungsmitteln im Ausland. Diese vorgelagerten Prozesse werden als Vorketten bezeichnet (siehe Abbildung 5).

Energiebedingte Emissionen

Energiebedingte Treibhausgasemissionen entstehen durch die Nutzung von fossilen Energieträgern (Erdgas, Heizöl, Diesel und Benzin) im Wesentlichen für die Bereitstellung von Wärme zur Gebäudebeheizung und als Treibstoff für die Mobilität. Die Emissionen aus der Nutzung von fossilen Energieträgern entstehen dabei direkt auf Stadtgebiet. Gleichzeitig verursacht auch deren Förderung im Ausland sowie die Lieferung in die Stadt Zürich Emissionen. Letztere werden als «Energiebedingte Emissionen Vorketten» bezeichnet (siehe Abbildung 5).

Energieverbunde / Wärmeverbunde

Ein Energieverbund vernetzt mehrere Gebäude mit Wärmeleitungen. Über dieses Leitungssystem wird Wärme und je nachdem auch Kälte bezogen bzw. ausgetauscht. So können grosse Abwärmquellen aus technischen Prozessen oder Wärme bzw. Kälte aus der Umwelt genutzt werden – zum Beispiel aus Seewasser, Flusswasser, Grundwasser oder gereinigtem Abwasser. Zudem kann durch die Vernetzung unterschiedlich genutzter Gebäude beispielsweise die Abwärme von Rechenzentren für die Wärmeversorgung einer Wohnüberbauung eingesetzt werden.

F-Gase

Der Begriff «F-Gase» steht für fluoridierte Treibhausgase und ist ein Sammelbegriff für teilfluoridierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoff (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃). F-Gase wirken stark klimaerwärmend. Sie werden vor allem als Kältemittel eingesetzt.

Food Waste

Als Lebensmittelabfall (Food Waste) wird derjenige Teil der Nahrungsmittel bezeichnet, die nicht konsumiert werden. Sie gehen in der Wertschöpfungskette verloren, werden weggeworfen oder verderben.

Graue Energie / graue Emissionen

Als graue Energie wird die Energie bezeichnet, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produkts oder einer Dienstleistung benötigt wird. Analog spricht man auch von grauen (Treibhausgas-) Emissionen. Die Berücksichtigung der grauen Energie zeichnet ein realistischeres Bild des Verbrauchs, den der eigene Konsum weltweit verursacht.

Grossverbraucherartikel

Der Grossverbraucherartikel des kantonalen Energiegesetzes (Artikel 13a) hat zum Ziel, dass Unternehmen mit einem hohen Energieverbrauch ihre Energieeffizienz steigern. Als Grossverbraucher gelten Unternehmen mit einem Wärmeverbrauch von mehr als 5 Gigawattstunden oder einem Stromverbrauch von mehr als 0,5 Gigawattstunden pro Verbrauchsstätte und Jahr. Diese Unternehmen müssen ihren Energieverbrauch analysieren und zumutbare Massnahmen zur Verbrauchsreduktion realisieren oder mit der Baudirektion eine Zielvereinbarung abschliessen. Als Richtwert wird eine durchschnittliche Steigerung der Energieeffizienz von 2% pro Jahr erwartet.

Konsumbedingte Emissionen

Durch den Konsum von Produkten wie Nahrungsmittel oder Textilien entstehen Treibhausgasemissionen am Produktionsort. Da viele Güter nicht vor Ort in der Stadt Zürich produziert werden, fallen diese Emissionen nicht auf Stadtgebiet an. Für die Gesamtbetrachtung der Emissionen sind sie jedoch wichtig, da sie durch den Konsum der EinwohnerInnen der Stadt Zürich verursacht werden. Die konsumbedingten Emissionen werden – gemäss Definition in diesem Bericht – zu den übrigen Emissionen gezählt (siehe Abbildung 5).

