

Netto-Null in der Stadt Zürich. Welche nachhaltigen Transformationen erfordert das Klimaziel Netto-Null?

Falldossier zur Lehrveranstaltung Umweltproblemlösen 2022/2023

Debora Böttcher, Nadia Kuhn, Sahil Oza, Xenia Stocker,
Lukas Wirth und Manuela Zuber (Hrsg.)



Abkürzungen

ACS	Automobilclub
ARA	Abwasserreinigungsanlage
AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kanton Zürich
BV	Bundesverfassung
CI	Cercle Indicateurs
COP	Konferenz der Vertragsparteien
DAC	Direct Air Capture
ERZ	Entsorgung und Recycling Zürich
ewz	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
GTP	Gesellschaftliche Transformationsprozesse
GUD	Gesundheits- und Umweltdepartement, Stadt Zürich
HEV	Hauseigentümerverband
IE	Intelligente Energiesysteme
Ivz	Industrie-Verband Zürich
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NET	Negativemissionstechnologien
NN	Netto-Null
PtG	Power to Gas
PtX	Power to X
PV	Photovoltaik
SH	Stakeholder:innen
TED	Tiefbau- und Entsorgungsdepartement, Stadt Zürich
THG	Treibhausgas
THGE	Treibhausgasemissionen
TL	Technologische Lösungen
UNFCCC	Rahmenabkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen
VBZ	Verkehrsbetriebe Zürich
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
ZVV	Zürcher Verkehrsverbund

Inhalt

Inhalt	1
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	2
Vorwort	3
Beteiligte in der Lehrveranstaltung Umweltproblemlösen I	3
1 Einleitung	4
2 Vorgehensweise	5
3 Teilanalyse Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich	6
4 Teilanalyse Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung	12
5 Teilanalyse Klimawandel im Kontext von Nachhaltigkeit	18
6 Teilanalyse Technologische Lösungen für Netto-Null	24
7 Teilanalyse Gesellschaftliche Transformationen für Netto-Null	32
8 Rechtliche Grundlagen	38
9 Stakeholder:innen	41
10 Referenzen	43
Anhang	51

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: Absenkpfad für direkte und indirekte Emissionen	4
Abbildung 2: Anteile der Sektoren an den totalen Treibhausgasemissionen in den Jahren 1990 und 2020	6
Abbildung 3: Treibhausgasemissionen 2019 im Kanton Zürich aufgeschlüsselt nach Anteilen pro Sektor	7
Abbildung 4: Direkte und Indirekte Emissionen der Stadt Zürich	7
Abbildung 5: Beobachtete Veränderungen seit 1864	8
Abbildung 6: Veränderung der Ernteeinbussen in der Schweizer Landwirtschaft	9
Abbildung 7: Gefahrenkarte Hochwasserrisiko in Zürich	9
Abbildung 8: Diagramme bezüglich der Primärenergie und Treibhausgasbilanz der Stadt Zürich	14
Abbildung 9: Verkehrsentwicklung Stadt Zürich	15
Abbildung 10: Die 17 Sustainable Development Goals der UNO	18
Abbildung 11: Geplante Velorouten in Zürich	19
Abbildung 12: Strategische Stossrichtung der Velostrategie 2030	20
Abbildung 13: VBZ-Busflotten nach Antriebsart	20
Abbildung 14: Eigentumsverhältnisse in der Stadt Zürich	21
Abbildung 15: Treibhausgasemissionen Stadt Zürich nach Energiequelle von 1990–2020	25
Abbildung 16: Primärenergiebilanz Stadt Zürich von 1990–2020	26
Abbildung 17: Funktionsprinzip Wärmepumpe	27
Abbildung 18: Wärmeproduktionsanlagen	28
Abbildung 19: Fernwärmenetze in der Stadt Zürich im Jahr 2040	28
Abbildung 20: Modalsplit und Treibstoffverbrauch in GWh/a der Stadt Zürich	29
Abbildung 21: Energieträgermix im Wohnungsbestand und in Neubauten	29
Abbildung 22: Funktionsweise PtG-Anlage	30
Abbildung 23: Idealtypischer Verlauf von Transformationen	32
Abbildung 24: Modell zur Rolle der Emotionen in der Erreichung von Partizipation	34

Tabellen

Tabelle 1: Verschiedene Ansätze für Suffizienzstrategien	35
Tabelle 2: Übersicht zu den eidgenössischen Gesetzen	39
Tabelle 3: Übersicht zu den Gesetzen des Kantons Zürichs	39
Tabelle 4: Übersicht zu den Gesetzen der Stadt Zürich	40
Tabelle 5: Übersicht der Stakeholder:innen	41
Tabelle A1: Gruppeneinteilungen der Teilanalysegruppen	51

Vorwort

Im Herbstsemester 2022 begann die Vorlesung «Umweltproblemlösen» mit einer Fallstudie zum Thema «Netto-Null in der Stadt Zürich. Welche nachhaltigen Transformationen erfordert das Klimaziel Netto-Null?». Im Rahmen dieses übergeordneten Themas wurden die Studierenden im ersten Semester des Studiengangs Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich jeweils einer von fünf Teilanalysen (TA) zugeteilt. Die Studierenden haben in Projektgruppen von vier bis sechs Personen zu ihren zugewiesenen Themen recherchiert und ihre Erkenntnisse in einem Bericht zusammengetragen. Das vorliegende Falldossier fasst das gesammelte Fachwissen aus den Berichten zur Fallstudie zusammen

und dient den Studierenden insbesondere als Grundlage für die Prüfung dieser Lehrveranstaltung.

Das Falldossier wurde von den Tutorierenden Debora Bötticher, Nadia Kuhn, Sahil Oza, Xenia Stocker, Lukas Wirth und Manuela Zuber auf Grundlage der Arbeiten der Studierenden zusammengestellt. Die Autor:innen der Teilanalysen sind im Anhang aufgelistet.

Wir wünschen viel Spass beim Lesen und eine erfolgreiche Prüfungsvorbereitung!

Beteiligte in der Lehrveranstaltung Umweltproblemlösen I

Dozierende

Christian Pohl, Marlene Mader, Carole Rapo

Tutorierende

Suban Biixi, Debora Bötticher, Paul Condrau, Jimmy Kochupampil, Nadia Kuhn, Annika Müller, Sahil Oza, Xenia Stocker, Lilja Timcke, Mauro Vareni, Lukas Wirth, Manuela Zuber

Mitglieder der UPL Begleitgruppe

ETH extern

Jonas Fricker (Fallpartner; Projektleiter Klimaschutz, Fachbereich Klimaschutz Netto-Null im Umwelt- und Gesundheitsschutz der Stadt Zürich), Olmar Albers (Geschäftsleiter des öbu – Verband für nachhaltiges Wirtschaften), Cyril Brunner (Post-Doc am Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich), Zoe Stadler (Präsidentin des Vereins Klimastadt Zürich und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Energietechnik, Ostschweizer Fachhochschule), Dominik Waser (Gemeinderat der Grünen Stadt ZH, aktiv in der Klimabewegung, Mitgründer von grassrooted)

ETH intern

Vertreter:innen der Dozierenden (Christian Pohl, Marlene Mader), Tutorierenden (Mauro Vareni, Debora Bötticher), und Studierenden (Emma Hilgenstock, Laurence Kamber)

Expert:innen der Teilanalysen

Teilanalyse Ursache und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich: Cyril Brunner (Post-Doc am Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich)

Teilanalyse Strategie für Klimaschutz und Klimaanpassung: Patrick Jiranek (Projektleiter Klimaschutz beim Umwelt- und Gesundheitsschutz der Stadt Zürich)

Teilanalyse Klimawandel im Kontext von Nachhaltigkeit: Thomas Wirth (Projektleiter Biodiversität bei WWF Schweiz)

Teilanalyse Technologische Lösungen für Netto-Null: Zoe Stadler (Präsidentin des Vereins Klimastadt Zürich und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Energietechnik, Ostschweizer Fachhochschule)

Teilanalyse Gesellschaftliche Transformationsprozesse für Netto-Null: Dominik Waser (Gemeinderat der Grünen Stadt ZH, aktiv in der Klimabewegung, Mitgründer von grassrooted)

Weitere Beteiligte an der ETH Zürich

Urs Brändle, Raymond Grenacher, Bettina Etzel, Miklos Frank, Andreas Müller, Carmenza Robledo Abad Althaus

1 Einleitung

Die Stadt Zürich nimmt aus gesellschaftlicher, kultureller und wirtschaftlicher Sicht eine wichtige Rolle in der Schweiz ein. Über 400 000 Zürcher:innen leben in der kleinen, aber dynamischen Metropole. Besonders stolz ist die Stadt auf ihre Diversität bezüglich Lebensstilen und Mentalitäten, auf ihre Weltoffenheit und auf ihr fruchtbares Miteinander von verschiedenen Nationalitäten und Kulturen (vgl. Stadt Zürich, 2023m).

Bis 2040 soll die Stadt Zürich das Klimaschutzziel Netto-Null (NN) erreichen. Die Stadtverwaltung strebt sogar an bis 2035 klimaneutral zu werden. Da der Begriff Netto-Null in der Praxis von verschiedenen Stakeholder:innen unterschiedlich verwendet wird und diese den Begriff je nach Kontext unterschiedlich auslegen, soll hier festgehalten werden, dass diesem Dossier die folgende Definition des IPCC zugrunde liegt:

«Net zero greenhouse gas emissions: Condition in which metric-weighted anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions are balanced by metric-weighted anthropogenic GHG removals over a specified period. The quantification of net zero GHG emissions depends on the GHG emission metric chosen to compare emissions and removals of different gases, as well as the time horizon chosen for that metric» (IPCC, 2021, S. 2240). Es geht also darum, dass die verursachten Treibhausgasemissionen (THGE) über einen bestimmten Zeitraum hinweg durch den Abbau dieser in Summe ausgeglichen werden.

Für Zürich bedeutet dies, dass sie auf städtischem Gebiet NN bis 2040 erreichen möchte. Dabei sollen die direkten THGE so weit wie möglich reduziert und der verbleibende Rest durch Negativemissionen kompensiert werden (Stadtrat Zürich 2021, S. 8–9). Erstmals verfolgt die Stadt Zürich auch ein Reduktionsziel für Treibhausgasemissionen ausserhalb der Stadtgrenze. Diese Vorhaben erreichten im Jahr 2022 eine Zustimmung der Bevölkerung von rund 75 Prozent. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen verschiedene Massnahmen möglichst bald umgesetzt werden. Die meisten Massnahmen, welche sich mit den THGE im städtischen Einflussbereich befassen, sollen bis 2035 realisiert werden. Die Stadt Zürich verpflichtet sich dazu, Massnahmen umzusetzen, welche zu einem mindestens linearen Absenkepfad führen (siehe Abbildung 1) und jährlich einen Zwischenbericht diesbezüglich zu publizieren. Sollte die Reduktion nicht wie geplant erfolgen, werden weitere Massnahmen ergriffen, um dies zu korrigieren (GUD, 2023g).

Die Studierenden haben sich der Thematik NN bis 2040 in der Stadt Zürich anhand von fünf verschiedenen Teilanalysen angenähert. Die räumliche Systemgrenze stellt die Zürcher Stadtgrenze dar, der zeitliche Horizont liegt zwischen den Jahren 2022 und 2040. Gibt es Abweichungen von diesen räumlichen und zeitlichen Grenzen, wird dies jeweils in den betroffenen Teilanalysen vermerkt.

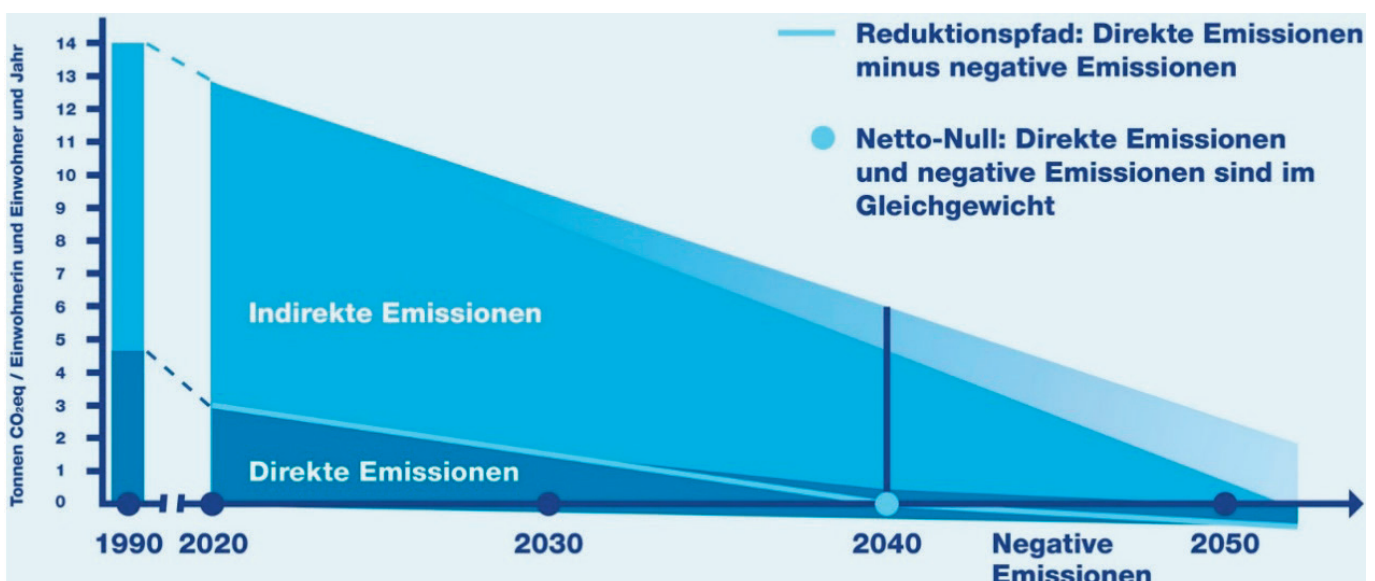


Abbildung 1
Absenkepfad für direkte und indirekte Emissionen (GUD, 2023a)

Die Teilanalysen und die darin behandelten Fragestellungen wurden in Zusammenarbeit mit der Begleitgruppe der Lehrveranstaltung und Expert:innen des Fallthemas definiert. Sie enthalten die Themen Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich, Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung, Klimawandel im Kontext von Nachhaltigkeit, technologische Lösungen für NN sowie gesellschaftliche Transformationsprozesse für NN.

Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse dieser Teilanalysen. Nachdem das methodische Vorgehen erläutert wird, werden die spezifischen Fragestellungen und Resultate der jeweiligen Teilanalyse behandelt. Anschliessend folgen eine Diskussion und eine Schlussfolgerung zu den jeweiligen Ergebnissen. Die betroffenen Stakeholder:innen werden in den Kapiteln zu den Teilanalysen erwähnt und am Ende des Berichts zusammenfassend dargestellt. Da sich Teile der rechtlichen Grundlagen der Teilanalysen überschneiden, wurden die gesetzlichen Bestimmungen in einem separaten Kapitel zusammengefasst.

2 Vorgehensweise

Die Literaturrecherchen der Teilanalysegruppen stützten sich hauptsächlich auf Online-Suchmaschinen für wissenschaftliche Artikel (z.B. ETH Bibliothek, NEBIS, Web of Science, Google Scholar) sowie der in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellten Literatur. Auch Webseiten und Publikationen der Stadt Zürich sowie kantonalen und Bundesämtern stellten eine wichtige Ressource dar. Die Schneeballmethode sowie systematisches Suchen wurden angewendet (vgl. Krämer, 1995). Eine weitere wichtige Informationsquelle waren Fachexpert:innen, welche bei Einführungsvorträgen und Fragestunden befragt werden konnten. Zudem erhielten die Studierenden auf der Exkursion im November 2022 von verschiedenen lokalen Expert:innen Einblicke in Teile des Fallgebiets und der Fallthemen.

Jede Teilanalysegruppe führte basierend auf dem Konzept von Ackermann & Eden (2011) eine Stakeholderanalyse durch, um die relevanten Interessensgruppen zu identifizieren und deren Beziehungen zu erkennen. Für diese Arbeit sind Stakeholder:innen Personen oder Institutionen, die das Ziel verfolgen, das Klimaziel NN in der Stadt Zürich zu fördern oder durch dieses unterstützt oder behindert werden, ihre eigenen Ziele zu erreichen.

Als zentrale Herausforderung der Arbeit gilt der Umgang mit widersprüchlichen Aussagen von Stakeholder:innen und der Literatur. Ebenso liess sich teilweise keine spezifische Literatur für die Stadt Zürich finden, sodass regionale und nationale Quellen, wie Berichte kantonalen Ämtern und des Bundes, Zeitungen, Websites, Medienmitteilungen und Entwicklungspläne als Referenz verwendet wurden.

3 Teilanalyse Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich

3.1 Einleitung

In der Teilanalyse «Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadt Zürich» geht es um die Frage, wo die Emissionen im Stadtgebiet entstehen und welche Folgen der Klimawandel für die Stadt haben wird. Konkret haben sich die Studierenden der Teilanalyse mit der Fragestellung «*Welche Bedeutung haben die Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels für die Stadt Zürich und welche Herausforderungen ergeben sich daraus?*» beschäftigt (UPL ETH Zürich, 2022). Räumlich haben sich die Studierenden dabei auf das Stadtgebiet Zürich beschränkt, wobei für einige Aussagen und Vergleiche Daten aus dem Kanton oder der gesamten Schweiz benötigt wurden. Zeitlich haben sie sich auf den Zeitraum 1990 bis 2040 beschränkt, da bei den Ursachen viele Werte mit 1990 verglichen werden und die Stadt Zürich bis 2040 klimaneutral werden möchte. Im Ergebnisteil werden in dieser Reihenfolge das Ziel der Stadt CO₂-neutral zu werden, die Ursachen des Klimawandels in der Stadt Zürich, dessen Auswirkungen auf die Stadt Zürich und die wichtigsten Stakeholder:innen behandelt. Bei den Auswirkungen wird vertieft auf die Themen Versorgungssicherheit, Raumplanung, Biodiversität und soziale Gerechtigkeit eingegangen.

3.2 Resultate

3.2.1 Das Netto-Null-Ziel der Stadt Zürich

Die Stadt Zürich hat sich selbst das Ziel gesetzt bis im Jahre 2040 Netto-Null THGE zu erreichen. Dies macht sie als Reaktion darauf, dass die bisherige Reduktion unzureichend ist, um das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaabkommens zu erreichen. Ausserdem möchte die Stadt Zürich bis zum gleichen Jahr die indirekten Emissionen um 30% senken (vgl. GUD, 2021).

In der Wissenschaft gibt es jedoch auch die Forderung keine Jahreszahl bis zur Klimaneutralität festzulegen, sondern ein Budget wieviel THG noch maximal ausgestossen werden dürfen. Um die globale Erwärmung unter 2 Grad und somit im Einklang mit dem Pariser Klimaabkommen zu halten, dürfen ab 1990 noch 1 411 Mrd. t CO₂ emittiert werden. Unter Berücksichtigung des weltweiten Bevölkerungsanteils der Schweiz und ihren historischen

Emissionen darf die Schweiz ab 2015 noch 0,45 Mrd. t CO₂ emittieren. Bei einem linearen Zielpfad mit einer jährlichen CO₂-Ausstossreduktion von 3,6% müsste die gesamte Schweiz bis 2038 Netto-Null erreichen (Vieli et al., 2017).