Lebenszyklusemissionen oder LCA-Emissionen

Die Lebenszyklusemissionen oder LCA-Emissionen bezeichnen die Emissionen von Produkten, Geräten oder Gebäuden, welche über den ganzen Lebensweg (Bereitstellung Rohmaterialien, Produktion und Verarbeitung, Nutzung sowie Entsorgung) entstehen. Die Abkürzung LCA steht für den englischen Begriff «Life cycle assessment» und bezeichnet die systematische Berechnung von Umweltwirkungen von Produkten über deren Lebensweg.

Lebenszyklus von Bauten

Der Lebenszyklus eines Gebäudes umfasst alle Phasen von der Produktion der Baumaterialien und der Erstellung über den Betrieb bis zum Rückbau und zur Entsorgung der Baumaterialien. Beim Energieverbrauch eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus spielt die graue Energie der Baumaterialien eine immer grössere Rolle. Da die Gebäude immer effizienter werden, nimmt der Anteil der Betriebsenergie am Gesamtenergieverbrauch über den gesamten Lebenszyklus ab.

Non-CO₂-Effekte

Non-CO₂-Effekte der Luftfahrt entstehen bei der Verbrennung von fossilem und synthetischem Treibstoff in grosser Höhe. Der Treibhausgaseneffekt der Luftfahrt wird dadurch verdoppelt. Non-CO₂-Effekte können auch durch den Einsatz von synthetischen Kraftstoffen oder Wasserstoff nicht vermieden werden.

Öffentliche Fernwärme

Die öffentliche Fernwärme ist ein Energieverbund, der im Auftrag der öffentlichen Hand betrieben wird und mehrheitlich Abwärme und erneuerbare Energien nutzt. In Zürich gilt aktuell die Abwärmenutzung aus der Kehrrechtverbrennung (inkl. Holzheizkraftwerk) als öffentliche Fernwärme.

Primärenergieverbrauch / Primärenergie-Dauerleistung

Bis die Energie beim Nutzer als Wärme zum Heizen, als Strom für die Beleuchtung oder als Benzin für den Transport ankommt, muss die Energie gefördert, veredelt, transportiert und umgewandelt werden. Der dafür notwendige Energiebedarf wird zur effektiv konsumierten Energiemenge hinzugerechnet und die Summe als Primärenergieverbrauch bezeichnet.

Reboundeffekt

Reboundeffekte entstehen, wenn der Effizienzgewinn beispielsweise durch sparsame Geräte ganz oder teilweise aufgehoben wird, weil dafür leistungsstärkere oder mehr Geräte eingesetzt werden. Ein Beispiel dafür sind immer grössere Fernseh- und Computerbildschirme oder die steigende Zahl technischer Geräte in Haushalten (Smartphones, Tablets etc.).

Stossrichtungen

Stossrichtungen zeigen wie die starke und beschleunigte Reduktion der Treibhausgasemissionen in den einzelnen Themenbereichen erreicht werden können. Übergeordnete

Stossrichtungen der städtischen Energie- und Klimapolitik sind *1. Suffizienz, 2. Effizienz und 3. Konsistenz*. Diese können weiter in Richtung der Schlüsselmassnahmen konkretisiert werden, wie z.B. Reduktion des Flächenverbrauchs pro Kopf, die Verbesserung der Gebäudeeffizienz oder die Dekarbonisierung der Heizungssysteme.

Suffizienz

Suffizienz steht für ein ressourcensparendes Verhalten und Zurückhaltung beim Konsum von Gütern und Dienstleistungen. Suffizienz ist nicht durch technische Massnahmen zu erreichen, sondern erfordert ein Umdenken, Verhaltensänderungen beim Individuum und allenfalls bewusstes Sparen.

Territoriale Emissionen

Die territorialen Emissionen umfassen diejenigen Emissionen, welche auf einer bestimmten Fläche, z.B. auf der Fläche der Stadt Zürich anfallen. Für Informationen zu den Systemgrenzen siehe Kapitel 2.1).