3.2.2 Ursachen des Klimawandels

Treibhausgasemissionen und die damit verursachte Erwärmung zählen zu den Hauptursachen des Klimawandels. Die Sonne strahlt kurzwellige Strahlen auf die Erde, welche diese erwärmen und dazu führen, dass die Erde wiederum langwellige Strahlung abgibt. Treibhausgase (THG) absorbieren einen Teil dieser langwelligen Strahlung und geben sie in eine zufällige Richtung wieder ab, wodurch ein Teil zurück zur Erde gelangt. Ohne diesen natürlichen Prozess wäre ein Leben auf der Erde nicht möglich. Seit Beginn der Industrialisierung nimmt wegen der Menschen der Anteil an THG in der Atmosphäre zu. Dadurch wird mehr Strahlung zur Erde zurückreflektiert und es gibt einen Temperaturanstieg. Hierbei wird dann vom anthropogenen Treibhauseffekt gesprochen (vgl. WWF Schweiz, 2023).

Folgende Ausführungen beziehen sich auf die THGE auf nationaler, kantonaler und städtischer Ebene.

Nationale Ebene Schweiz

In Abbildung 2 sind die THGE der verschiedenen Sektoren auf nationaler Ebene ersichtlich. Zur Vergleichbarkeit wurden bei allen Emissionen CO₂-Äquivalente genutzt. Im Folgenden wird genauer auf die unterschiedlichen Sektoren eingegangen, wobei der Sektor Abfall und die synthetischen Gase auf der Bundesebene weglassen werden, da sie nur einen kleinen Anteil haben.

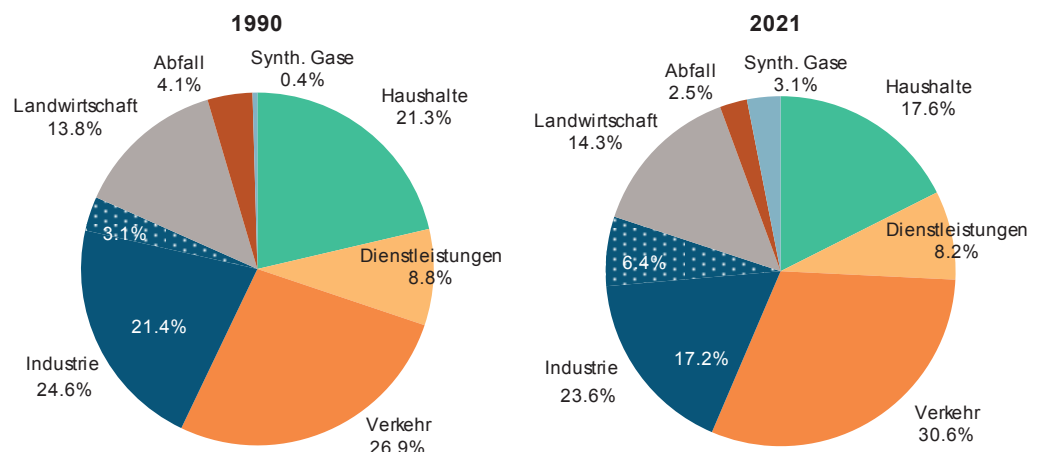


Abbildung 2

Anteile der Sektoren an den totalen Treibhausgasemissionen in den Jahren 1990 und 2021. Haushalte und Dienstleistungen bilden zusammen den Sektor Gebäude. Beim Sektor Industrie zeigt der mit Punkten ausgefüllte Teil die Emissionen aus der Abfallverbrennung in Kehricht- und Sondermüllverbrennungsanlagen sowie die Emissionen aus der Nutzung von Abfällen als alternativer Brennstoff (BAFU, 2023a, S. 9)

Verkehr

Mit 30.6% hat der Sektor Verkehr den grössten Anteil an den gesamten THGE der Schweiz. Die Emissionen stammen hauptsächlich in Form von CO₂ aus der Verwendung von Treibstoffen wie Benzin und Diesel. Erdgas und Flugpetrol haben nur einen kleinen Anteil, da internationaler Flug- und Schiffverkehr nicht Teil dieser Erfassung ist. Der Personenverkehr macht mit mehr als zwei Dritteln den grössten Anteil aus, gefolgt vom Güterverkehr, dem nationalen Flugverkehr und übrigem Verkehr (ÖV, Pipeline-transporte und dem Militär inkl. militärische Flüge) (vgl. BAFU, 2023a, S. 16).

Gebäude (Haushalte und Dienstleistungen)

Haushalte und Dienstleistungen tragen aktuell zusammen 25.8% zu den totalen THGE der Schweiz bei. Bei ihnen fallen die Emissionen hauptsächlich in Form von CO₂ an, welches beim Verbrauch von fossilen Brennstoffen für die Gebäudeheizung und Warmwasseraufbereitung anfällt. Seit 1990 weisen die Haushalte einen rückläufigen Anteil an den Gesamtemissionen aus. (vgl. BAFU, 2023a, S. 12–14).

Industrie

Im Industriesektor hat sich der Anteil an den THGE zwischen 1990 und 2022 kaum verändert. Auch in diesem Sektor sind die meisten Emissionen CO₂, welches durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern, die Verbrennung von Abfällen und die Produktion von Zement entsteht (vgl. BAFU, 2023b).

Landwirtschaft

Der letzte grosse und wichtige Sektor, der hier thematisiert wird, ist die Landwirtschaft. Sie trägt 14.3% zu den nationalen THGE bei. Es handelt sich hierbei grösstenteils um Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O). Die hohe Düngernutzung und die Viehhaltung tragen dazu bei, dass CH₄ 60.4% der ganzen THGE in der Landwirtschaft ausmachen. Es hat zwischen 1990 und 2022 eine kleine Reduktion der THGE stattgefunden, in Abbildung 2 ist jedoch ersichtlich, dass ihr Anteil an den Gesamtemissionen gestiegen ist (vgl. BAFU, 2023c).

Kantonale Ebene Zürich

In Abbildung 3 sind die Anteile der verschiedenen Sektoren an den THGE des Kanton Zürichs aufgeführt. Gleich wie auf nationaler Ebene haben die beiden Sektoren Verkehr und Gebäude den grössten Anteil an den THGE. Der individuelle Anteil der beiden Sektoren ist jedoch deutlich grösser als auf nationaler Ebene. Dafür spielen Industrie und vor allem die Forst- und Landwirtschaft auf kantonaler Ebene eine kleinere Rolle (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3).

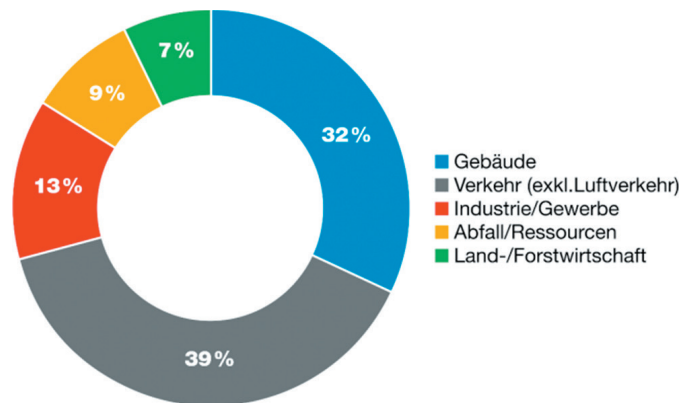


Abbildung 3 Treibhausgasemissionen 2019 im Kanton Zürich aufgeschlüsselt nach Anteilen pro Sektor, Total 5,6 Mio. t CO₂-eq. (AWEL, 2023)

Städtische Ebene Zürich

In Abbildung 4 sind die indirekten und direkten THGE der Stadt Zürich in Sektoren aufgliedert.

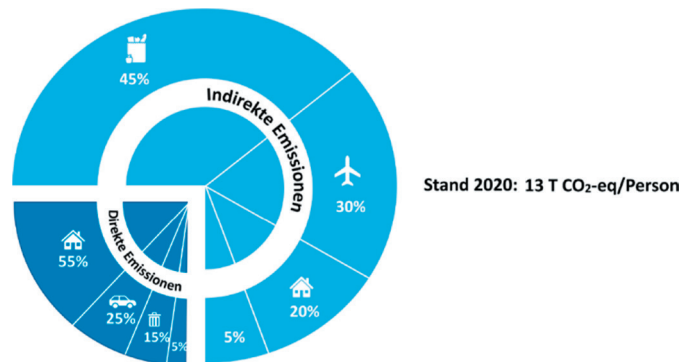


Abbildung 4 Direkte und Indirekte Emissionen der Stadt Zürich (Bissig et al., 2022, S. 16)

Direkte Emissionen

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, sind auch bei den direkten Emissionen der Stadt Zürich die beiden Sektoren Gebäude und Verkehr am bedeutendsten. Auffallend ist, dass der Sektor Abfall einen deutlich höheren Anteil der THGE auf dem Stadtgebiet hat. Gesamtschweizerisch ist die Abfallverbrennung für 82% der Emissionen durch Abfall verantwortlich (Sigrist et al., 2020, S. 153). Weitere THGE-Quellen in diesem Sektor sind Deponien, Abwasserreinigungsanlagen, Kompostierung und Vergärung in Biogasanlagen sowie die übrige Verbrennung von Abfällen (BAFU, 2023d). Es wird geschätzt, dass etwa die Hälfte des Kehrichts biogenen Ursprungs ist. Dies sind erneuerbare Stoffe, wie Holz, und werden als CO₂ neutral angesehen. Aus der Abwärme der

Kehrichtverbrennung Hagenholz wird 53% der Energie für das ERZ-Fernwärmenetz gewonnen (TED, 2023a). Laut Brunner (2023) werden die THGE bereits der Abfallentsorgung angerechnet und die Fernwärme selbst gilt als CO₂ neutral. Um Fernwärme tatsächlich fossilfrei zu machen, müssten somit die THGE der Abfallentsorgung auf Netto-Null reduziert werden. Weiterführende Informationen finden sich im Kapitel 6.2.2.

Indirekte Emissionen

Indirekte Emissionen sind ebenfalls durch die Stadtbevölkerung verursacht, fallen aber ausserhalb der Stadtgrenzen an. Dies sind etwa 75% aller THGE der Stadt Zürich. Hierbei handelt es sich beispielsweise um den Flugverkehr oder den Konsum von u.a. Textilien und Baumaterialien. Da diese Emissionen ausserhalb des Einflussbereiches der Stadtverwaltung entstehen, ist es schwierig für den Stadtrat diese zu beeinflussen und der Beitrag von Bevölkerung und Wirtschaft zählt umso mehr (vgl. GUD, 2023g).

3.2.3 Auswirkungen des Klimawandels

Die Änderung der THG-Konzentration in der Atmosphäre ist massgeblich vom zukünftigen Handeln der Menschen abhängig. Um dieser Ungewissheit über die Zukunft gerecht zu werden, arbeitet der IPCC mit verschiedenen Szenarien. Die beiden Extreme sind einerseits schnelles Handeln mit einer starken Reduktion der THGE (RCP 2.6) und andererseits keine Veränderung des Verhaltens mit einem folglich ungebremsten Anstieg an THGE (RCP 8.5). In den Schweizer Klimaszenarien wird der Bereich zwischen diesen Extremen abgebildet (vgl. NCCS, 2023b).

Für die Schweiz gibt es seit 1864 verlässliche Langzeitmessungen des Klimas (NCCS, 2023b). Die bisherigen Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweiz sind in Abbildung 5 veranschaulicht. Dabei gibt es zwei zentrale Veränderungen, aus denen die meisten Auswirkungen folgen: der Temperaturanstieg und die Änderung der Niederschlagsmenge. Diese beiden und ihre Auswirkungen auf die Stadt Zürich werden zuerst beschrieben und im Anschluss wird aufgezeigt welchen Einfluss dies auf die Versorgungssicherheit (Trinkwasser- und Nahrungsmittelverfügbarkeit), Raumplanung, Biodiversität und soziale Gerechtigkeit hat.

Beobachtete Veränderungen

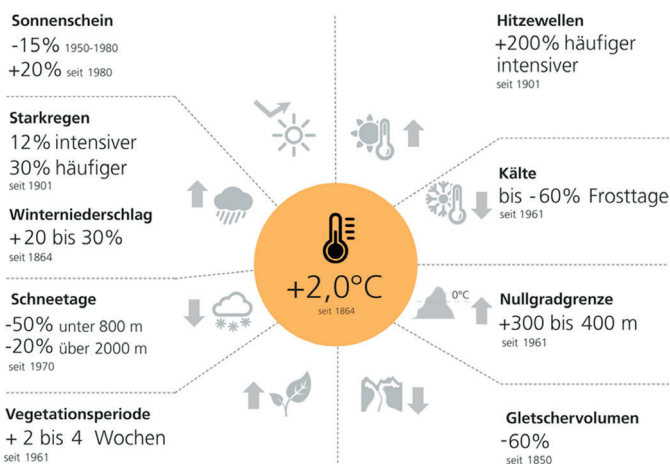


Abbildung 5
Beobachtete Veränderungen seit 1864 (NCCS, 2023a)

Temperaturanstieg

In der Schweiz beträgt die bodennahe Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau ca. 2 Grad Celsius, wobei neun der zehn wärmsten Jahre seit Messbeginn im 21. Jahrhundert gemessen wurden (NCCS, 2023a). Der IPCC zählt als wichtigste Auswirkungen der Temperaturerhöhung folgende Punkte auf (vgl. IPCC, 2021, S. 12):

- Grössere Hitzebelastungen (Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit, Zunahme des Energiekühlbedarfs)
- Ausbreitung von Schadorganismen, Krankheiten und gebietsfremden Arten
- Veränderung von Lebensräumen, Artzusammensetzung und Landschaft (Beeinträchtigung der Biodiversität)
- Beeinträchtigung der Luft-, Wasser- und Bodenqualität
- Veränderung der Sturm- und Hagelaktivität
- Abnehmende Hangstabilität und häufigere Massenbewegungen.

Neben dem Anstieg der durchschnittlichen Temperatur gibt es auch eine Zunahme der Hitzewellen. So wird sich laut Klimaszenarien die Anzahl der Hitzetage bis 2060 verdoppeln (Kanton Zürich, 2023a). Dies kann zu einem Anstieg von Herz-Kreislauf-Problemen, Hitzschlag, Dehydrierung, und Hyperthermie führen (Bättig et al., 2013, S. 14). Ein Grund dafür ist, dass sich der Körper aufgrund der hohen Temperaturen in der Nacht schlechter regenerieren kann, wodurch er am nächsten Tag noch empfindlicher auf Hitze ist (MeteoSchweiz, 2023c). Im Sommer 2003, in dem bislang die meisten Tropennächte verzeichnet wurden, starben in der Stadt Zürich 12.3% mehr Menschen über 64 Jahre als im Sommer zuvor (Bättig et al., 2013, S. 39).

In Städten wie Zürich verstärkt dies noch der sogenannte Hitzeinseleffekt. Mauern und Siedlungsgebiete mit versiegelten Flächen werden tagsüber stärker erwärmt als Grünflächen. Dies geschieht einerseits, weil Mauern, sowie Beton- und Teerflächen die Wärme besser speichern. Pflanzen hingegen nutzen bei der Transpiration die Wärme, um Wasser zu verdampfen, was folglich einen kühlenden Effekt auf die Umgebung hätte. In der Nacht geben die versiegelten Flächen die gespeicherte Wärme wieder ab und lassen die Temperatur so langsamer sinken. Dies führt dazu, dass urbane Gebiete im Schnitt 4 bis 6 Grad höhere Temperaturen haben als Landgebiete (vgl. MeteoSchweiz, 2023a).

In der Stadt Zürich könnte sich wegen der höheren Temperatur auch die Luftqualität und der Energieverbrauch ändern. So führt der Anstieg der Temperatur auch zu schwächeren Konvektionsströmen (Wind) in der Stadt. Die Folge davon ist, dass Luftschadstoffe schlechter aus städtischen Gebieten transportiert werden und die Luftqualität sinkt (vgl. Patella et al., 2018). Beim Energiebedarf ist eher eine Verschiebung von Winter zu Sommer zu erwarten. Wärmere Winter führen zu einem kleineren Bedarf an Heizenergie und heissere Sommer zu einem erhöhten Kühlungsbedarf (BAFU, 2013).

Änderung der Niederschlagsmenge

Langfristig werden die Sommer trockener und die Verdunstung nimmt zu (NCCS, 2023e). Im Winter wird die durchschnittliche Niederschlagsmenge zunehmen, aber aufgrund der Temperaturerhöhung vermehrt in Form von Regen anfallen. Dies führt

somit zu einer Abnahme der Schneemenge (NCCS, 2023d). In der Schweiz sind die Folgen vielfältig:

- Ernteeinbussen in der Landwirtschaft (Mittelland und Jura)
- Waldbrandgefahr (Jura, Alpen, Südschweiz)
- Wasserknappheit (Wassernutzungskonflikte, Knappheit an Brauch- und Trinkwasser)
- Abnahme der sommerlichen Wasserkraftproduktion
- Beeinträchtigung der Biodiversität (Verlust von feuchteliebenden Arten, wie Amphibien, und von auf ausreichende Wasserversorgung angewiesene Lebensräume wie Moore, Riede) (Müller-Ferch et al., 2019).

Eine kleinere Niederschlagsmenge kann ausserdem einen Einfluss auf die Trinkwasserqualität haben, da die Schadstoffkonzentration durch eine weniger starke Verdünnung zunimmt (NCCS, 2023e). Eine Trockenperiode ist durch das Ausbleiben von Niederschlägen über einen längeren Zeitraum definiert (IPCC, 2021). Die Häufigkeit und Intensität derer wird aufgrund des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperaturen zunehmen. Im Mittelmeerraum gibt es zunehmende Sommertrockenheit, von welcher die Schweiz aufgrund ihrer geografischen Nähe auch betroffen sein wird. Laut Prognosen muss bis 2050 mit einer Verlängerung der Trockenperioden im Sommer von zwei bis neun Tagen gerechnet werden (vgl. NCCS, 2018). Gleichzeitig werden Starkniederschläge häufiger und intensiver auftreten. Dies gilt für das ganze Jahr, betrifft jedoch besonders die Winter. Beim RCP 8.5 Szenario wird davon ausgegangen, dass die stärksten Eintagesniederschläge im Winter um weitere 10% heftiger ausfallen werden (NCCS, 2023c).

Spezifische Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadt Zürich
 Jede Teilanalysegruppe hatte ein Thema, auf welches sie den Fokus legen sollen. Im folgenden Abschnitt werden die zentralen Aspekte der vier Themen Versorgungssicherheit, Raumplanung, Biodiversität und soziale Gerechtigkeit erläutert.

Veränderung der Ernteeinbussen in der Landwirtschaft pro Grossraum

Zunahme des Risikos:

- gering
- moderat
- bedeutend
- nicht relevant

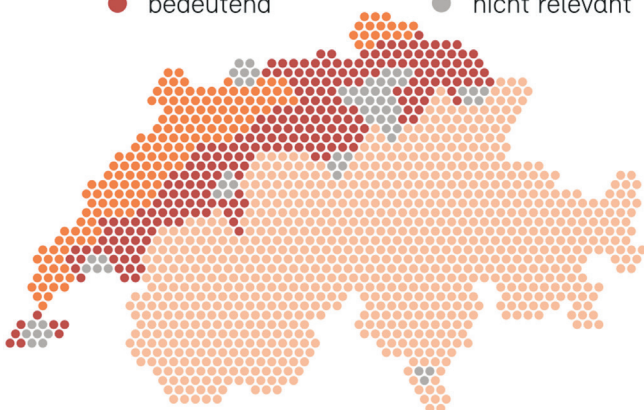


Abbildung 6
 Veränderung der Ernteeinbussen in der Schweizer Landwirtschaft (Köllner et al., 2017, S. 36)

Versorgungssicherheit

Das Trinkwasser der Stadt Zürich stammt zu je 15% aus Grund- sowie Quellwasser und zu 70% aus dem Zürichsee (DIB, 2015). Dieser gilt als fast unerschöpfliches Trinkwasserreservoir (Kanton Zürich, 2023d). Weniger gut gesichert ist die Nahrungsmittelversorgung. Der Netto-Selbstversorgungsgrad, welcher ausschliesslich die mit einheimischen Futtermitteln produzierten Nahrungsmittel berücksichtigt, beträgt in der Schweiz 49%. Er ist in den letzten Jahren stetig gesunken. Dies liegt daran, dass die Bevölkerung mehr gewachsen ist als die Nahrungsmittelproduktion (vgl. BfS, 2023b). Die Schweiz ist somit auf Lebensmittelimporte angewiesen. Gleichzeitig steigt, wie man in Abbildung 6 sehen kann, das Risiko für Ernteeinbussen im Mittelland und Jura. Dies könnte den Selbstversorgungsgrad weiter senken und die Schweiz noch stärker vom Ausland abhängig machen. Für die Stadt Zürich gibt es keine eigenen Zahlen, doch die Situation dürfte ähnlich sein.