Treibhausgasemissionen

Treibhausgase halten die reflektierte Sonnenstrahlung zurück und sorgen dadurch für eine zusätzliche Erwärmung der Erdatmosphäre. Neben dem wichtigsten Treibhausgas CO₂ gibt es weitere klimarelevante Gase wie Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) oder FCKW. Entsprechend ihrer Treibhauswirkung werden die Emissionen in CO₂-Äquivalente umgerechnet. So können die gesamten, klimarelevanten Emissionen als Treibhausgasemissionen zusammengefasst werden.

Übrige Emissionen

Die übrigen Emissionen umfassen – gemäss Definition in diesem Bericht – die Treibhausgasemissionen, welche durch folgende Quellen anfallen: Materialien Gebäude/Geräte/Verkehr, Ernährung Haushalte auf Stadtgebiet, übriger Konsum Haushalte auf Stadtgebiet (Textilien, Möbel etc.), Personenverkehr Haushalte auf Stadtgebiet ausserhalb der Stadt, Entsorgung und F-Gase auf Stadtgebiet (siehe auch Abbildung 5).

Vermiedene Schadenskosten

Treibhausgasemissionen verursachen Schäden an der Umwelt und indirekt an den Menschen. Diese Schäden können monetär bewertet werden. Vermiedene Schadenskosten stehen somit für eine Vermeidung der monetären bewerteten Schäden als Resultat einer Reduktion von Treibhausgasemissionen.

Vorketten

Siehe Emissionen Vorketten.

Weitere Emissionen

Die weiteren Emissionen – gemäss Definition in diesem Bericht – umfassen unter anderem die Emissionen durch Finanzanlagen, den Erdgasverkauf von Energie360° ausserhalb der Stadt sowie den Treibhausgas-Fussabdruck der Banken (siehe auch Abbildung 5).

Zielbilder

Zielbilder zeigen politikrelevante Netto-Null-Welten auf und konkretisieren diese. Sie stellen je Themenbereich in Eckpunkten dar, wie die Stadt Zürich voraussichtlich «aussehen» wird, wenn die Netto-Null-Zielsetzung erreicht ist.

Literatur

- Akademien Schweiz 2020:** Die Auswirkungen der Flugverkehrsemissionen auf das Klima. Swiss Academies Communications 15 (9)
https://naturalsciences.ch/uuid/5fdd551c-2af9-55be-ad15-21bfb53fa6a1?r=20200527115808_1591187516_3c5d5736-d621-530f-be01-347a3f8d195a
- AWEL 2015:** Emissionskataster Kanton Zürich, Auswertung für die Stadt Zürich.
- BAFU 2014:** Kennzahl Verbraucher-Strommix Schweiz - <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/klimawandel--fragen-und-antworten.html>
- BAFU 2020:** Schweizer Treibhausgasinventar (Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2018). Submission vom April 2020 zu Händen der UN-Klimarahmenkonvention.
<http://www.climatereporting.ch>
- BAFU 2020:** Hintergrundpapier Klimaziel: Netto-Null Treibhausgasemissionen.
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/klimaziel2050-netto-null-treibhausgasemissionen-hintergrundpapier.pdf.download.pdf/Hintergrundpapier%20Netto-Null-Ziel%202050.pdf>
- BAZL 2020:** Faktenmaterial Wege zu fossilfreiem Fliegen
- BDL 2019:** Klimaschutz Report 2019
- Beretta C. & S. Hellweg 2019:** Lebensmittelverluste in der Schweiz: Mengen und Umweltbelastung. Wissenschaftlicher Schlussbericht, Oktober 2019. ETH Zürich (Download: www.bafu.admin.ch/lebensmittelabfaelle)
- BSF Statistik zu Übergewicht:** <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/gesundheit/determinanten/uebergewicht.html>
- BLW 2019:** Agrarbericht 2019. <https://agrarbericht.ch>
- Boston Consulting Group 2017:** Pulse of the fashion industry
- Cox B. and H.J. Althaus 2019:** How to include non- CO₂ climate change contributions of airtravel at ETH Zurich On behalf of the Mobility Platform of ETH Zurich
- Bretscher et al. 2014:** Treibhausgasemissionen aus der schweizerischen Land- und Ernährungswirtschaft
- BSF Statistik zu Übergewicht:** <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/gesundheit/determinanten/uebergewicht.html>
- Cox B. and H.J. Althaus 2019:** How to include non- CO₂ climate change contributions of airtravel at ETH Zurich On behalf of the Mobility Platform of ETH Zurich
- Ecoinvent Datenbank, v3.6** www.ecoinvent.org
- Econcept 2016:** Massnahmenkatalog Klimapolitik 2030 für eine klimaverträgliche Schweiz. Schlussbericht vom 8. Januar 2016

- Ecoplan 2015:** Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030 – Analyse mit einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz, im Auftrag des Bundesamts für Energie, des Bundesamts für Umwelt und der Eidgenössischen Finanzverwaltung
- Ecoplan 2012:** Volkswirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform – Analyse mit einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz im Auftrag des Bundesamts für Energie, der Eidgenössischen Steuerverwaltung und der Eidgenössischen Finanzverwaltung
- Europäisches Parlament 2019:** Entschliessung des Europäischen Parlaments vom 14. März 2019 zum Klimawandel – eine europäische strategische, langfristige Vision für eine wohlhabende, moderne, wettbewerbsfähige und klimaneutrale Wirtschaft im Einklang mit dem Übereinkommen von Paris (2019/2582(RSP)). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0217_DE.html
- ewz 2020:** Elektrizitätswerk der Stadt Zürich: Referenzszenario für die zukünftige Entwicklung der Stromversorgung der Schweiz. Zur Verfügung gestellt von ewz, 8.4.2020.
- Flughafen Zürich 2019:** Luftfahrt und der Klimawandel
- Gemeinderat Stadt Zürich 2019:** Interpellation von Matthias Probst (Grüne) und Markus Kunz (Grüne) vom 11.07.2018: Umsetzung des Klimaabkommens von Paris in Zürich, Positionierung des Stadtrats zum 2-Grad-Ziel, Grundlagen und Massnahmen für die Erreichung des Ziels in der Stadt und den einzelnen Dienstabteilungen. GR 2018/284. <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaef?tglD=48d905e7-ec8b-4749-bf8b-ac0fc6ec1961>
- Gemeinderat Stadt Zürich 2019:** Motion der SP-, Grüne-, GLP- und AL-Fraktion und der Parlamentsgruppe EVP vom 20.03.2019: Festlegung einer stringenten Klimapolitik in der städtischen Verfassung mit dem Ziel einer Reduktion des CO₂-Ausstosses pro Einwohnerin und Einwohner auf Null bis ins Jahr 2030. GR 2019/106. <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaef?tglD=e72ab07f-f1a3-4d59-98c0-62ce473862a9>
- Gemeinderat Stadt Zürich 2019:** Postulat der SP-, Grüne-, GLP- und AL-Fraktion und der Parlamentsgruppe EVP vom 20.03.2019: Bericht über die Ziele und Massnahmen der Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft hinsichtlich dem Ziel einer Reduktion des CO₂-Ausstosses auf Null pro Einwohnerin und Einwohner bis 2030. GR 2019/107. <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaef?tglD=c3c60833-acbc-4159-8efd-7b6bb897149a>
- Gemeinderat Stadt Zürich 2019:** Postulat der FDP-Fraktion vom 10.04.2019: Bericht über die geplanten, möglichen und notwendigen Massnahmen zur Zielerreichung bezüglich 2000-Watt-Gesellschaft, Klimaneutralität bis 2030 und 2050. GR 2019/135. <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detailansicht-geschaef?tglD=d60ea62b-51fe-43b7-a08c-86d28ffbfedd>