Raumplanung

In der Raumplanung ist, neben dem bereits beschriebenen Hitzeinseleffekt, der Hochwasserschutz zentral. Mit Hochwasser wird das Austreten von Wasser aus Seen, Bächen oder Flüssen, Oberflächenabflüsse oder Rückstauungen innerhalb der Kanalisation beschrieben (BAFU, 2020, S. 42,43). Extreme Hochwasser treten per Definition nur selten auf und ihre Ursache können unterschiedliche Faktoren sein. Weil nicht alle Faktoren vollständig berechenbar sind, ist eine zuverlässige quantitative Aussage für die Zukunft schwierig (BAFU, 2020, S. 21). Da erwartet wird, dass die Starkniederschläge häufiger und intensiver werden, muss auch mit einer Zunahme des Hochwasserrisikos gerechnet werden (NCCS, 2018, S. 8). Allgemein wird sich die Gefährdung von Siedlungen, Verkehrswegen, anderen Infrastrukturen und landwirtschaftlichen Nutzflächen saisonal und regional verändern und verschärfen. Es besteht ein erhebliches Schadenspotenzial (BAFU, 2020, S.43). Gleichzeitig wächst die Bevölkerung der Schweiz, sowie der Siedlungs- und der Wirtschaftsraum. Dies kann zu erheblichen Personen- und Sachschäden führen, wenn die Risikoentwicklung nicht genügend beachtet und entsprechend präventiv gehandelt wird (Hoppe & Marti, 2018, S. 35). Abbildung 7 zeigt die Hochwasserrisikokarte der Stadt Zürich aus dem Jahr 2017, in der das hohe Schadenpotenzial ersichtlich ist.

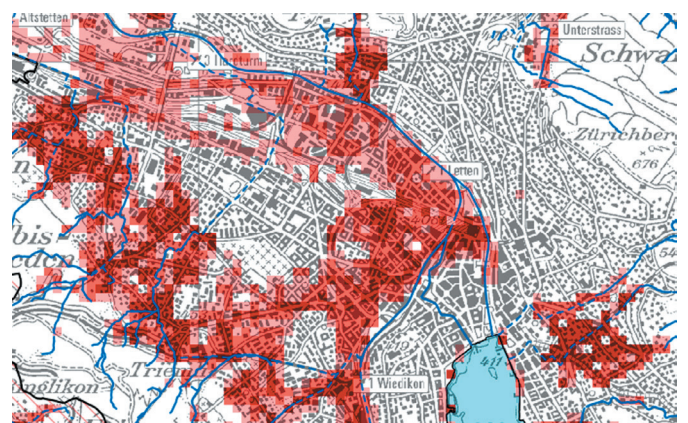


Abbildung 7
 Gefahrenkarte Hochwasserrisiko in Zürich (GIS ZH, 2017)

Biodiversität

Mit dem Begriff Ökosystemleistung beschreibt man den Beitrag der Natur an die menschliche Wohlfahrt. Ökosystemleistungen werden grundsätzlich in die drei Kategorien Regulierungsleistung, kulturelle Leistungen und Versorgungsleistungen unterteilt. Die biologische Vielfalt ist jedoch die Grundlage all dieser Leistungen. Um diese Leistungen nachhaltig in einer Stadt zu haben, braucht es intakte Ökosysteme, welche resilienten und funktionalen Lebensraum bieten, denn Stadtnatur hat einen grossen Einfluss auf das Wohlbefinden der urbanen Bevölkerung. Sie fördert als Erholungsraum die Gesundheit, spielt eine wichtige Rolle im Abbau von Schadstoffen und verbessert das Mikroklima in der Stadt erheblich. Ausserdem erhöhen versiegelte Flächen das Hochwasserrisiko, während qualitativ hochwertige Grünflächen mehr Wasserrückhalt ermöglichen und auch gut für den oberirdischen Wasserabfluss sind (vgl. Kowarik et al., 2017).

Die Stadt Zürich möchte laut dem regionalen Richtplan 15% ökologisch wertvolle Grünfläche im Siedlungsgebiet. Aktuell hat sie 10.9 % und der Anteil hatte in den letzten zehn Jahren um 0.7% zugenommen. Durch den kontinuierlichen Anstieg der Gebäudenutzflächen und der Verdichtung gehen Freiflächen verloren und die Zersplitterung der Lebensräume nimmt zu. Trotzdem hat die Stadt Zürich für ihre Bemühungen 2021 das Label «Grünstadt Schweiz» erhalten, welches an Gemeinden und Städte vergeben wird, welche ihre Grünflächen nachhaltig planen, gestalten und pflegen. Ausserdem hat sie verschiedene Projekte lanciert zur Förderung und Erhaltung von ökologisch wertvollen Grünflächen, wie zum Beispiel «Mehr als Grün». In einer Zwischenbilanz 2018 wurde festgestellt, dass viele Tierarten zunahmten, einige jedoch auch zurückgingen. So sank der Bestand zum Beispiel bei 15 Arten von Brutvögeln, aber nahm bei 40 anderen Arten zu (vgl. GUD, 2023a).

Soziale Gerechtigkeit

Nicht alle Personen sind gleich von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. So sagen laut Stern (2022) wissenschaftliche Studien, dass ältere Frauen besonders stark unter der globalen Erwärmung leiden, da sie hitzeempfindlicher als ältere Männer sind. Sie würden bis zu 6 Grad Celsius weniger als gleichaltrige Männer ertragen. Nicht nur physisch sind nicht alle Menschen gleich belastet, sondern auch psychisch. So gehören Kinder und Jugendliche, ältere Personen, wirtschaftlich schwache und psychisch erkrankte Menschen zu den am stärksten betroffenen Gruppen (KLUG, 2023). Jüngere Generationen sind besonders belastet, da sie nicht auf den Umgang mit Krisen und einschneidende Umweltveränderungen vorbereitet sind. Ausserdem sind sie von Erwachsenen abhängig und dadurch vulnerabler (Peter & van Bronswijk, 2021). Psychisch kranke Menschen sind allgemein anfälliger für Stressfaktoren, aber könnten auch wegen eingenommener Medikamente besonders empfindlich für die Hitze

sein (Bundo et al., 2021). Eine besondere Form der psychischen Belastung ist die Klimaangst, wobei Betroffene Angst vor der Bedrohung durch den Klimawandel haben. Dies betrifft weltweit fast 60% der 16- bis 25-Jährigen (Dietschi, 2022), siehe auch Kapitel 7.2.3.

Neben solchen intergenerationellen Ungerechtigkeiten gibt es auch intragenerationelle Ungerechtigkeiten. So müssen heutige Generationen mehr Verantwortung übernehmen als frühere, da diese nicht klimabewusst gehandelt haben. Dies nennt man sukzessive Verantwortung (Zürcher, 2022, S. 28). Es mangelt an Gegenseitigkeit, denn die früheren Generationen mussten sich nicht einschränken, während die heutige Generation sich für eine bessere Zukunft einsetzen muss und nichts im Gegenzug erhält (Meyer & Roser, 2007, S. 7). Diese Problematik gewinnt heutzutage unter dem Begriff Klimagerechtigkeit an Bedeutung und Organisationen, wie die «KlimaSeniorinnen» oder «Fridays for future» setzen sich vermehrt für Gerechtigkeit ein (Zürcher, 2022, S. 28). Durch die erhöhte physische wie auch psychische Belastung wegen zunehmenden Hitzetagen, sinkt die Leistungsfähigkeit, Arbeitsproduktivität und schlussendlich auch die wirtschaftliche Leistung. Davon sind in Zürich besonders das Baugewerbe, Teilbereiche von Handwerk, Industrie und Dienstleistungen wie die Post oder die Bahn betroffen (Schwank et al., 2007, S. 133). Der projektierte Einfluss der Hitze auf die Arbeitsproduktivität kann in Zürich zu einem Verlust von schätzungsweise 665 Millionen CHF pro Jahr führen. Besonders betroffen dürften Jobs mit hoher physischer Aktivität sein (Stalhandske et al., 2022).

3.2.4 Stakeholder:innen

Der zentrale Akteur in dieser Teilanalyse ist das Gesundheits- und Umweltdepartement der Stadt Zürich (GUD). Es ist auf der Stadtebene und für die Umsetzung und Implementierung von Massnahmen für das NN-Ziel verantwortlich. Das Pendant auf Bundesebene ist das BAFU. Es möchte die Schweiz bis 2050 klimaneutral machen und unterstützt Forschung zu den THGE. Weiter gibt es verschiedene Stakeholder:innen, welche entweder selbst eine Ursache für THGE oder in einem der grossen Sektoren (Wohnen, Verkehr, Abfall) tätig sind. Dies gilt für die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) und den Zürcher Verkehrsverbund (ZVV), Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ), das Tiefbau- und Entsorgungsdepartement der Stadt Zürich (TED) und für das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL). Bei den Auswirkungen des Klimawandels sind speziell die KlimaSeniorinnen als Vertreterin einer durch die Auswirkungen des Klimawandels gefährdeten Bevölkerungsgruppe zu nennen. Gesamtübergreifend ist noch die Bevölkerung wichtig, welche durch den Stadtrat vertreten wird. Dieser hat das NN 2040 Ziel formuliert, welches die Bevölkerung später demokratisch bestätigt hat. Ausserdem macht er Vorschriften und Massnahmen, um das Ziel zu erreichen, welche die Departemente der Stadt dann umsetzen..

3.3 Diskussion

Die Diskussion ist analog zum Ergebnisteil in Ursachen und Auswirkungen aufgeteilt.

Ursachen

Auf nationaler Ebene zeigen die THGE-Daten der verschiedenen Sektoren, dass der Verkehrssektor den grössten Anteil an den Gesamtemissionen der Schweiz hat. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit den Verkehrssektor effektiv zu reduzieren und alternative umweltfreundlichere Transportmittel zu fördern. Der Gebäudesektor ist ebenfalls ein bedeutender Emissionsverursacher und erfordert eine Umstellung auf erneuerbare Energiequellen für Heizung und Warmwasser. In Bezug auf den Kanton Zürich ähneln die Sektorenverteilung und die relativen Anteile der THGE den nationalen Daten, so spielen Verkehr und der Gebäudesektor auch auf kantonaler Ebene eine dominante Rolle.

Auf städtischer Ebene zeigt sich, dass die direkten Emissionen der Stadt Zürich hauptsächlich von den Sektoren Gebäude, Verkehr und Abfall verursacht werden. Besonders hervorzuheben ist der hohe Anteil der Abfallverbrennung an den THGE auf dem Stadtgebiet. Die Nutzung der Abwärme der Kehrlichtverbrennung zur Energiegewinnung ist ein positiver Aspekt, trotzdem müssen die Emissionen der Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA) auf NN reduziert werden, damit die Fernwärme klimaneutral ist. Die indirekten Emissionen, die ausserhalb der Stadtgrenzen anfallen, stellen einen erheblichen Anteil dar und zeigen die Bedeutung des Konsumverhaltens der Bevölkerung und der Wirtschaft für die Gesamtemissionen der Stadt. Es ist wichtig anzumerken, dass die Stadtverwaltung von Zürich nur begrenzten Einfluss auf die indirekten Emissionen hat, da diese ausserhalb ihres Zuständigkeitsbereichs entstehen. Eine effektive Reduktion dieser Emissionen erfordert eine Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene sowie eine Sensibilisierung der Bevölkerung und der Wirtschaft für nachhaltiges Produktions- und Konsumverhalten.

Auswirkungen

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweiz und die Stadt Zürich sind vielfältig und haben bereits spürbare Folgen gezeigt. Zwei der zentralen Veränderungen, die den Grossteil der Auswirkungen bedingen, sind der Temperaturanstieg und die Änderung der Niederschlagsmenge.

In der Schweiz wurde eine Erwärmung von etwa 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau festgestellt. Dies hat verschiedene Konsequenzen, wie eine Zunahme der Hitzeperioden, beeinträchtigte Luft- und Wasserqualität, Veränderungen in Lebensräumen und der Artzusammensetzung sowie eine Abnahme der Hangstabilität und häufigere Massenbewegungen. Insbesondere in städtischen Gebieten wie Zürich verstärkt sich der Temperaturanstieg durch den sogenannten Hitzeinseleffekt, der zu noch höheren Temperaturen führt. Dies hat Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, den Energieverbrauch und die Luftqualität.

Die Änderung der Niederschlagsmenge ist eine weitere wichtige Auswirkung des Klimawandels. In der Schweiz werden trockenere Sommer und eine Zunahme der Winter-Niederschlagsmenge erwartet. Dies führt zu Ernteeinbussen in der Landwirtschaft, erhöhter Waldbrandgefahr, Wasserknappheit, Beeinträchtigung der Wasserkraftproduktion und Auswirkungen auf die Biodiversität. Die Veränderungen in der Niederschlagsmenge können auch die Trinkwasserqualität beeinflussen und zu Trockenperioden führen. Gleichzeitig werden Starkniederschläge häufiger und intensiver auftreten.

Es gibt zusätzlich verschiedene spezifische Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadt Zürich. Im Bereich der Versorgungssicherheit ist die Nahrungsmittelversorgung auf importierte Lebensmittel angewiesen, während das Risiko für Ernteeinbussen steigt. In der Raumplanung führt der Klimawandel zu einem erhöhten Hochwasserrisiko und gefährdet Siedlungen und Infrastrukturen. Die Biodiversität leidet unter der Verdichtung und dem Verlust von Grünflächen, was negative Auswirkungen auf Ökosystemleistungen hat. In Bezug auf soziale Gerechtigkeit sind ältere Frauen, Kinder, Jugendliche, wirtschaftlich Schwache und psychisch Erkrankte besonders betroffen. Die physische und psychische Belastung durch den Klimawandel beeinträchtigt die Arbeitsproduktivität und die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit in Zürich.

3.4 Schlussfolgerung

Die grössten Sektoren der Gesamt-CO₂-Emissionen der Stadt Zürich sind Gebäude, Verkehr und Industrie. In allen Sektoren braucht es neue Lösungen und Massnahmen, wobei das grösste Potenzial bei den Gebäuden liegt. Dort lässt sich insbesondere bei den Heizungssystemen schnell eine Senkung der THGE erreichen. Wichtig dabei ist, dass Fernwärme nicht voreilig als CO₂-neutral betrachtet wird, da die Verbrennung des Abfalls THGE verursacht, welche jedoch dem Abfall zugerechnet werden. Die grösste Herausforderung liegt bei den indirekten Emissionen, da diese ausserhalb des Einflussbereichs der Stadt anfallen. Dort gibt es noch viel Potenzial

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadt Zürich sind hauptsächlich die erhöhte Durchschnittstemperatur, die Abnahme der durchschnittlichen Niederschlagsmenge und die Zunahme der Extremwetterereignisse. Der hohe Versiegelungsgrad in einer Stadt stellt aufgrund der steigenden Temperatur eine grosse Herausforderung dar. Neben der Stärkung des Hitzeinseleffekts wird davon auch die Biodiversität bedroht. Lösungen müssen ausserdem sozialverträglich sein und Risikogruppen besonders schützen. Langfristig werden mit den Auswirkungen des Klimawandels auch grosse wirtschaftliche Einbussen kommen.

Die Stadt Zürich kann mit dem NN2040-Ziel jedoch eine wichtige nationale wie internationale Vorreiterrolle einnehmen.

4 Teilanalyse Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung

4.1 Einleitung

Im globalen Rahmen erwärmt sich das Klima aufgrund des anthropogenen Ausstosses von THGE (MeteoSchweiz, 2023b). Der Bericht des Weltklimarates von 2018 bestätigt, dass die Netto-Emissionen global auf null gesenkt werden müssen, um das Klima wieder zu stabilisieren (IPCC, 2018). Die Stadt Zürich hat im Jahr 2022 Klimaziele definiert, basierend auf denen die Stadt bis 2040 das NN-Ziel erreichen möchte (GUD, 2023g). Diese basieren auf dem Pariser Klimaabkommen, welches im Jahr 2017 von der Schweiz ratifiziert wurde und besagt, dass die globalen Durchschnittstemperaturen verglichen mit der vorindustriellen Zeit um nicht mehr als 1.5 Grad Celsius zunehmen dürfen (BAFU, 2023g). Um dieses Ziel zu erreichen, wird die Politik eine entscheidende Rolle spielen müssen. Somit steht in dieser Teilanalyse folgende Fragestellung im Zentrum: *«Welche Bedeutung haben politische Strategien und Massnahmenpläne für die Erreichung von Netto-Null in der Stadt Zürich, wie wirken diese und welche Herausforderungen bestehen?»* (UPL ETH Zürich, 2022).

Um das NN-Ziel zu erreichen, arbeitet die Stadt Zürich mit einem linearen Reduktionspfad der direkten Emissionen, von denen die Negativemissionen abgezogen werden (GUD, 2023g). Folgendes Kapitel bietet einen Überblick über politische Strategien und Massnahmenpläne sowie über Beteiligungsmöglichkeiten im politischen Prozess in Bezug auf das NN-Ziel in Zürich. Zusätzlich führt die Teilanalyse einen Städtevergleich durch und befasst sich mit den am politischen Prozess beteiligten Stakeholder:innen.

4.2 Resultate

4.2.1 Entwicklung des politischen Prozesses von Netto-Null in der Stadt Zürich

Im Jahr 2008 wurde die «2000-Watt-Gesellschaft» von der Stadtbevölkerung angenommen und somit das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung in der Gemeindeordnung verankert (vgl. Kap. 4.2.2) (GUD, 2023c). Weiter muss die Schweiz gemäss dem Pariser Klimaabkommen die THGE bis 2030 um die Hälfte und bis spätestens 2050 auf Netto-Null senken (Bundesrat, 2019). Im Frühling 2018 wurde der Zürcher Stadtrat aufgefordert, eine Stellungnahme zum 1.5 Grad Ziel des Pariser Klimaabkommens und dessen Umsetzung abzugeben. Im Oktober desselben Jahres veröffentlichte der IPCC einen Bericht, welcher die Auswirkungen einer Erwärmung von 1.5 Grad und 2 Grad miteinander verglich (vgl. Sigrist et al., 2020, S. 23). Im darauffolgenden Dezember bildete sich in der Schweiz der sogenannte Klimastreik aus der globalen Bewegung «Fridays for Future», die vor allem von Studierenden und Schlü-

ler:innen getragen wurde (Fridays for Future, 2023; SRF, 2019; Steiner, 2022). Durch den Schweizer Klimastreik erhöhte sich der Druck auf die Politik in Gemeinden und Städten stetig (Greenpeace, 2023). All diese Faktoren führten im Frühling 2019 zu einer Überweisung von vier thematisch verknüpften Vorstössen an den Zürcher Stadtrat. Gefordert wurde, dem Gemeinderat Weisungen zu einer Änderung der Gemeindeordnung vorzulegen. Die Motionen verlangten, dass die THGE bis 2030 auf NN gesenkt werden. Dazu müsse sich die Stadt auf Kantons- und Bundesebene für die notwendigen Rahmenbedingungen einsetzen. Ausserdem sollte der Stadtrat in einem Bericht die Ziele und Massnahmen der Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft überarbeiten, um NN 2030 zu erreichen (vgl. Stadtrat, 2021). In einem weiteren Bericht sollten konkret geplante sowie umsetzbare Massnahmen für die Szenarien Zürich NN 2030, Zürich NN 2050 und einer Tonne CO₂ pro Person bis 2050 erarbeitet werden. Dabei sollten die Massnahmen und das Erreichen der Ziele auf die soziale, ökologische und ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit geprüft und bewertet werden (vgl. Kap. 5.2) (Sigrist et al., 2020, S. 23).