- Gonseth C., Thalmann P., Vielle M. 2017:** Energie sparen dank Klimaerwärmung. Die Volkswirtschaft, online, 23.11.2017, <https://dievolkswirtschaft.ch/de/2017/11/thalmann-11-2017/> [29.6.2020]
- Greenhouse Gas Protocol 2020:** Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities. <https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>
- Greenpeace 2018:** Eine Analyse der von CS und UBS finanzierten Emissionen aus fossilen Brennstoffen. <https://www.greenpeace.ch/de/medienmitteilung/8103/schweizer-grossbanken-finanzieren-treibhausgasemissionen-im-grossen-stil/>
- Hasanbeigi, A. & L. Price 2013:** A review of energy use and energy efficiency technologies for the textile industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews
- IATA 2019:** Tourism Economics Air. Passenger Forecasts, April 2019
- ICAO 2018:** ICAO Long-Term Traffic Forecasts. Passenger and Cargo. April 2018
- IES 2019:** <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions>
- INFRAS 2002:** Kosen und Nutzen des Langsamverkehrs, im Auftrag des Bundesamts für Strassen (ASTRA).
- INFRAS 2019:** Finanzielle Auswirkung von Abgaben auf Brennstoffe, Treibstoffe und Flugtickets Rechenbeispiele für ausgewählte Haushalte, Zürich 2019
- INFRAS 2020:** Handlungsfelder zur Dekarbonisierung des Kantons Zürich, Grundlagenstudie im Auftrag Kanton Zürich, Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
- INFRAS/Perspectives 2020:** Negative Emissionen und Kompensationsleistungen – Potentiale, Kosten und mögliche Rolle, im Auftrag Energiebeauftragte der Stadt Zürich und AWEL Kanton Zürich, Juni 2020
- INFRAS/PSI/Quantis 2020:** Umweltauswirkungen von Fahrzeugen im urbanen Kontext, im Auftrag des Umwelt- und Gesundheitsschutzes (UGZ) der Stadt Zürich, Juni 2020
- INFRAS/Rytec 2019:** Beurteilung von ausgewählten Massnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft in der Nutzungsphase, im Auftrag Bundesamt für Umwelt
- INFRAS, Fraunhofer ISI 2010:** Verkehrsträgeranalyse: Kosten, Erträge und Subventionen des Strassen-, Schienen- und Luftverkehrs in Deutschland. Studie im Auftrag der Initiative «Luftverkehr für Deutschland», Zürich/Karlsruhe
- Intraplan 2015:** Entwicklung des Luftverkehrs in der Schweiz bis 2030 – Nachfrageprognose. Intraplan, im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL), München, Juni 2015
- IPCC, 2018:** Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R.

- Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.]. In Press. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Jungbluth N and Ch. Meili 2018:** Recommendations for calculation of the global warming potential of aviation including the radiative forcing index. In: The International Journal of Life Cycle Assessment volume 24, pages 404–411 (2019)
- Jungbluth N., Nathani C., Stucki M.: Leuenberger M. 2011:** Environmental Impacts of Swiss Consumption and Production. A combination of input-output analysis with life cycle assessment. Federal Office for the Environment. Environmental studies no. 1111, Bern
- Jungbluth, N. und Itten, R. 2012:** Umweltbelastungen des Konsums in der Schweiz und in der Stadt Zürich: Grundlagendaten und Reduktionspotenziale. Energieforschung Stadt Zürich. Bericht Nr. 8, Forschungsprojekt FP-1.1. Uster, Juni 2012
- Jungbluth, N., Itten, R., Stucki, M. 2012:** Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotenziale. Im Auftrag des BAFU. Schlussbericht, Uster, 25. Juni 2012.
- Lee D.S. 2019:** The current state of scientific understanding of the non-CO₂ effects of aviation on climate; Manchester Metropolitan University
- Manshoven S, Christis M, Vercauteren A, Arnold M, et al (2019):** Textiles and the environment in a circular economy. Mol, Belgium
- Migros 2019:** Nachhaltige Gewächshäuser. <https://generation-m.migros.ch/de/nachhaltige-migros/aktuelles/news-template/news/nachhaltigkeit/2019/nachhaltige-gewaechshauser.html>
- Moser, S., Schmidt, S., Bader, C., Mack, V., Osuna, E., Holenstein, M. 2016:** Analyse von freiwilligen Angeboten und Initiativen mit Bezug zu suffizienterem Verhalten. Energieforschung Stadt Zürich. Bericht Nr. 52, Forschungsprojekt FP-1.18.
- Prognos 2013:** Energieperspektiven 2050, Prognos, im Auftrag des Bundesamts für Energie.
- Quantis 2018:** Measuring Fashion. Insights from the environmental impact of the global apparel and footwear industries study
- Rausch S., Böhringer C., Kosch M., Landis F., Müller A. van Nieuwkoop R. 2017:** Promotion- or Steering-based Energy Policy: Assessing Efficiency and Distributional Impacts
- Righi M., J. Hendricks and R. Sausen 2016:** The global impact of the transport sectors on atmospheric aerosol in 2030 – Part Aviation; In: Atmos. Chem. Phys., 16, 4481–4495
- RP+K 2019:** Statistischer Jahresbericht 2018 Kennzahlen zur Papierindustrie
- Sajn, N. 2019:** Environmental impact of the textile and clothing industry. Briefing. EPRS (European Parliament Research Service)
- SBV 2018:** Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung (SES) – Nahrungsmittelbilanz.

Stadtratsbeschluss Stadt Zürich 2019: Interpellation von Matthias Probst und Markus Kunz betreffend Umsetzung des Klimaabkommens von Paris in Zürich, Positionierung des Stadtrats zum 2-Grad-Ziel, Grundlagen und Massnahmen für die Erreichung des Ziels in der Stadt und den einzelnen Dienstabteilungen. STRB Nr. 0001/2019 vom 9.1.2019.

https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/geschaefte-des-stadtrates/stadtratsbeschluesse/2019/Jan/StZH_STRB_2019_0001.html

Stadtratsbeschluss Stadt Zürich 2019: Gesundheits- und Umweltdepartement, Petition «Klimastreik», Zuschrift. STRB Nr. 0426/2019 vom 22.5.2019. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/geschaefte-des-stadtrates/stadtratsbeschluesse/2019/Mai/StZH_STRB_2019_0426.html

Stadt Zürich 2014: Stadtverkehr 2025: Strategie für eine stadtverträgliche Mobilität, Zürich.

Stadt Zürich 2016a: Masterplan Umwelt der Stadt Zürich 2017-2020, Zürich.

Stadt Zürich 2016b: Masterplan Energie der Stadt Zürich, Zürich.

Stadt Zürich 2017: Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft, Zürich.

Stadt Zürich 2019: Strategie nachhaltige Ernährung Stadt Zürich

Stadt Zürich 2020: Stromversorgung in einem «Netto-Null»-Szenario. Zur Verfügung gestellt von der Stadt Zürich, 13.5.2020.

Stadt Zürich, Energiebeauftragter 2016: Masterplan Energie der Stadt Zürich, Juni 2016

Stadt Zürich: Suffizienz, Effizienz, Konsistenz. Aufgerufen im Juli 2020. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft/hintergrund/Massnahmen.html

Stadt Zürich: Das 2000-Watt-Konzept. Aufgerufen im Juli 2020. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft/hintergrund/Konzept.html

Stadt Zürich: Treibhausgasbilanz. Aufgerufen im Juli 2020. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/2000-watt-indikatoren/treibhausgasbilanz.html

Swissveg 2017: Veg-Umfrage 2017 - <https://www.swissveg.ch/veg-umfrage>

The Fiber Year 2017: World Survey on Textiles & Nonwovens. Speicher

Umweltbundesamt (Matthey A., Büniger B.) 2019: Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze Stand 02/ 2019

United Nations Environment Programme (2019): Emissions Gap Report 2019. UNEP, Nairobi.

Volmert B. 2011: Border Tax Adjustments: Konfliktpotential zwischen Umweltschutz und Welt-handelsrecht?

World Food Life Cycle Database (WFLDB) v3.4: <https://quantis-intl.com/metrics/databases/wfldb-food/>

WWF 2012: Klimawandel auf dem Teller

WWF 2015: Ökoprofil von Ernährungsmustern <http://esu-services.ch/fileadmin/download/jung-bluth-2015-Ernaehrungsstile-WWF.pdf>