Basierend auf Berechnungen aus Szenarien für die Zieljahre 2030, 2040 und 2050 entwickelte Zürich neue Klimaschutzziele. Dabei wurde NN 2040 in den Analysen als das beste und realistischste Szenario identifiziert (Stadtkanzlei, 2022). Am 15. Mai 2022 wurde schliesslich die Volksabstimmung «Klimaschutzziele der Stadt Zürich Netto-Null 2040» mit 75% Ja-Stimmen angenommen und in der Gemeindeordnung rechtlich verankert (GUD, 2023g).

Die Zielsetzung 2022

1. Nach dem neu abgeänderten Art. 152 der Gemeindeordnung reduziert die Stadt ihre direkten THGE bis ins Jahr 2040 auf NN. Zu den direkten THGE gehören alle Emissionen, die im Stadtgebiet anfallen (vgl. GUD, 2023g). Verbleibende unvermeidbare Emissionen beispielsweise in der Landwirtschaft, werden durch negative Emissionen ausgeglichen. Dazu wird nach Art. 152a ein Absenkpfad festgelegt, der mindestens zu einer linearen Abnahme der THGE führen soll. Als Zwischenziel sollen die THGE bis ins Jahr 2030 um mindestens 50% gegenüber der THGE 1990 ohne Einsatz von Klimaschutzzertifikaten reduziert werden.
2. Für die indirekten Emissionen sieht die Stadt im Artikel 152 eine Reduktion um 30% bis ins Jahr 2040 gegenüber 1990 vor (vgl. Stadtrat, 2021). Indirekte Emissionen sind diejenigen, die ausserhalb der Stadtgrenzen emittiert, aber durch das Konsum- und Mobilitätsverhalten von Zürcher:innen mitverursacht werden (GUD, 2021).

Ein jährlich veröffentlichter Zwischenbericht soll die tatsächlichen Fortschritte dokumentieren um allfällige Korrekturmassnahmen beschliessen zu können (Stadtkanzlei, 2022). Um eine Vorbildrolle einzunehmen, strebt die Stadt Zürich danach Ziele in ihrem Einflussbereich bereits bis 2035 erreicht zu haben (Stadtrat, 2021).

Erforderliche Entwicklung zur Minderung direkter Emissionen

Um das NN-Ziel zu erreichen, will die Stadt Zürich die Umsetzung hauptsächlich mittels Massnahmen in den Sektoren Verkehr, Gebäude und Energieversorgung angehen (GUD, 2023g). Die Fläche für den motorisierten Individualverkehr (MIV) muss zurückgehen, damit der öffentliche Verkehr sowie der Velo- und Fussverkehr weiter ausgebaut werden können. Des Weiteren darf die Gebäudefläche nicht proportional zum prognostizierten Bevölkerungswachstum ansteigen. Der steigende Strombedarf soll mit erneuerbarer Energie aus den städtischen Energieversorgungsunternehmen gedeckt werden. Zuletzt sollen die durch die Entsorgung verursachten THGE durch CO₂-Abscheidung und Speicherung bis zum Jahr 2040 auf null reduziert werden (vgl. Stadtrat, 2021).

Erforderliche Entwicklung zur Minderung indirekter Emissionen

Um eine Reduktion von 30% der THGE bis 2040 im Vergleich zu 1990 zu erreichen, bedingt es einer ambitionierten Dekarbonisierung entlang der ganzen Wertschöpfungskette der verschiedenen Produkte. Dies kann u.a. durch effizientere Produktionsprozesse, das Schliessen von Materialkreisläufen und den Umstieg auf erneuerbare Energien erreicht werden. In diesem Bereich sind allerdings die Einflussmöglichkeiten der Stadt limitiert. Sie kann zum Beispiel nur beschränkt auf das Konsumverhalten der Bevölkerung Einfluss nehmen. Somit tragen auch die Bewohnenden der Stadt Zürich Verantwortung zur Minderung der indirekten Treibhausgasemissionen mittels einer Veränderung ihres Konsumverhaltens (vgl. Stadtrat, 2021).

4.2.2 Politische Strategien und Massnahmenpläne

Energiestrategien auf Bundesebene

Der Bund entwickelte die Energiestrategie 2050, um die Versorgungssicherheit dauerhaft zu gewährleisten, die energiebedingten Umweltbelastungen der Schweiz zu reduzieren und um die Schweiz auf Veränderungen in den internationalen Energiemärkten vorzubereiten (BFE, 2023a). Ausserdem gilt zur Umsetzung der Energiestrategie in der Schweiz seit 2017 das revidierte Energiegesetz. Dadurch soll der Energieverbrauch gesenkt, die Energieeffizienz erhöht und die einheimischen erneuerbaren Energien gefördert werden. So soll die Schweiz die Abhängigkeit von importierten fossilen Energien reduzieren (vgl. UVEK, 2023b).

Energiestrategien auf Kantonsebene

Im September 2022 wurde das kantonale Energiegesetz geändert. Von nun an müssen bis auf einige Ausnahmen alle Öl- und Gasheizungen nach Ende ihrer Lebenszeit durch klimaneutrale Heizungen ersetzt werden. Elektrische Widerstandsheizungen und Wasserwärmer müssen bis 2030 durch klimafreundliche Alternativen ersetzt werden und Neubauten müssen möglichst energiesparend im Bau und in der Nutzung sein (vgl. GUD, 2023c).

Energiestrategien auf Stadtebene

Masterplan Energie 2020:

Die relevanten Ziele zum Masterplan Energie 2020 wurden 2008 in der Gemeindeordnung verankert. Er dient als Hilfsmittel für die Energiepolitik und stellt eine Grundlage zur Erreichung der klima- und energiepolitischen Ziele dar (vgl. Stadt Zürich, 2020, S. 12). Darin hält die Stadt fest, dass die Energieversorgung zukünftig gesichert und nachhaltig ist, die Energiepolitik zur Reduktion der THGE beiträgt und der Primärenergieverbrauch reduziert wird. Zur Erreichung der Ziele wird auf die drei Prinzipien Suffizienz, effiziente Energienutzung und zielkonforme Energieträgerwahl gesetzt (vgl. Stadt Zürich, 2020, S. 8). Weiter wurde der Fokus auf fünf Teilbereiche gelegt: Konsum, Siedlung, Gebäude, Mobilität und Energieversorgung. Zu jedem der Teilbereiche wurden Handlungsfelder und Massnahmen definiert, die bereits laufen, geplant oder weiterführend sind (vgl. GUD, 2016, S. 8).

Im Bereich Konsum wird die Reduktion von grauer Energie und THGE sowie die Suffizienz gefördert. Die Durchsetzung dieser Ziele wird im Masterplan Umwelt aufgegriffen (vgl. Stadt Zürich, 2020, S. 33).

Im Siedlungsbereich möchte die Stadt Zürich die Energieeffizienz steigern und den Einsatz von zielkonformen Energieträgern (wie Abwärme und erneuerbare Energien) fördern. Baurechtliche Bestimmungen unterstützen diese Massnahmen (Stadt Zürich, 2020, S. 23).

Im Bereich Gebäude verfolgt die Stadt das Ziel, dass alle Gebäude im Stadtgebiet den 2000-Watt-Gesellschaft-Zielen entsprechen. Zur Erreichung des Ziels wird ein Bündel an Massnahmen umgesetzt, wie die Optimierung der Nutzfläche, Richtlinien bei Neubauten und Renovierungen und Zielvereinbarungen mit Grossverbrauchern (vgl. Stadt Zürich, 2020, S. 27–29).

Im Bereich der Energieversorgung werden erneuerbare, umweltfreundliche und ressourcenschonende Energieträger gefördert sowie auch die Entwicklung und Umsetzung von innovativen Projekten (vgl. Stadt Zürich, 2020, S. 24–25).

Der Masterplan Energie wird alle vier Jahre analysiert und überarbeitet (Stadt Zürich, 2020, S. 38). Um auf Kurs zu bleiben, hat die Stadt Zürich Zwischenziele definiert. Betreffend der THGE und der Primärenergie wurden diese bereits verschärft und dem Pariser Klimaabkommen angepasst (vgl. Stadt Zürich, 2020, S. 9).

Roadmap 2000-Watt Gesellschaft:

Als Grundlage der Roadmap wurden bereits vorhandene Pläne zum Klimaschutz verwendet, dazu gehören beispielsweise der Masterplan Energie oder die Strategie Stadtverkehr 2025 (vgl. GUD, 2016, S. 8). Mit der Roadmap zur 2000-Watt-Gesellschaft hat sich die Stadt Zürich mehrere Ziele vorgenommen, die ambitionierter sind als jene der Schweiz. Die Roadmap zeigt auf, wie das Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden kann und wo die grössten Potenziale zur Reduktion der Primärenergie und der THGE liegen. Ausserdem wird kontinuierlich Bilanz gezogen, was die Stadt Zürich bereits erreicht hat und falls nötig auch fortlaufend ergänzt und angepasst. So soll in Zürich der langfristige Energieverbrauch pro Person auf 2000 Watt gesenkt werden, der CO₂-Ausstoss soll pro Person und Jahr eine Tonne betragen, erneuerbare Energien und die Energieeffizienz sollen gefördert und umweltschonende Ernährung soll priorisiert werden (GUD, 2023i). Als Zwischenziel will die Stadt Zürich 2500 Watt pro Person erreichen, wobei die Schweiz 3500 Watt pro Person und Jahr bis 2050 anstrebt (vgl. GUD, 2016). Diese Ziele beziehen sich allerdings nur auf die direkten Emissionen der Stadt Zürich, da es schwierig ist, Daten über die indirekten Emissionen zu erheben. Trotzdem wurden sie bei der Ausarbeitung von Massnahmen mitberücksichtigt (vgl. GUD, 2016, S. 10).

Der Negativtrend der Zahlen in der Abbildung 8 der vergangenen Jahre lässt sich durch ökologischeren Strom und energetische Sanierungen an Gebäuden erklären (GUD, 2023f). Bei der Primärenergie können durch weitere Massnahmen vor allem im Bereich Gebäude, aber auch bei der Energieversorgung und Mobilität, zusätzliche Einsparungen erzielt werden. Auch bei den THGE wurden mit den laufenden Massnahmen schon Reduktionen erreicht. Mit den gleichen weiterführenden Massnahmen wie bei der Primärenergie lässt sich zusätzlich CO₂ pro Person und Jahr einsparen, wobei im Bereich Gebäude am meisten Emissionen eingespart werden (vgl. GUD, 2016, S. 13,16–17 & 44).

Der Bereich Konsum und Siedlung kann aufgrund fehlender Daten nicht bewertet werden. Die Stadt hat ihren Spielraum schon stark ausgenutzt, doch die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft können aktuell noch nicht erreicht werden. Daher ist die Stadt auf weiterführende Massnahmen und auf die Mithilfe von Unternehmen und Privatpersonen ohne gesetzliche Vorschriften angewiesen (vgl. GUD, 2016, S. 16 & 44).

Mobilitätsstrategien auf Stadtebene

Die Mobilitätsstrategie Stadtverkehr 2025 strebt seit dem Jahr 2012 eine stadt- und umweltverträgliche Mobilität sowie eine Aufwertung der öffentlichen Plätze und Strassen der Stadt an (Stadt Zürich, 2023a). Diese beinhaltet sechs Ziele zur Förderung des öffentlichen, des Velo- und des Fussverkehrs. Zum Beispiel dürfen keine Hauptverkehrsstrassen mehr gebaut werden, welche die Kapazität des Strassennetzes für motorisierten Individualverkehr vergrössern. Die Quintessenz zur Umsetzung der Strategie bildet der Aktionsplan mit priorisierten Massnahmen aus den verschiedenen strategischen Planungen des Stadtrats wie die VBZ-Netzentwicklungsstrategie oder der Masterplan Velo. Die Strategien sollen bis zum Jahr 2025 umgesetzt werden, um zur Zielerreichung massgeblich beizutragen. Der Aktionsplan wird laufend aktualisiert und weiterentwickelt und der Stadtrat ist zu einer regelmässigen Berichterstattung durch die Gemeindeordnung verpflichtet (TED, 2023e).

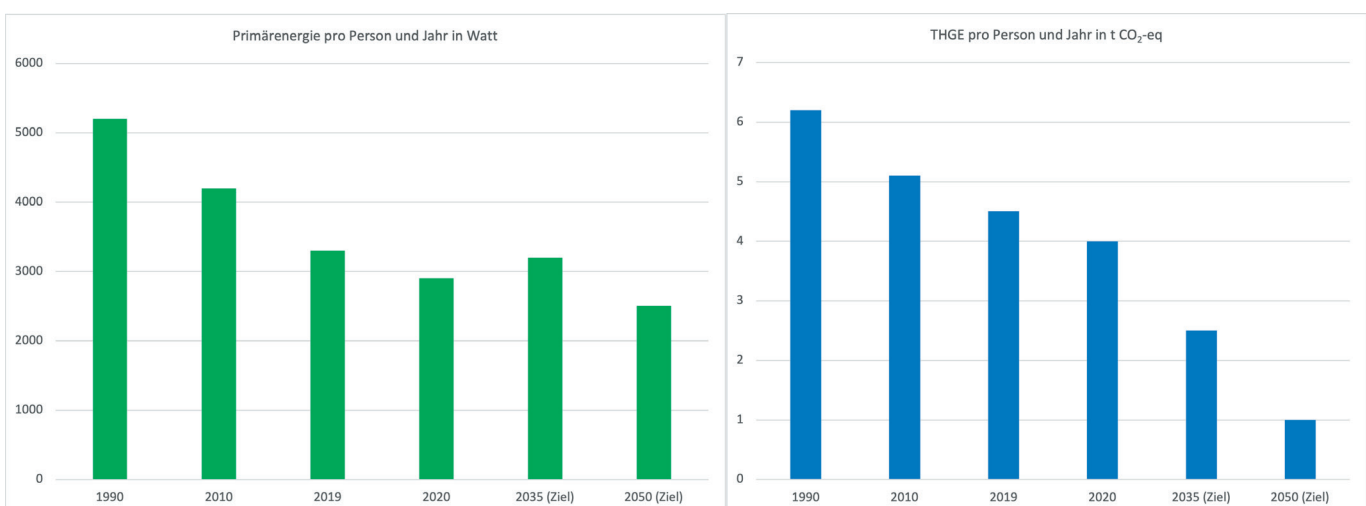


Abbildung 8
Diagramme bezüglich der Primärenergie und Treibhausgasbilanz der Stadt Zürich (GUD, 2023e, 2023f)

In der Berichterstattung wird die Zielerreichung anhand ausgewählter Indikatoren gemessen. Einer dieser Indikatoren bildet die städtische Verkehrsentwicklung aus Abbildung 9. Die Abbildung stammt aus dem Bericht des Jahres 2021 und zeigt, dass der Veloverkehr im Gegensatz zu den restlichen Verkehrsmitteln zugenommen hat (TED, 2022).

Um auch mit den zukünftigen Herausforderungen des Klimawandels arbeiten zu können, wird eine übergreifende Dachstrategie Stadtraum und Mobilität 2040 entwickelt, welche die Themenbereiche Mobilität, Verkehr und Stadtraum miteinander verbindet (TED, 2023b).

4.2.3 Offizielle Beteiligungsmöglichkeiten im politischen Prozess

Bezüglich der Realisierung der NN-Strategie sind unterschiedliche Stakeholder:innen und Instanzen involviert. Stimm- und Wahlberechtigte in der Schweiz haben durch Initiativen, Referenden und Wahlen auf sämtlichen Ebenen die Möglichkeit, das politische Geschehen mitzugestalten (Stadt Zürich, 2023e). Weiter können sich Privatpersonen auf freiwilliger Basis am Klimaforum der Stadt Zürich beteiligen. Hierbei handelt es sich um eine Plattform, die Beteiligte der Politik, Wirtschaft, Bildung, von NGOs und der Klimabewegung zusammenbringt. Das Ziel der Plattform ist es, gemeinsam Klimaschutzmassnahmen auszuarbeiten und weiterzuentwickeln (vgl. Stadt Zürich, 2023d). Das erste Klimaforum in Zürich fand im Oktober 2020 statt und umfasste rund 100 Teilnehmende aus Verbänden, Behörden, Organisationen, der Politik und der Wirtschaft (DiMauro et al., 2021). Eine weitere Möglichkeit, sich einzubringen, bietet der Climathon. Es handelt sich hierbei um eine Bewegung, welche jährlich in verschiedenen Städten auf der ganzen Welt stattfindet (Climathon, 2023). Bei dieser werden während 24 Stunden innovative Ideen bezüglich Klimaschutz und Klimaanpassung entwickelt. 2022 fand er in Zürich statt und hiess rund 100 Personen aus Universitäten, Unternehmen, Start-Ups, der Bevölkerung und der Stadtverwaltung willkommen. Einige ausgewählte Projekte werden weiterentwickelt und von der Stadt Zürich unterstützt (vgl. GUD, 2023f).

4.2.4 Vergleiche mit anderen Schweizer Städten

Im Folgenden Kapitel werden Zürichs politische Bemühungen für mehr Klimaschutz mit anderen Schweizer Städten, wie Lausanne, St. Gallen, Basel und Luzern, verglichen.

Klimaschutz

Das Bestreben von NN bis 2040 ist bis anhin noch keine Selbstverständlichkeit in Schweizer Städten. So übernahm beispielsweise St. Gallen bei einer Abstimmung im Jahr 2020 das Ziel des Bundesrates, bis 2050 NN zu erreichen. Den Schwerpunkt setzt St. Gallen bei ihrem «Energiekonzept 2050» auf die Bereiche Wärme, Strom und Mobilität (vgl. Stadt St. Gallen, 2022). Hierbei ist sie der Stadt Zürich sehr ähnlich (vgl. GUD, 2023g). Das Energiekonzept 2050 soll in Zukunft in den Bereichen Konsum und Ressourcen erweitert werden und folglich das Konzept der indirekten Emissionen genauer betrachten. Konkrete Ziele bezüglich indirekter THGE hat St. Gallen bis anhin nicht festgelegt (Stadt St. Gallen, 2022). Generell gilt, dass Zürich ähnlich wie andere Städte einen starken Fokus auf den Bereich «Gebäude und Infrastruktur» setzt. Hierbei inbegriffen ist die Energieinfrastruktur. In diesem Handlungsfeld sehen Städte grosses Potenzial. Beim Vergleich von Zürich und Basel kann festgestellt werden, dass Zürich tendenziell andere Fokuspunkte als Basel setzt. So bestehen die Handlungsfelder «Ernährung» und «Mobilität» lediglich in Zürich, jedoch nicht in Basel, welche das NN-Ziel bereits bis 2037 erreichen will. Im Ausland jedoch legt beispielsweise die deutsche Stadt Heidelberg ebenfalls einen Fokus auf diese Handlungsfelder (vgl. Eisenmann et al., 2014 S.2; GUD, 2023h; Regierungsrat Kanton Basel-Stadt, 2021)

Die Stadt Luzern möchte NN der energiebedingten TGHE bis 2040 erreichen. Bezüglich des Energieverbrauchs haben sie ihr Ziel von 2000 Watt pro Einwohner:in und Jahr auf 2050 determiniert. Zusätzlich soll durch einen massiven Ausbau von solaren Energieträgern bis 2050 rund ein Viertel des gesamten Stromverbrauchs durch Solarstrom abgedeckt werden (vgl. Stadt Luzern, 2023). Um diese Ziele zu erreichen, hat die Stadt Luzern 32 Massnahmen vorgesehen, die bis 2030 realisiert werden sollen. Beispielsweise

Indikator 1: Städtische Verkehrsentwicklung

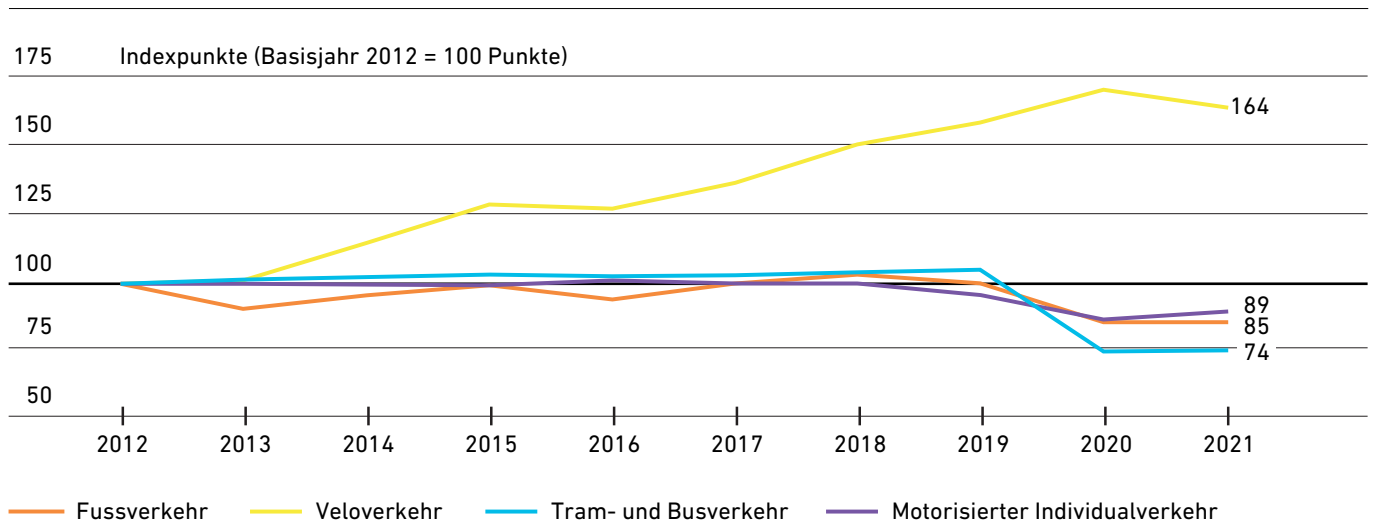


Abbildung 9 Verkehrsentwicklung Stadt Zürich (TED, 2022)

sehen die Massnahmen vor, dass in Gebieten, in welchen Alternativen zum fossilen Heizen vorhanden sind, Öl- und Gasheizungen verboten werden und neue Dächer zukünftig mit Solaranlagen bestückt werden.

Die Klimastrategie der Stadt Lausanne sieht vor, dass die direkten Emissionen im Bereich der Mobilität ab 2030 und in allen Bereichen ab 2050 auf null gesenkt werden. Konkret sollen die direkten Emissionen um 50% bis 2030, um 70% bis 2040 und bis zu 99% bis 2050 reduziert werden. Um diese Ziele zu erreichen, werden Massnahmen ergriffen, die den motorisierten Individualverkehr reduzieren sowie den öffentlichen Verkehr, den Veloverkehr und die Fussgänger:innen zonen begünstigen (vgl. Ville de Lausanne, 2021).

Klimaanpassung

Beim NN-Ziel steht primär der Klimaschutz im Vordergrund. Eine weitere Erwärmung des Klimas ist jedoch trotz Massnahmen unumgänglich. Folglich setzt sich die Stadt Zürich auch damit auseinander, wie sie sich an das zukünftige Klima bestmöglich anpassen kann. Der Fokus hierbei liegt auf dem Umgang mit Sommertrockenheit, Hitzebelastung, erhöhtem Hochwasser- und Hangrutschrisiko, der Veränderung von Lebensräumen und Artenzusammensetzung und der Verbreitung von Krankheiten, Schadorganismen und gebietsfremden Arten.

Die Stadt Zürich arbeitet an verschiedensten Anpassungen bezüglich unterschiedlichen Extremereignissen. Sie unterscheidet sich in diesem Punkt von anderen Städten dadurch, dass sie sich besonders breitfächerig auf Extremereignisse anpassen will, wohingegen beispielsweise die Stadt Basel einen Fokus auf spezifischere Extremereignisse wie Hochwasser und Regenschäden, setzt (AWEL, 2018; Kanton Basel-Stadt Regierungsrat, 2021). Unter anderem befasst sich die Stadt Zürich in Bezug auf die Klimaadaptation mit den Themen Trockenheit und Hitze (GUD, 2023k). Gerade für ältere Menschen und Kinder können Hitzetage ein gesundheitliches Risiko darstellen. Folglich hat die Stadt Zürich bestehende Informations- und Hitzewarnsysteme gezielt auf heisse Sommertage weiterentwickelt (vgl. GUD, 2023l). Um der Trockenheit entgegenzuwirken, setzt die Stadt auf den Erhalt und das neue Einrichten von Schutzzonen. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Sicherung der Wasserressourcen (GUD, 2023m). Des Weiteren werden Einsätze von Grün Stadt Zürich geleistet, um Arten und Lebensräume zu fördern und eine vielfältige Stadtnatur zu vermitteln. Sie planen, bauen, bewirtschaften und pflegen unter anderem den Stadtwald, Parkbäume und sonstige Grünanlagen (vgl. Stadt Zürich, 2023i).

An zweiter Stelle, nach den Massnahmen bezüglich Klimaschutz, befasst sich auch die Stadt Luzern mit Klimaanpassungsstrategien. Interne Dienstabteilungen der Stadt haben 21 Massnahmen

ausgearbeitet, mit welchen die Risiken der Erwärmung minimiert werden sollen. Die wichtigsten Risiken für die Stadt Luzern stellen die zunehmende Hitzebelastung und Trockenheit sowie die Veränderung der Lebensräume und des Niederschlagsregimes dar (Stadt Luzern, 2020 S.4).

Einige Schweizer Städte befassen sich auch mit Strategien bezüglich Dachbegrünungen. So setzt beispielsweise die Stadt Lausanne finanzielle Anreize, um Dachbegrünungen zu fördern. Der Kanton Basel-Stadt oder die Stadt Zürich stellen Merkblätter und Checklisten bezüglich dieser Thematik zur Verfügung (BAFU, 2018 S.65).

4.2.5 Stakeholder:innen

Um politische Strategien umsetzen zu können, müssen verschiedene Stakeholder:innen an einem Strang ziehen. Im Rahmen dieser Teilanalyse stehen die Stakeholder:innen stellvertretend für ähnliche Organisationen und werden in Bereiche eingeteilt.

Zusammen mit der Stadt Zürich gehören das UVEK und die Grünen in den Bereich der Regierung und Politik. Eine der Aufgaben des UVEKs ist es, bundesweite Massnahmen auszuarbeiten, welche schlussendlich für die Stadt Zürich und für kantonale Verkehrsverbände, wie beispielsweise den Zürcher Verkehrsverbund (ZVV), verpflichtend sind. Für das Überarbeiten von Gesetzen braucht es politische Mehrheiten. Deswegen spielen die politischen Parteien eine wichtige Rolle für das politische Geschehen in der Stadt Zürich (vgl. UVEK, 2023c).

Stellvertretend im Bereich der sozialen Bewegungen steht der Klimastreik Zürich. Er übt Druck auf die Stadt Zürich aus, welche teilweise darauf reagiert. Dies konnte im Jahr 2019 beobachtet werden, als Vorstösse vom Klimastreik Zürich an den Zürcher Stadtrat überwiesen wurden (vgl. Sigrist et al., 2020).

Im Bereich der Infrastruktur sind Vertreter:innen aus dem Gebäudebereich, wie beispielsweise der Hauseigentümerverband (HEV), zu nennen. Zusätzlich mitbegriffen ist der ZVV, sowie aus dem Bereich Energie Entsorgung + Recycling Zürich (ERZ) und das Elektrizitätswerk Zürich (ewz). Die ERZ gilt als grösster Energieproduzent auf Stadtgebiet (ERZ, 2022). Das ewz ist ein Abnehmer von ERZ (ERZ, 2022), produziert jedoch ihrerseits ebenfalls Energie, welchen an den ZVV oder Hauseigentümer:innen verkauft wird (ewz, 2023d).

Zusätzliche Stakeholder:innen bezüglich dem NN-Ziel im Rahmen der Stadt Zürich sind beispielsweise die Zürcher Handelskammer stellvertretend für die Wirtschaft, sowie Swisuniversities als Repräsentant aus dem Bereich Forschung und Bildung (vgl. Greitmann et al., 2022, S.31).

4.3 Diskussion

Der Verlauf der politischen Strategien

Die Schweiz basiert auf einem demokratischen, föderalistischen und zeitintensiven Regierungssystem, so auch die Stadt Zürich. Dort führte ein externer Anstoss des Klimastreiks und ein interner Anstoss des Gemeinderats dazu, dass der Stadtrat neue Szenarien und Gesetze für das NN-Ziel 2040 erarbeitete. Daraus kann der Rückschluss gefasst werden, dass der Stadtrat mit solchen Anstössen schneller ins Handeln kommt. Dass jede Person die Möglichkeit hat auf den politischen Prozess Einfluss zu nehmen, ist wichtig, kann unter Umständen aber aufgrund der verschiedenen Ansichten der Bevölkerung zu Verzögerungen der politischen Prozesse führen.

Die Roadmap 2000 Watt Gesellschaft zeigt einen Rückgang im Primärenergieverbrauch, welcher seit dem Jahr 1990 um 45% gesunken ist. Auch die THGE haben zwischen 1990 und 2020 deutlich abgenommen. Trotzdem kann das Ziel von einer Tonne CO₂ pro Person und Jahr mit den aktuellen Massnahmen bis 2040 nicht erreicht werden. Daher müssen weiterführende Massnahmen eingeführt und die bestehenden verschärft werden, um insbesondere die Bereiche Gebäude, Energie und Mobilität effizienter zu gestalten, da diese noch Potenzial zu weiteren Reduktionen haben (vgl. Kapitel 4.2.2).

Allerdings kann die Stadt Zürich nach wie vor nur im Rahmen der gesetzlichen Grundlagen des Bundes handeln und nur bedingt Vorschriften für Privatpersonen und Unternehmen erlassen. Die Stadt ist also auf dessen Mithilfe zur Erreichung der 2000-Watt-Gesellschaft und NN-Ziele angewiesen, da die erfolgreiche Umsetzung politischer Strategien in den Händen der Gesellschaft, der Kooperation der Stakeholder:innen und dem gemeinsamen Interesse liegt. Um das gewünschte Interesse in der Bevölkerung zu wecken, wird eine Sensibilisierung der Bevölkerung vorausgesetzt, für die auch die Stadt Zürich mitverantwortlich ist.

Im Allgemeinen ist eine Beurteilung der Wirksamkeit politischen Strategien zur Erreichung der Ziele schwierig, da diese ständig angepasst und erneuert werden. Die Strategien geben eine allgemeine Richtung vor, allerdings fehlt die Umsetzungsplanung dazu oft noch. Doch mit den Strategien kann die Stadt als Vorbild vorangehen und zeigen, was in ihrem Einflussbereich bereits alles möglich ist.

Vergleich mit anderen Städten

Im Allgemeinen fokussieren sich sowohl Zürich als auch die anderen erwähnten Städte stark auf die Handlungsfelder Gebäude und Infrastruktur, da dort noch grosses Potential zur Emissionsreduktion und Energieeffizienz vorhanden ist. Es haben sich alle Städte ein NN-Ziel vorgenommen, teils jedoch mit einer von Zürich unterschiedlichen Zeitfrist, welche mittels anderer Massnahmen und Strategien erreicht werden soll, wie beispielsweise bei Basel.

Dabei ist zu erwähnen, dass das Zusammenfallen der Stadt und Kantonsebene der Stadt Basel Vorteile verschaffen kann. Dies könnte auch ein Grund dafür sein, dass Basel das NN-Ziel schon auf 2037 setzen konnte. Die Städte Lausanne, Luzern und St. Gallen weisen mehr Ähnlichkeiten zur Strategie der Stadt Zürich auf. Jede Stadt scheint im Allgemeinen in einem für sie umsetzbaren und sinnvollen Rahmen zu handeln (vgl. Kap 4.2.4).

Der Stadt Zürich ist unter Einsatz weiterführender Massnahmen und neuer Strategien möglich ihre gesetzten Ziele zu erreichen. Es ist wichtig, die Motivation der Bürger:innen aufrecht zu erhalten und Gegner:innen von der Wichtigkeit der NN Politik zu überzeugen. Herausfordernd bleibt, im gesetzlichen Rahmen des Kantons und des Bundes zu handeln. Die freiwillige Mitarbeit der Privatpersonen und Unternehmen wird auch in Zukunft noch eine wichtige Rolle zur Zielerreichung von NN 2040 einnehmen (vgl. Kap 4.2.5).

4.4 Schlussfolgerungen

Es konnte festgestellt werden, dass politische Strategien einen Einfluss auf das Erreichen des NN-Ziels der Stadt Zürich haben. Es muss erwähnt werden, dass eine ähnliche Ausrichtung der Bundes-, Kantons- und Stadtpolitik vorausgesetzt wird, damit auf der Ebene der Stadt eine Strategie erfolgreich realisiert werden kann.

Eine besonders grosse Wirkung auf direkte Emissionen haben Strategien im Bereich der Energieversorgung. In diesem Bereich, sowie im Bereich der Gebäude, besteht grosses Steigerungspotenzial, da hier am meisten Primärenergie reduziert und Treibhausgase eingespart werden können. Bei indirekten Emissionen liegt grosses Einflusspotenzial bei der Dekarbonisierung entlang der Wertschöpfungsketten von Produkten. Hingegen kann die Stadt Zürich auf das Konsumverhalten nur sehr bedingt Einfluss nehmen.

Eine Hürde in der Umsetzung politischer Prozesse stellt die Zeit dar. Diese kann beim Antworten von höheren Instanzen auf Forderungen ein höheres Ausmass annehmen. Unter anderem dadurch nehmen politische Prozesse und Strategien viel Zeit in ihrer Umsetzung in Anspruch.

Wird die Stadt Zürich mit anderen Städten verglichen, kann festgestellt werden, dass sie sich in die richtige Richtung bewegt. Mit dem zeitlichen Horizont zum Jahr 2040, bis zu dem das NN-Ziel erreicht werden soll, befindet sich die Stadt Zürich schweizweit betrachtet in einem guten Rahmen. Trotzdem wird die Stadt innerhalb der Stadtgrenze nicht allen Stimmen gerecht. So forderten Motionen vom Gemeinderat NN bis 2030 zu erreichen. Des Weiteren kann festgestellt werden, dass sich die Strategien grösstenteils auf die direkten Emissionen beziehen. Bei den indirekten Emissionen stellt bereits die Datenerhebung eine grosse Hürde dar, wodurch in deren Miteinbezug in den politischen Strategien der Stadt Zürich grosses Potenzial liegt.

5 Teilanalyse Klimawandel im Kontext von Nachhaltigkeit

5.1 Einleitung

Im Jahr 2022 wurde die Vorlage «Zürich Netto-Null bis 2040» vom Stimmvolk deutlich angenommen. Auslöser für die Verabschiedung dieses Ziels ist die fortschreitende Bedrohung durch den Klimawandel. Die Stadt will jedoch nicht nur die Erwärmung bekämpfen, sondern setzt sich zusätzlich das Ziel der nachhaltigen Entwicklung. Unter dieser Leitidee sollen die Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft gleichwertig behandelt werden. Dazu haben sich die Studierenden der Teilanalyse «Klimawandel im Kontext von Nachhaltigkeit» mit der Fragestellung «*Welche Bedeutung hat der Klimawandel im Kontext der vielfältigen Ziele von Nachhaltigkeitsstrategien und welche Herausforderungen ergeben sich daraus?*» beschäftigt. Das Stadtgebiet von Zürich stellt die räumliche Systemgrenze dar. In der folgenden Teilanalyse wird auf die Nachhaltigkeit in der Stadt Zürich eingegangen und was es für Strategien gibt, um diese zu verbessern. Zuerst wird der Begriff der Nachhaltigkeit definiert, anschliessend wird auf den momentanen Zustand der Nachhaltigkeit in der Stadt Zürich eingegangen. Zum Schluss werden auf die Mobilität und auf die Siedlungsentwicklung bzw. Gebäude eingegangen. Sie dienen zur Veranschaulichung, wie die Nachhaltigkeit in der Stadt Zürich eingebettet werden soll.

5.2 Resultate

5.2.1 Nachhaltige Entwicklung mithilfe der Sustainable Development Goals und Cercle Indicateurs

Einsteigend muss der Begriff der Nachhaltigkeit definiert werden. Die Stadt Zürich hält sich an die folgende Definition: «Nachhaltig ist eine Entwicklung dann, wenn sie die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit sichert, das menschliche Wohlbefinden und die soziale Gerechtigkeit stärkt sowie zur Sicherstellung der natürlichen Lebensgrundlagen für Mensch, Tier und Pflanzen beiträgt» (Stadt Zürich, 2023c).

Die Vereinten Nationen beschlossen 2015 17 Ziele für eine globale nachhaltige Entwicklung, die sogenannten Sustainable Development Goals (SDGs). Diese Ziele reichen von Armutsbekämpfung bis hin zur nachhaltigen Energie (vgl. Abbildung 10). Ihre Umsetzung soll dabei helfen, die globalen Herausforderungen in den nächsten 15 Jahren (beginnend ab 2016) anzugehen und zu bewältigen (vgl. United Nations, 2016, S. 2). Bis 2030 sollen alle UNO-Mitgliedstaaten diese Ziele erreichen (EDA, 2023a).

In der Schweiz wird die nachhaltige Entwicklung anhand des Indikatorensystems MONET 2030 gemessen. Es illustriert die Fortschritte bezüglich der 17 Ziele in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit und zusätzliche schweizspezifische Ziele (EDA, 2023c). Zusätzlich gibt es die sogenannten Cercle Indicateurs (CI). Gemäss dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) sind die CI ein nationales Netzwerk zur Messung der nachhaltigen Entwicklung in Kantonen und Städten. Rund 30 Indikatoren aus zehn Themen der nachhaltigen Entwicklung dienen der Beobachtung der zeitlichen Entwicklungen auf dem Kantons- oder Stadtgebiet (Monitoring) und ermöglichen Vergleiche zwischen Kantonen oder Städten (Benchmarking) (vgl. ARE, 2023). Dieses Monitoring ist für die Kantone und Städte freiwillig. Aktuell beteiligen sich 17 Kantone und 19 Städte daran. Die Ergebnisse der Messungen der CI tragen dazu bei, Massnahmen und Strategien auf kantonaler und städtischer Ebene zu entwickeln. Dabei wurden die Zielbereiche in drei Dimensionen aufgeteilt: Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft (vgl. ARE, 2023).

5.2.2 Nachhaltigkeitsstand der Stadt Zürich und Netto-Null

Mit den «Strategien Zürich 2035» zielt die Stadt Zürich darauf ab, ihre nachhaltige Entwicklung fortzusetzen. Dies festigt den Kurs der 2000 Watt Gesellschaft, welche die Reduktion des Energieverbrauchs auf 2000 Watt pro Person anstrebt. Zusätzlich nimmt Zürich sich zum Ziel, dass Verursacher:innen von Umweltschäden finanziell dafür aufkommen müssen. Eine Analyse der Stadt Zürich zeigt Herausforderungen in den Bereichen nachhaltiges Wachstum, nachhaltige Energie und Umweltschutz. Während ers-



Abbildung 10
Die 17 Sustainable Development Goals der UNO (United Nations, 2023)

teres sich darum kümmert, wie die Stadt mit einer Bevölkerungszunahme umgeht, richtet sich letzteres danach, den Lebensraum Zürich auch für die nächsten Generationen zu erhalten (vgl. Stadt Zürich, 2015, S. 5–28).

Die Reduktion der THGE wurde als quantitatives Ziel mit grossem Volksmehr in der Gemeindeordnung verankert und wird deshalb als Querschnittsthema in allen klimarelevanten Strategien umgesetzt. Dazu gehören u.a. zahlreiche siedlungsplanerische Instrumente, der «Masterplan Energie», die Wärmeversorgungsverordnung, die Gasstrategie, die Photovoltaik-Strategie, die 7 Meilenschritte, die Dachstrategie «Stadtraum und Mobilität 2040», die Fachstrategie «Stadtverkehr 2025», die Fahrzeugpolitik, die Strategie nachhaltige Ernährung oder die Elektrobussstrategie der VBZ. Weitere Strategien wie z.B. Elektromobilität, Landwirtschaft und Kreislaufwirtschaft sowie die Beschaffungspolitik werden noch folgen (Stadt Zürich, 2021a).

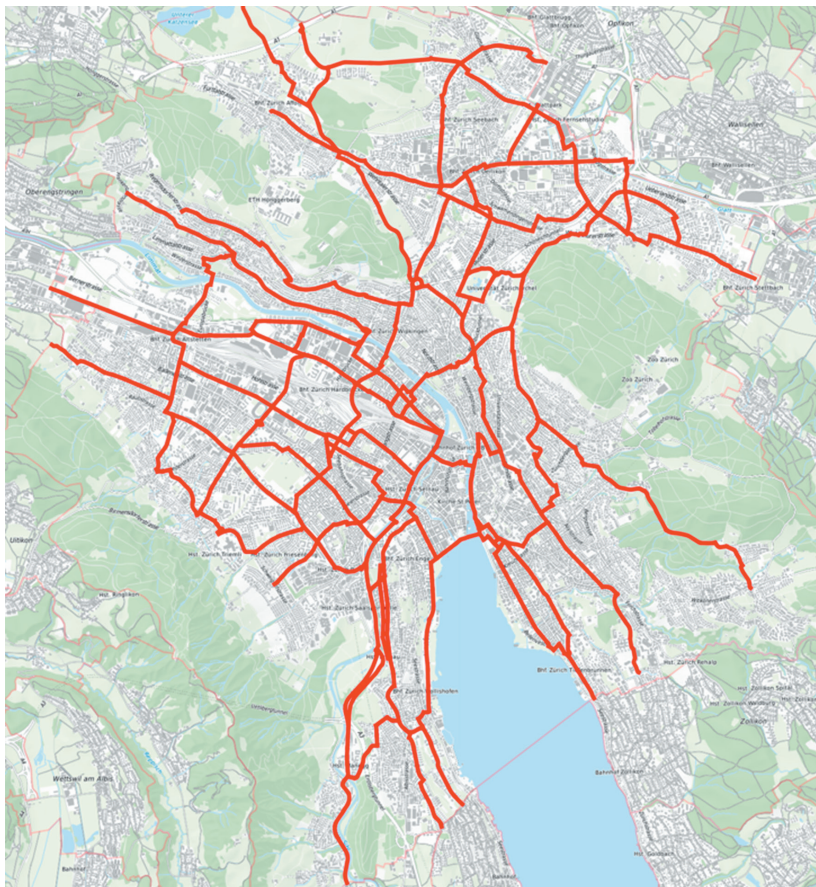


Abbildung 11
Geplante Velorouten in Zürich (Stadt Zürich, 2023d)

In den folgenden Abschnitten werden die Umsetzung und Schwierigkeiten einiger klimarelevanten Strategien genauer betrachtet. Es wird auf die Mobilität und die Siedlungsentwicklung bzw. Gebäude eingegangen. Im Fokus der neuen klimapolitischen Ausrichtung der Stadt Zürich stehen die direkten THGE, d.h. der Ersatz der fossilen Brenn- und Treibstoffe bei den Gebäuden und dem Verkehr (vgl. Stadt Zürich, 2021a, S. 32). Die Bereiche Mobilität und Gebäude dienen als Beispiele und sollen die Herausforderungen und Möglichkeiten, die der Stadt Zürich zustehen, aufzeigen.

Mobilität

Der Bereich Mobilität ist neben dem Gebäudebereich jener, welcher in der Stadt Zürich am meisten THG emittiert. Die direkten Emissionen für die Mobilität lagen 2020 bei 0.7 t CO₂ pro Einwohner:in pro Jahr. Die Erreichung des NN-Ziels der Stadt Zürich bedingt eine Reduktion dieser Emissionen um 75% (vgl. Stadtrat, 2021). Um dieses Ziel zu erreichen, ist die Stadt Zürich jedoch auf

den Bund, den Kanton sowie auf private Akteur:innen angewiesen. Dies betrifft beispielsweise die Erhebung einer CO₂-Abgabe auf fossile Brennstoffe, die Bestimmung von CO₂-Emissionsvorschriften für Neuwagen oder den Infrastrukturausbau des öffentlichen Verkehrs (BAFU, 2023e; BFE, 2023c; Stadtrat, 2021). Die Strategien der Stadt Zürich zur Erreichung von NN 2040 im Bereich Mobilität sind in der Mobilitätsstrategie «Stadtverkehr 2025» ausgelegt (TED, 2022). Sie stützt sich auf Art. 11-13 und Art. 154 der Gemeindeordnung der Stadt Zürich (Gemeindeordnung Stadt Zürich, 2021). Der Bericht wird im Frühjahr 2023 neu durch die sogenannte Dachstrategie «Stadtraum und Mobilität 2040» ersetzt (TED, 2023b).

In den folgenden Abschnitten werden die Velo Strategie 2030 und die VBZ-Umweltstrategie 2020 behandelt, um aufzuzeigen, wie die Emissionen im Bereich der Mobilität reduziert werden können.

Velo Strategie 2030

Laut dem Bericht der Strategie «Stadtverkehr 2025» sollten die Fahrten, die mit dem Velo zurückgelegt werden, bis 2025 verdoppelt werden (TED, 2014). Dadurch erhofft sich die Stadt Zürich eine Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf Fuss-, Velo- und öffentlichen Verkehr und somit eine Annäherung an das Ziel «Netto-Null 2040» (TED, 2022).

Das Velo-Netz der Stadt Zürich ist aktuell lückenhaft, was ein Grund dafür ist, dass viele Menschen unzufrieden damit sind. Im Jahr 2021 gaben nur 23% der Velofahrer:innen bei einer Umfrage im Rahmen des «Stadtverkehrs 2025» der Verkehrsqualität an, dass sie mit dem Verkehrsnetz zufrieden sind (vgl. TED, 2022). Schon vor der Umfrage führte die breite Unzufriedenheit der Velofahrer:innen dazu, dass die Velorouteninitiative lanciert wurde, die innert zehn Jahren ein 50 km langes Netz an Veloschnellrouten fordert (siehe Abbildung 11). 2020 wurde die Initiative von der Stimmbevölkerung angenommen. Somit werden die Routen autofrei und Velofahrer:innen an Kreuzungen vortrittsberechtigt sein (vgl. Rey, 2020). In Folge dessen wird es unter anderem zu einer Reduktion von ca. 6.000 Parkplätzen in der Stadt Zürich kommen (Ledeber, 2022).

Die Ziele der Strategie «Stadtverkehr 2025» sollen unter anderem mit Hilfe der qualitativen Ziele und Massnahmen der «Velostrategie 2030» umgesetzt werden, welche den «Velo Masterplan 2021» ablöste (TED, 2023b). Zu deren Erreichung wurden drei Stossrichtungen eingeführt. Sie sind in der Abbildung 12 zu sehen (TED, 2021, S. 11).



Abbildung 12 Strategische Stossrichtung der «Velostrategie 2030»

Vor allem die Verlagerung auf das Velo bringt Vorteile im Bereich Energieeffizienz, da Velos (sowohl elektrisch als auch nicht elektrisch) kaum Energie benötigen und somit helfen, das NN-Ziel zu erreichen. Zusätzlich tragen sie zu einem attraktiven Stadtbild bei (TED, 2021). Im Fokus liegen zusätzliche Massnahmen wie das Tempolimit 30, eine Bevorzugung der Velos bei Lichtsignalen und weitere Massnahmen zur Reduktion des MIV (TED, 2021). Denn wenn das Velo-Netz sicherer wird, wird von der Stadt erwartet, dass viele Menschen dies auch für die Gesundheit als vorteilhafte Option wahrnehmen. Damit sind die SDGs 11.2, welches den Zugang zu sicheren, bezahlbaren, zugänglichen und nachhaltigen Verkehrssystemen für alle ermöglicht und die Sicherheit im Strassenverkehr verbessert und 13.2, welches Klimaschutzmassnahmen fordert, in Synergie. Ebenfalls in Synergie mit dem SDG 13.2 ist das SDG 3.6, das Verkehrsunfälle reduzieren will (EDA, 2023a).

VBZ-Umweltstrategie 2030

Damit der öffentliche Verkehr in Zürich klimafreundlicher wird, planen die VBZ die Umsetzung der quantitativen «Umweltstrategie 2030». Die Umweltstrategie ist Teil der Strategie «Stadt-

verkehr 2025» und wichtig für die Erreichung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft im Bereich Mobilität (Baumann et al., 2013, S. 17). Die Ziele dieser Strategie sind (VBZ, 2023b):

- Senkung von Treibhausgasemissionen
- Verringerung des Energieverbrauchs
- Steigerung der Materialeffizienz sowie Reduktion des Abfallaufkommens
- Reduktion der Lärmemissionen und Luftschadstoffe
- Steigerung der ökologischen wertvollen Zonen und Veränderung der Versiegelung.

Die VBZ-Busflotte emittiert Stand 2022 13.000 t CO₂ pro Jahr und ist somit für 80% des CO₂-Austosses der gesamten VBZ verantwortlich. Aus diesem Grund entwickelte die VBZ die Elektrobusstrategie «e-Bus VBZ». Diese möchte bis 2030 die Elektrifizierung von 150 Dieselnissen erreichen. Dies erfordert eine gute Koordination, da es 30 verschiedene Stadtbustypen gibt. Aus wirtschaftlichen Gründen werden jedoch nicht alle Busse elektrifiziert. So sind manche dieser Fahrzeuge auch batteriebetrieben oder Hybride (vgl. VBZ, 2023a). Die momentane sowie zukünftig angestrebte Busflotten-Aufteilung ist im Folgenden in Abbildung 13 zu sehen.

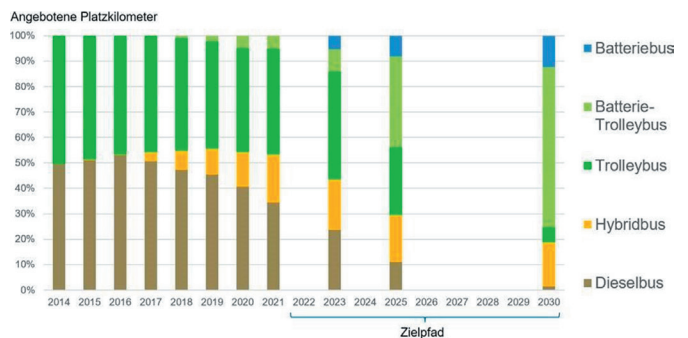


Abbildung 13 VBZ-Busflotten nach Antriebsart (VBZ, 2023a, Anmerkung: Ein Trolleybus bezieht seinen Strom aus der fahrbahngespannten Oberleitung und hat folglich keinen Verbrennungsmotor)

Die Elektrifizierung der Flotte wird ergänzt durch die qualitative «Netzentwicklungsstrategie 2030», welche den Zürcher:innen die Nutzung des ÖVs, vor allem in den Aussenquartieren und der Agglomeration, zugänglicher machen soll. Laut VBZ wird damit gerechnet, dass das jährliche Fahrgastaufkommen auf dem VBZ-Netz zwischen den Jahren 2010 und 2025 um 60 Mio. Passagiere zunimmt. Aufgrund dieser zukünftig immer noch steigenden Nachfrage werden mehrere Tram- und Buslinien bis 2030 ausgebaut. Damit die Busse schneller und zuverlässiger werden, sind separate Busspuren geplant (VBZ, 2023b).

Der ZVV ist ein wichtiger Partner für die VBZ, da er im ganzen Kanton tätig ist. Wenn die VBZ Pläne wie z.B. die Elektrobusstrategie umsetzen möchten, müssen diese dem ZVV vorgelegt werden und mit ihm ein koordiniertes Vorgehen erarbeitet werden. Für dessen Umsetzung ist dann die VBZ verantwortlich (vgl. VBZ, 2022c).

Siedlungsentwicklung und Gebäude

In der Untersuchung des Nachhaltigkeitsstandes der Stadt Zürich zeigen sich drei wesentliche Probleme im Bereich Siedlungsentwicklung und Gebäude. Zum einen sind die Mietpreise in der Stadt Zürich verhältnismässig hoch (BfS, 2023a). Dies zeigt sich im steigenden Mietpreisindex der Stadt (Stadt Zürich, 2023k). Ausserdem weist Zürich eine stark verdichtete Bebauung auf, was eine grossflächige Bodenversiegelung und somit negative Auswirkungen auf die Umwelt mit sich bringt. Zuletzt ist die Entscheidung zwischen Neubau und Gesamtinstandsetzung in der nachhaltigen Entwicklung von Relevanz.

Ziel der Stadt ist es, aktiv in der Wohnpolitik zu wirken, weshalb sie entsprechende Ziele und Massnahmen bestimmt hat. Im Folgenden sind die Stossrichtungen und Ziele des kommunalen Richtplans (Siedlung) aufgelistet.

Die **städtische Stossrichtung** bezüglich der Stadtentwicklung beinhaltet (Stadt Zürich, 2023a):

- Mehr gemeinnütziger und preisgünstiger Wohnungsbau
- Klare Ausrichtung auf spezifische Zielgruppen
- Sozialverträglicher, nachhaltiger Umgang mit der Bausubstanz
- Dialog und Kooperation mit relevanten Akteur:innen.

Die **kommunalen Richtpläne** umfassen folgende Schwerpunkte (Stadt Zürich, 2021b, S. 27–35, 110, 116, 121):

Siedlungsentwicklung:

- Bauliche Verdichtung – Quantität und räumliche Verteilung
- Bauliche Verdichtung – Qualität
- Bauliche Verdichtung koordiniert mit dem Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung (ISOS)
- Erneuerung der Gartenstadtquartiere.

Umweltverträgliche räumliche Entwicklung:

- Stadtklima in Planung berücksichtigen
- Lärm in Planung berücksichtigen
- Störfallvorsorge berücksichtigen.

Sozialverträgliche räumliche Entwicklung:

- Soziale Durchmischung erhalten und stärken
- Versorgung der Bevölkerung mit sozialen Angeboten gewährleisten
- Angebot an preisgünstigen Wohnungen erhalten und verbessern.

Abstimmung mit der Verkehrsplanung:

- Reduktion MIV bei baulicher Verdichtung
- Private Parkierung und interne Erschliessung mit Qualität im Aussenraum.

Die Ziele im Bereich Siedlungsentwicklung und Gebäude sollen durch unterschiedliche Ansätze erreicht werden. Vieles soll im Bereich Heizung geschehen. Zum Beispiel soll der Bestand der Ölheizungen auf 20% reduziert werden. Zusätzlich soll die Fernwärme und der Fernwärmeverbund auf zwei Drittel des Stadtgebiets ausgebaut werden. Des Weiteren soll das Gasverteilnetz für die Raumwärme- und Warmwasserversorgung grösstenteils auf erneuerbare Energiequellen umgestellt werden. Als letztes muss die Qualität der Neubauten und Sanierungen verbessert werden (Sigrist et al., 2020, S. 224).

Ein Faktor, der es der Stadt erschwert, im Bereich Wohnen Einfluss zu nehmen, ist die Verteilung der Eigentumsverhältnisse (siehe Abbildung 14). Insbesondere die dritte Zeile zeigt, dass die öffentliche Hand einen geringen Anteil (7%) der Wohnungen besitzt.

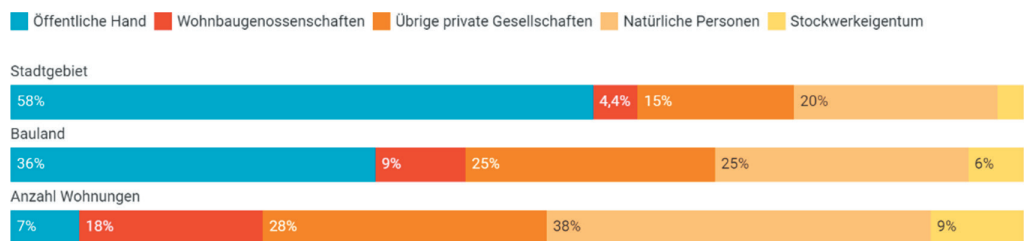


Abbildung 14 Eigentumsverhältnisse in der Stadt Zürich (Tsüri, 2023)

Nachhaltiger Wohnungsbau: Neubau und Sanierung

Anhand der Ziele der Stadt Zürich im Bereich Siedlungsentwicklung und deren kommunalen Richtplans ist zu erkennen, dass die Sanierung und der Neubau eine zielführende Rolle hinsichtlich der Nachhaltigkeit im Wohnsektor spielen. Folgend werden die beiden Bauweisen betrachtet und einander gegenübergestellt, um zu evaluieren, welche davon bezogen auf die drei Bereiche der Nachhaltigkeit besser geeignet ist. Dies wird durch eine Bauprojektanalyse realisiert, die aus den folgenden Faktoren besteht:

- **Ökologische Faktoren:** Hier werden Energieträger, der gesamte Energieverbrauch und die graue Energie eines Objekts betrachtet.
- **Soziale Faktoren:** Hier werden die Mietpreisentwicklung und der Umgang mit bestehenden Mieter:innen während eines Umbaus betrachtet.
- **Wirtschaftliche Faktoren:** Dabei werden der Investitionsbedarf und die Finanzierungsmöglichkeiten betrachtet.

Zu Beginn wird der zukünftige Nutzungszweck des Gebäudes analysiert. Dies bedeutet, dass die Ansprüche, Anforderungen und Ziele der Projektleitung für das Gebäude festgelegt werden. Danach wird die bestehende Bausubstanz untersucht. Dabei wird darauf geachtet, ob diese zur Sanierung geeignet ist und ob sie einen weiteren Gebäudezyklus durchstehen könnte. Eine weitere Frage wirft die Marktgängigkeit der Immobilie im sanierten Zustand auf. Ist es möglich, den alten Grundriss mithilfe der Sanierung den heutigen Bedürfnissen anzupassen, oder ist die ursprüngliche Aufteilung der Wohnungen zu gross? Ausserdem wird untersucht, ob an diesem Standort Verdichtungspotenzial besteht. Heutzutage darf in einigen Zonen von Zürich höher und dichter gebaut werden als früher. Letztendlich ist es den Besitzenden der Immobilie überlassen, ob und wie das Potenzial ausgeschöpft wird (vgl. LUKB, 2023).

Die Herkunft der Energie und eine gut isolierte Gebäudehülle sind für den ökologischen Bereich wichtig. Eine Massnahme, um fossilfreie Energiequellen zu fördern, ist die Standardisierung von PV-Anlagen auf Neubauten (Banfi et al., 2021). Bei der Evaluierung ist ausserdem die graue Energie entscheidend (BFE, 2017). Wenn eine Entscheidung zwischen einer Instandsetzung oder einem Neubau getroffen wird, muss miteinbezogen werden, dass in Neubauten der Anteil der grauen Energie ein Viertel der gesamten Energie für Bau und Betrieb beträgt, währenddessen die gesamte graue Energie eines Altbaus beim Abriss verloren geht (Stadt Zürich, 2022d).

Im Bereich der Gesellschaft sind die Themen Mietpreis und der Umgang mit Mieter:innen wichtig. Die durchschnittliche Monatsmiete in der Stadt Zürich liegt bei 26.80 CHF/m², wohingegen der gesamtschweizerische Durchschnitt bei 20.40 CHF/m² liegt (BfS, 2023a). Eine Mietpreiserhöhung ist bei einem Neubau meist unvermeidbar. Dies trifft die ärmere Bevölkerung am stärksten. Um die wirtschaftlichen Aspekte zu berücksichtigen, wird zu Beginn der Analyse eine ungefähre Kostenübersicht der Baukosten und Betriebskosten erstellt. Diese Grobkosten ermöglichen es, die potenzielle Rendite und etwaige Finanzierungsmöglichkeiten zu begutachten. Bei Neubauten ist zu bedenken, dass der Abriss des bestehenden Gebäudes nicht nur Bausubstanz, sondern auch ökonomischen Wert vernichtet. Andererseits müssen bei Sanierungen unvorhersehbare Probleme in die Baukosten miteinberechnet werden, die bei alten Gebäuden auftreten können. Alte Baupläne könnten beispielsweise nicht mehr verfügbar sein, oder die bestehende Bausubstanz ist in einem schlechteren Zustand als zuvor gedacht (vgl. LUKB, 2023). Das Evaluieren aller drei Bereiche in der Planung eines Bauprojekts beachtet das SDG 11.3. Dieses fordert, dass Städte bis 2030 nachhaltiger und inklusiver entwickelt werden, so dass kein Gesellschaftsteil vernachlässigt oder bevorzugt wird (EDA, 2023b).

5.2.3 Stakeholder:innen

Um das Ziel Netto-Null bis 2040 zu erreichen, braucht es die Zusammenarbeit vieler unterschiedlicher Stakeholder:innen. Die Regierung der Stadt Zürich ist eine der wichtigsten Stimmen dieser Debatte. Zusätzlich ist die Zürcher Bevölkerung wichtig, welche das NN 2040 Gesetz im Jahr 2022 angenommen hat. Zusätzlich wurden die Massnahmen der «Velostrategie 2030» am 21.09.2020 mit der Annahme der Volksinitiative «Sichere Velorouten» gesetzlich verankert (Stadt Zürich, 2023l).

Der Bereich der Mobilität, die Verkehrsplanung und der Veloverkehr sind komplexe Themen und bedürfen der Zusammenarbeit vieler Akteur:innen. Dazu gehören unter anderem die VBZ, der ZVV, das Tiefbauamt der Stadt Zürich, die Dienstabteilung Verkehr, die Stadtpolizei und Pro Velo (TED, 2021). Neben den städtischen Akteur:innen unterstützt auch der Verkehrs-Club Schweiz (VCS) die Veloförderung, Tempo 30 und «andere Massnahmen zur Erleichterung der nachhaltigen Fortbewegung» (VCS, 2023). Aufgrund der eher grossen Eingriffe in das Fortbewegungsverhalten der Bürger:innen (wie Parkplatzschwund oder Tempo 30), gibt es auch einige Widerstände von Akteur:innen gegen die Velostrategie. Unter anderem ist dies der Automobil-Club Schweiz (ACS), der KMU- und Gewerbeverband Kanton Zürich (KGV), welcher das Gewerbe vertritt und den Parkplatzschwund aufgrund der erschwerten Zufahrtsmöglichkeit der Handwerker:innen bekämpft (KGV, 2023). Im weiteren sind auch wirtschaftsnahe Parteien und Organisationen dagegen, darunter die FDP und die City-Vereinigung, welche eine erschwerte Nutzung des MIV als Attraktivitätseinbusse u.a. für den Einkaufstourismus wahrnehmen (Ledebur, 2022).

Im Bereich des Wohnens hat die Stadt Zürich weniger Einfluss, da nur 36% des Baulandes in den Händen der Stadt liegen und der Rest privat ist (siehe Abbildung 14).

5.3 Diskussion

Mobilität

Aus dem Ergebnisteil wird ersichtlich, dass die Mobilitätsstrategien vor allem die SDGs im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit fördern. Das bekräftigt die Annahme, dass die zwei Strategien (Velo- und VBZ-Umweltstrategie) wirkungsvoll sind, um das NN-Ziels in der Stadt Zürich zu erreichen. Die Auswertung zum Bereich Mobilität zeigt auf, dass sich zwischen den Mobilitätsstrategien und anderen Nachhaltigkeitsstrategien der Stadt Zürich hauptsächlich Synergien, aber zum Teil auch Konflikte ergeben. Daraus kann man schliessen, dass durch eine Verlagerung des MIVs auf das Velo und den ÖV die Gesundheit der Bürger:innen verbessert wird, da sowohl Lärm- als auch Luftverschmutzung verringert wird. Weiter ermöglicht die Velostrategie einen rele-

vanten Beitrag zum Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft, da Velos im Vergleich zum MIV energie- und treibstoffarme Fortbewegungsmittel sind. Ein Ausbau des ÖV, Bike-Sharing, die Vernetzung der Fortbewegungsmittel sowie die Sensibilisierung der Bevölkerung im Bereich Mobilität sollen eine reibungsarme Umstellung von MIV zu Velo und ÖV erlauben. Dies wiederum ergänzt sich gut mit dem Ziel der Reduktion des MIV. Jedoch entstehen durch den Abbau von Parkplätzen auch Konflikte, mit welchen die Stadt Zürich umgehen muss.

Aufgrund der Erkenntnisse des Ergebnisteils kann man sagen, dass die Mobilitätsstrategien auch einen Beitrag zur Begrünung und Biodiversität in der Stadt Zürich leisten können. Dies erfolgt durch den Parkplatzabbau und den Umstieg auf Fahrrad und ÖV, was den Platzanspruch der städtischen Mobilität verringert. So können Flächen für eine potenzielle Begrünung und Biodiversität geschaffen werden.

Wohnen und Gebäude

Die Gebäudesanierung sowie der Heizungsersatz wirken sich grundsätzlich positiv oder zumindest nicht nachteilig auf die Nachhaltigkeitsziele der Stadt aus. Die städtischen Stossrichtungen und die Ziele des kommunalen Richtplans korrelieren grösstenteils nicht mit den NN-Zielen, da sie hauptsächlich die Verbesserung der sozialen Aspekte des Wohnens anvisieren. Um einen Schritt in Richtung NN zu machen, müssten hauptsächlich die Bereiche der Energieeffizienz und der Beheizung von Gebäuden überarbeitet werden. Wie im Kapitel Wohnen erwähnt, ist der Wohnbereich für gut 30% der THGE auf dem Stadtgebiet verantwortlich. Deshalb ist es notwendig, die Anzahl klimaschädlicher Heizungen in Zürich zu verringern. Weiter soll die Bauqualität von Neubau und Sanierungen verbessert werden, um die Lebenszeit von Gebäuden zu verlängern. Daraus folgt eine nachhaltige Entwicklung in jeder der drei Dimensionen. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, relevante Strategien aus dem Grundlagenbericht NN in die Ziele und Massnahmen der Stadt und den kommunalen Richtplan zu übernehmen. Im Abschnitt Siedlungsentwicklung und Wohnen sind relevante Methoden aufgelistet, die man integrieren müsste, um die THGE der Stadt erheblich zu senken. Zur Priorisierung der sozialen Dimension führte vermutlich der stark unterdurchschnittlich bewertete Indikator Mietpreise. Die teureren Mieten, welche durch die Sanierung oder den Bau von neuem Wohnraum entstehen, sind für Menschen aus tieferen Einkommensschichten nicht finanzierbar. Die soziale und ökologische Nachhaltigkeit stehen somit in Konflikt. Es gibt selten Fälle, in denen Neubau und Sanierung oder gar beide Varianten für alle drei Dimensionen vorteilhaft sind, wodurch die Entscheidung zwischen Ersatzneubau oder Sanierung abhängig von der jeweiligen

Situation ist. Dies liegt daran, dass die Auswahl der Vorgehensweise mit sehr vielen verschiedenen Faktoren zusammenhängt. Es gibt selbst innerhalb der verschiedenen Dimensionen der ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen nicht immer eine Bauweise, die nachhaltig ist.

5.4 Schlussfolgerungen

Die politischen Strategien und Pläne der Stadt Zürich sind von entscheidender Bedeutung für die Erreichung des NN-Ziels und der nachhaltigen Entwicklung. Diese haben einen Einfluss auf alle Teilbereiche des Lebens der städtischen Bevölkerung, insbesondere auf die Sektoren Mobilität und Wohnen.

Die Strategien und Ziele sollen insgesamt zu einer nachhaltigeren Lebensweise der Bevölkerung beitragen. Mit ihr sollen zwei Schlüsselprinzipien in Einklang gebracht werden, indem die Grundbedürfnisse nach einem besseren Leben für alle befriedigt, sowie die Grenzen der Ökosysteme respektiert werden. Mit diesen Zielen will die Stadt Zürich die Entkopplung von Wohlstand und Ressourcenverbrauch vorantreiben (Stadt Basel et al., 2012). Die Stadt Zürich steht vor vielfältigen Herausforderungen. Einerseits muss sie sich an Rahmenbedingungen halten, andererseits gibt es innerhalb der Nachhaltigkeitsdimensionen rechtliche Einschränkungen und Gegenstimmen, die die Umsetzung von Plänen und Massnahmen behindern. Zudem werden sich zukünftig Herausforderungen aus dem beschränkt vorhandenen Raum und der steigenden Wohn- und Arbeitsbevölkerung ergeben. Weiter verlangsamt die Trägheit des politischen Systems jede amtliche Handlung, sei es eine Investition oder eine Gesetzesverabschiedung. So sind im konkreten Fall der Stadt Zürich und NN 2040 noch keine abschliessenden Massnahmen im Wohnungsbereich beschlossen worden.

Für die Umsetzung und schlussendliche Erreichung des NN-Ziels 2040 besteht derzeit noch grosser Handlungsbedarf. Entscheidend ist, dass im Umsetzungsprozess keine systematisch negativen Auswirkungen zu Lasten einer der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit entstehen. Wenn das Ziel der Erreichung aller Vorschläge zu NN und einer nachhaltigen Entwicklung erreicht werden, steht der Stadt Zürich eine positive Zukunft bevor. Die Zeit für das Erreichen des NN-Ziels drängt. Die Akzeptanz für die Umstrukturierung des Verkehrs- und Wohnsektors muss von Unternehmen bis hin zu Privatpersonen vorhanden sein. Mit einer Sensibilisierung der Öffentlichkeit, welche die Entscheide der Stadt mitträgt und einen eigenen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung und NN leistet, sind viele der identifizierten Herausforderungen jedoch überwindbar.

6 Teilanalyse Technologische Lösungen für Netto-Null

6.1 Einleitung

NN 2040 bedeutet für die Stadt Zürich, bis in knapp 20 Jahren keine THGE mehr zu verursachen. Um dies zu erreichen, müssen die THGE massiv reduziert werden und der verbleibende Rest muss durch natürliche oder technische Senken der Atmosphäre entzogen werden (GUD, 2023g). Wenn die Emissionen aber nicht nur gesenkt, sondern gleichzeitig auch der Lebensstandard erhalten bleiben soll, spielen technologische Lösungen eine zentrale Rolle. Energiequellen sollen nicht nur reduziert, sondern auch durch erneuerbare ersetzt werden. In diesem Zusammenhang beschäftigten sich die Studierenden der Teilanalyse Technologische Lösungen mit folgender Fragestellung: *«Welche Bedeutung haben technologische Lösungen für die Erreichung von Netto-Null in der Stadt Zürich und welche Herausforderungen ergeben sich daraus»* (UPL ETH Zürich, 2022)?

Die folgende Teilanalyse konzentriert sich auf die Energiebereitstellung, -nutzung und -speicherung. Nach einem Überblick über die Gesamtenergie der Stadt Zürich werden verschiedene technologische Lösungen vorgestellt und diskutiert. Der Fokus liegt dabei auf Lösungen, denen die Studierenden der Stadt Zürich einen gewissen Handlungsspielraum zuschreiben. So wird zum Beispiel die Wasserkraft, die Windenergie oder Lösungen im Bereich des Flugverkehrs nicht weiter behandelt, da entweder das Potenzial national bereits erschöpft ist oder Lösungen die Systemgrenzen überschreiten (Kieffer et al., 2022).

6.2 Resultate

6.2.1 Gesetzliche Grundlagen

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die massgebenden gesetzlichen Grundlagen bezüglich NN 2040 in den Bereichen Gebäude und Heizungen, sowie Verkehr und Förderprogramme. Ein Überblick über die allgemeinen rechtlichen Grundlagen findet sich im Kapitel 8.

Im Bereich Gebäude und Heizungen änderte der Kanton Zürich am 01.09.2022 sein Energiegesetz (GUD, 2023d). Dieses beinhaltet Energievorschriften für Gebäude, namentlich den Ersatz von

Heizungen mit erneuerbaren Heizsystemen sowie Vorschriften für den Wärmeschutz. Zudem müssen Neubauten einen Teil des Stroms selbst produzieren. Der Kanton wird mit Fördergeldern unterstützen (Kanton Zürich, 2023c).

Das CO₂-Gesetz ist im Bereich Verkehr relevant. Seit 2008 ist im CO₂-Gesetz des Bundes eine CO₂-Abgabe auf alle fossilen Brennstoffe verankert. Ab dem 1. Januar 2022 beträgt diese 120 CHF pro Tonne CO₂. Diese Einnahmen fliessen seit 2010 zu einem Drittel in das Gebäudeprogramm und in Technologiefonds, welche z.B. energetische Gebäudesanierungen, Investitionen in erneuerbare Energien oder die Nutzung von Abwärme fördern (CO₂-Gesetz, 2011). Dazu werden im Kanton Zürich Fahrzeuge mit ausschliesslich elektrischem Antrieb gefördert, indem sie von der CO₂-Abgabe befreit sind (VAG 3).

Hauseigentümer:innen erhalten von der Stadt oder dem Kanton Zürich Fördergelder für den vorzeitigen Ersatz von fossilen Heizungen, Gebäudesanierungen sowie die Nutzung von von Photovoltaik (PV) (AWEL, 2023a).

6.2.2 Gesamtenergieüberblick der Stadt Zürich

Das folgende Kapitel soll die Energiesituation in der Stadt Zürich anhand der THGE sowie der Primärenergiebilanz kurz zusammenfassen.

Treibhausgasemissionen in der Stadt Zürich

Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der einzelnen THGE nach Energiequellen von 1990 bis 2020 sowie die gewünschten Emissionsgrenzen in den Jahren 2020, 2035 und 2050 (GUD, 2023f). Im Jahr 2020 macht mit fast 50% die Wärme (braun und grün) den grössten Anteil aus, gefolgt vom Strom (blau) und den fossilen Treibstoffen (pink).

Auch wenn das ewz für die Stadt Zürich seit 2015 Strom zu 100% aus erneuerbaren Energien bereitstellt (ewz, 2023a), ist im Bereich «Strom» ein deutlicher Anstieg der THGE zu erkennen. Das ist auf den Strommix Europa zurückzuführen, dessen Anteil in der Stadt Zürich mehr als 20% vom Strommarkt ausmacht. Da davon nur die Menge und nicht die genaue Zusammensetzung bekannt

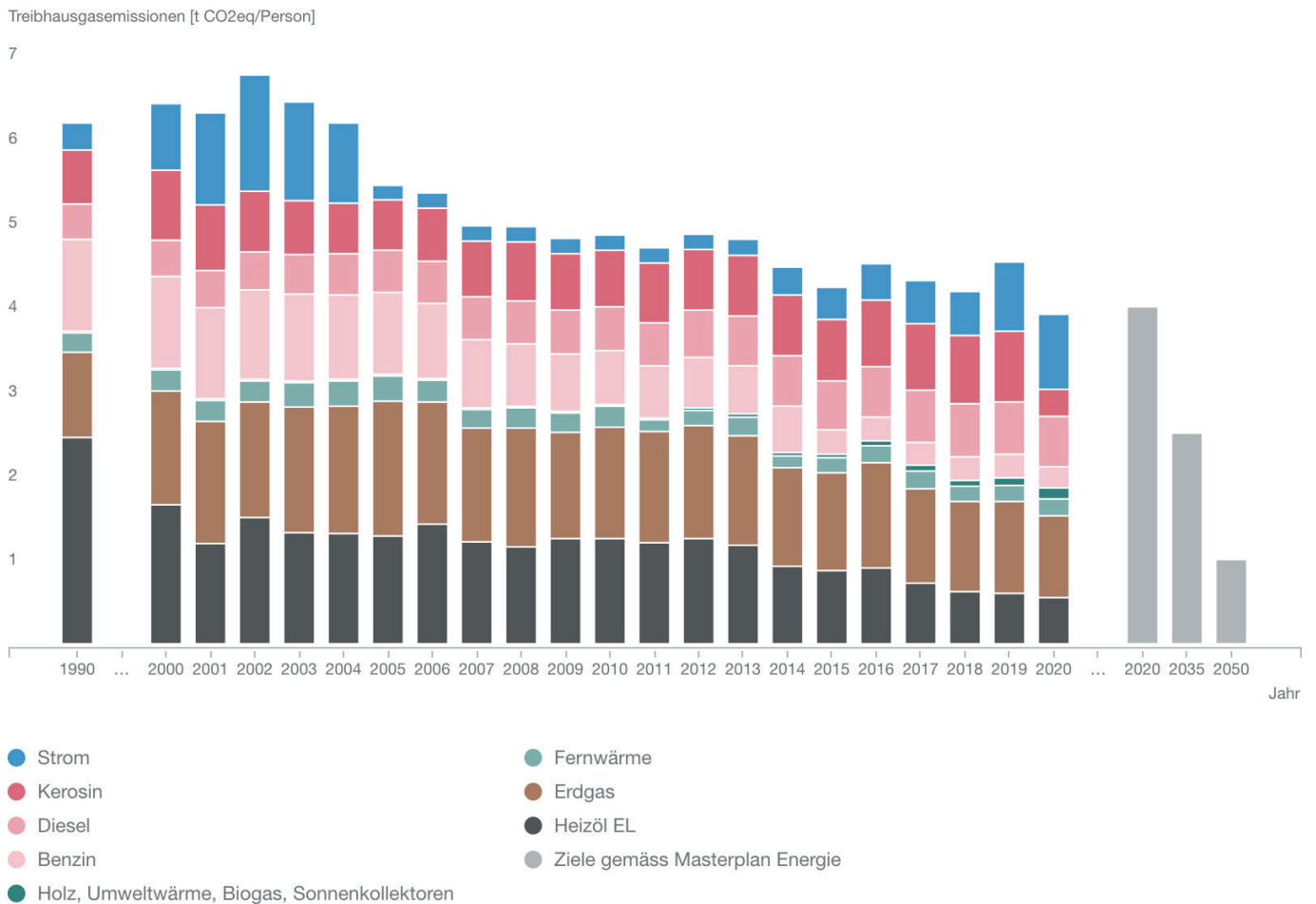


Abbildung 15
Treibhausgasemissionen Stadt Zürich nach Energiequelle von 1990-2020 (GUD, 2023c)

ist, wird für die Statistik der Durchschnittwert des europäischen Strommarktes benutzt, der einen erheblichen Anteil an fossil erzeugtem Strom aus Kohle- und Gaskraftwerken enthält (vgl. GUD, 2023f). Die THGE der Energiequellen zur Wärmeerzeugung (grün, braun und schwarz) sind seit 1990 zwar stetig gesunken,

machen jedoch mit dem Anteil von Erdgas und Heizöl noch immer knapp 50% der gesamten Emissionen (siehe Abbildung 15) aus. Der Rückgang ist vor allem auf energetische Sanierungen und auf den Umstieg auf erneuerbare Energiequellen im Gebäudebereich zurückzuführen (vgl. GUD, 2023f).

Primärenergiebilanz der Stadt Zürich

In Abbildung 16 werden die Primärenergiebilanz und die Zusammensetzung der Energieträger von 1990 bis 2020 ersichtlich. Die Primärenergiebilanz bezeichnet die gesamte Energie, die im ursprünglichen Energieträger enthalten ist sowie die Energie, die für deren Gewinnung, Umwandlung und Nutzung aufgewendet wird (GUD, 2023e).

Der Primärenergieverbrauch in der Stadt Zürich hat seit 2000 um rund 1950 Watt abgenommen. Je nach Energieträger zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen. Eine deutliche Veränderung in den letzten Jahren ist beim Energieträgermix Strom zu erkennen. Dies hängt damit zusammen, dass das ewz seit 2015 alle Haushalte und Privatkund:innen mit 100% erneuerbarem Strom beliefert. Deshalb wird die Kernenergie, welche 1990 einen Anteil von etwa einem Drittel ausmachte, in Zürich seit 2020 nicht mehr genutzt (vgl. GUD, 2023e).

Beim Energieträger-Mix der Wärme zeigt Abbildung 16 den grossen Anteil von Erdgas und Heizöl (braun und schwarz) im Vergleich zu Holz, Umweltwärme, Biogas, Sonnenkollektoren und der Fernwärme (grün). Diese fossilen Energien haben 2020 zwei Drittel der Energieträger der Wärme ausgemacht (GUD, 2023e).

Im Bereich der Gebäude ist der Rückgang des Primärenergieverbrauchs auf Sanierungen von Fenstern, Fassaden oder Dächern zurückzuführen sowie auf den vermehrten Einsatz von Fernwärme und den Ersatz von Ölheizungen durch Gas und Wärmepumpen (vgl. GUD, 2023e).

6.2.3 Energiebereitstellung

Biogas

Technische Funktionsweise

Biogas entsteht durch die technische Aufbereitung biogener Abfälle. Dabei wandeln biologische Prozesse die organischen Bestandteile des Bioabfalls in energiereiches Biogas um, das dann in das Gasnetz eingespeist werden kann. Der Gesamtprozess der Vergärung ist CO₂-neutral, da das im Gas enthaltene CO₂ zuvor von den Pflanzenbestandteilen aus der Atmosphäre aufgenommen wurde (vgl. Biogas Zürich AG, 2023).

Gegenwärtige Nutzung

In der Stadt Zürich wird momentan im Klär- und dem Vergärwerk Werdhölzli Biogas hergestellt und ins Gasnetz eingespeist. Jährlich kann so ein Energieinhalt von rund 55 GWh eingespeist werden. Das entspricht 1–2% des gesamten Gasverbrauchs der Stadt (vgl. Stadt Zürich, 2023b).

Primärenergieverbrauch [Watt/Person]

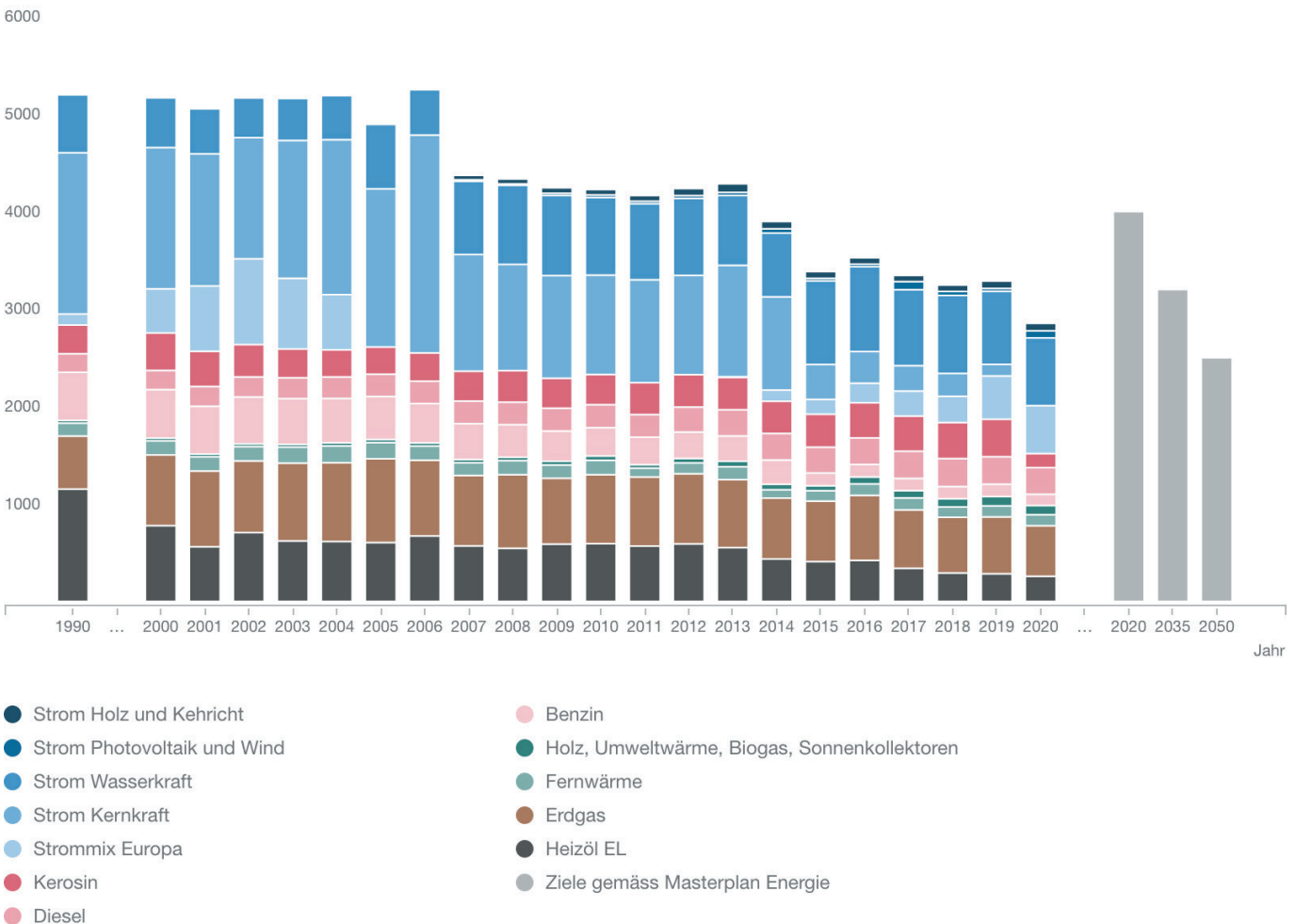


Abbildung 16
Primärenergiebilanz Stadt Zürich von 1990-2020 (GUD, 2023b)

Perspektiven

Bereits jetzt ist die Nachfrage nach Biogas höher als das Angebot. In Zukunft soll es nur dort eingesetzt werden, wo die Energieversorgung nicht oder noch nicht an eine Wärmepumpe oder an das Fernwärmenetz angeschlossen ist (vgl. Stadt Zürich, 2023b).

Strom – Photovoltaik

Technische Funktionsweise

Eine PV-Anlage wandelt Sonnenlicht direkt und emissionsfrei in elektrischen Strom um (energie schweiz, 2023b). Sie besteht aus Solarmodulen, die wiederum aus Silizium hergestellt werden. Trifft die kurzwellige Sonnenstrahlung auf die Siliziumzellen, werden Elektronen angeregt, wodurch sie sich zu Leiterbahnen bewegen. Es entsteht eine Stromspannung und der Strom kann in einen Speicher oder ins Stromnetz eingespeist werden (vgl. Solarspar, 2023).

Gegenwärtige Nutzung

Im Vergleich zu der ganzen Schweiz verläuft der PV-Zubau in der Stadt Zürich langsam und der Anteil des Solarstroms am Stromverbrauch liegt deutlich unter dem Schweizer Durchschnitt von knapp 6% (Swissolar, 2023). Seit 2010 hat sich die Solarstromproduktion von 4.6 GWh auf 29 GWh zwar versechsfacht, entspricht dabei jedoch lediglich etwa 1% des Zürcher Stromverbrauchs (vgl. Banfi, 2021).

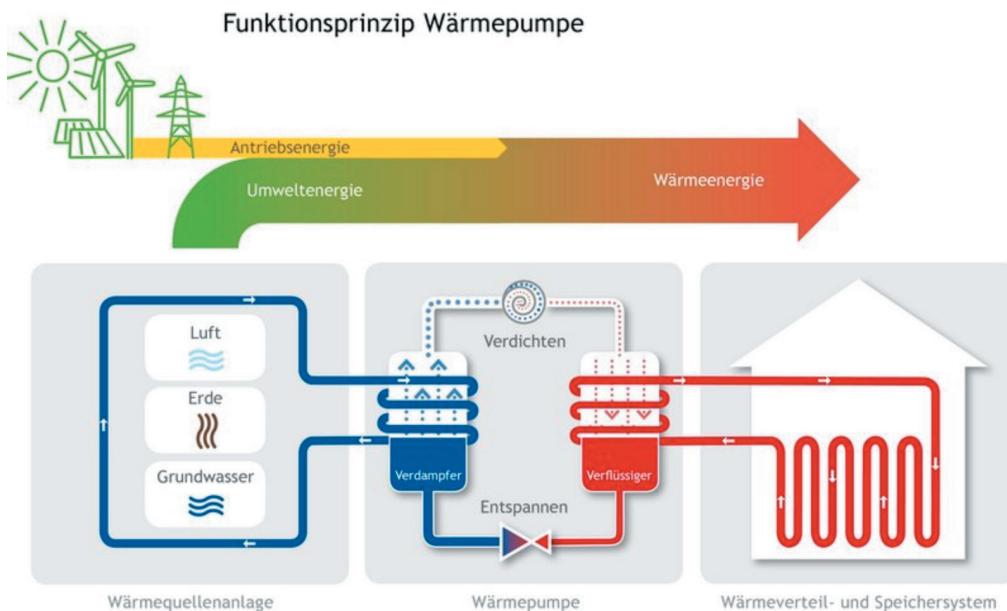
Perspektiven

Unter Berücksichtigung solarer, technischer, ökonomischer, ökologischer und denkmalpflegerischer Aspekte wurde von Meteo-test (2021) das PV-Potenzial für die Stadt Zürich berechnet. Die Analyse ergab ein PV-Produktionspotenzial von 487 GWh auf einer Potenzialfläche von 3.01 km². Der damit gewonnene Strom entspräche 16% des gegenwärtigen Stromverbrauchs der Stadt Zürich (vgl. Albrecht-Widler et al., 2021).

Thermische Energie – Wärmepumpen

Technische Funktionsweise

Eine Wärmepumpe funktioniert wie ein Kühlschrank, nur umgekehrt. Sie entzieht dem Aussenbereich Wärme und gibt sie dem Haus ab (vgl. FWS, 2023). In einem ersten Schritt wird unter Stromverbrauch der Umgebung (Wasser, Luft oder Erde) Wärme entzogen. Im zweiten Schritt macht die Wärmepumpe in einem Kreislauf mit Kältemittel durch Verdampfen und Verdichten die entzogene Energie nutzbar. Zuletzt gelangt die Wärme in das Wärmevertei- und Speichersystem und wird auf die Haushalte verteilt, siehe Abbildung 17 (vgl. BWP, 2023). Je nach Wärmequelle und Anlage entspricht der Wirkungsgrad einer Wärmepumpe 200–400%. Das heisst konkret, dass aus 1 kWh Antriebsenergie 2–4 kWh Wärme entstehen kann (vgl. Omer, 2008). Dazu kann eine Wärmepumpe CO₂-neutral betrieben werden, wenn der für den Wärmeentzug benötigte Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt (energie schweiz, 2023a).



Gegenwärtige Nutzung

In der Stadt Zürich gibt es die Seewasserverbunde Zürichsee, die das Wasser des Zürichsees als Medium für Wasser-Wärmepumpen nutzen und die angeschlossenen Liegenschaften damit heizen oder kühlen. Insgesamt plant das ewz sieben Verbunde, wovon vier bereits in Betrieb sind (ewz, 2023b). Der Anteil von Luft/Wasser-Wärmepumpen an der Bereitstellung des Wärmebedarfs betrug 2019 nur ungefähr 1% (Gasser et al., 2019, S. 8). Im Jahr 2021 wurden etwas weniger als 10% aller Wohnungen in Zürich mit Erd-Wärmepumpen beheizt (Stadt Zürich, 2021a, S. 60).



Abbildung 17 Funktionsprinzip Wärmepumpe (BWP, 2023)

Perspektiven

Nach dem Konzept der Energieversorgung der Stadt Zürich sollen bis 2050 rund ein Achtel der Gebäude in der Stadt von Luft-Wärmepumpen beheizt werden (Gasser et al., 2019, S. 8).

Thermische Energie – Fernwärme

Technische Funktionsweise

In einer zentralen Anlage, wie zum Beispiel einer Abfallverbrennungsanlage oder einem Heizkraftwerk, wird Fernwärme erzeugt. In Form von heissem Wasser wird diese Wärme ins Fernwärmenetz eingespeist und kann für die Warmwasserleitung oder die Beheizung von Gebäuden genutzt werden (siehe Abbildung 18) (BFE, 2023b).

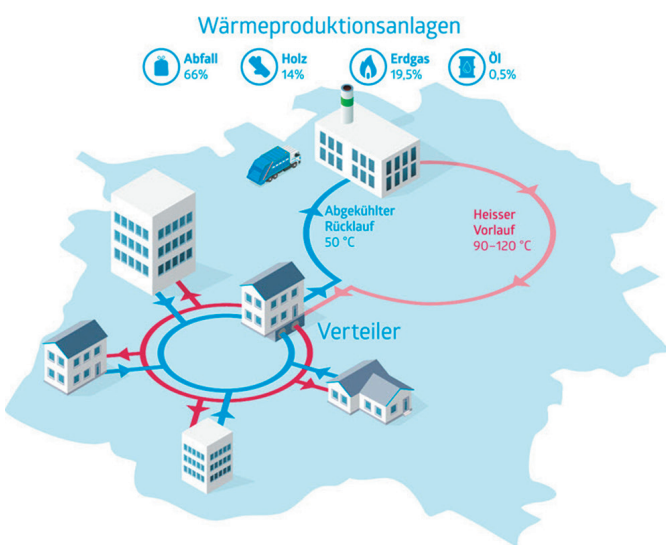


Abbildung 18 Wärmeproduktionsanlagen (Energie 360°, 2023)

Gegenwärtige Nutzung

Mit 18% macht die Fernwärme nach Heizöl und Erdgas in der Stadt Zürich den grössten Teil der Wärmeversorgung aus (Stadt Zürich, 2021a, S. 44). In der Stadt gibt es mehrere grosse Fernwärmenetze von verschiedenen Betreiber:innen (Stadt Zürich, 2023h). Das Fernwärmenetz der ERZ versorgt über das Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz und der Wärmeproduktionsanlage Aubrugg Zürich Nord, das Hochschulquartier, Teile der Stadt Opfikon sowie die Gemeinde Wallisellen (vgl. Stadt Zürich, 2023j). Seit Ende Oktober 2022 ist das Fernwärmenetzgebiet Zürich West, das bis zur Stilllegung vom Kehrichtheizkraftwerk Josefstrasse die Wärme bezog, ebenfalls an Zürich Nord angeschlossen (sda, 2022). Damit deckt die ERZ rund 16% des Fernwärmenetzes ab.

Daneben betreibt das ewz die Gebiete Altstetten und Höngg mit dem Abwasser aus dem Klärwerk Werdhölzli und der Abwärme aus der Klärschlammverwertung als Energiequelle (Stadt Zürich, 2023h). Auch der Zürichsee dient als Energiequelle für verschiedene Wärmenetze (ewz, 2023b).

Perspektiven

Abbildung 19 zeigt die geplanten Fernwärmenetze im Jahr 2040. In orange sind die Netze der ERZ, in violett von Energie 360° und in blau die Netze der ewz (Stadt Zürich, 2023o).

Geplant ist, die jetzige Abdeckung von 30% des Zürcher Stadtgebiets mit einem erneuerbarem Wärmenetz auf 60% zu erweitern (ewz, 2023c). Für den Ausbau der Fernwärme wurde Ende November 2021 ein Rahmenkredit von 330 Mio. CHF mit mehr als 80% Ja-Stimmen angenommen (Stadt Zürich, 2021b). Ende November 2022 wurde dieser Kredit erhöht und der Ausbau wird nun mit 573 Mio. CHF unterstützt (vgl. ewz, 2023c, S. 79).

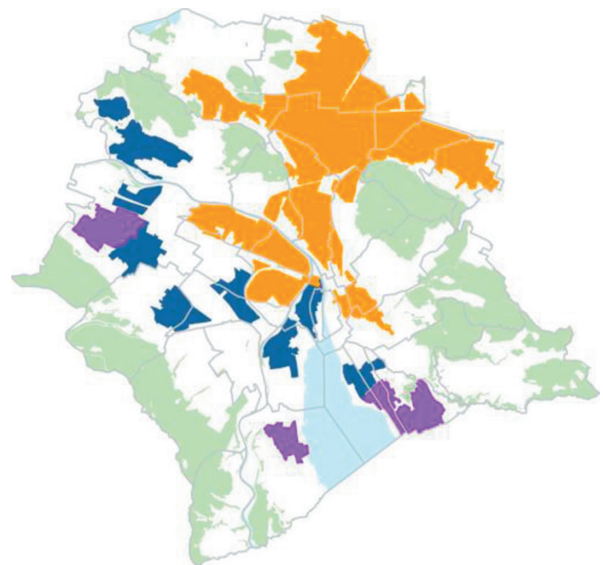


Abbildung 19 Fernwärmenetze in der Stadt Zürich im Jahr 2040, Orange: ERZ, Violett: Energie 360°, Blau: ewz (Stadt Zürich, 2023e)

6.2.4 Energienutzung

Verkehr

Aktuelle Situation

Aus dem Modalsplit des Verkehrs (Verkehrsmittelwahl) in der Stadt Zürich (siehe Abbildung 20 links) wird ersichtlich, dass der ÖV mit 41% den höchsten Verkehrsanteil aufweist, gefolgt von Fuss- und Veloverkehr mit etwa einem Drittel und dem MIV mit einem Viertel Anteil am Gesamtverkehr (vgl. Stadt Zürich, 2021a, S. 79).

Bezüglich des Treibstoffverbrauchs im Verkehr hat sich von 2010 bis 2019 wenig verändert (siehe Abbildung 20 rechts). Die Daten lassen sich jedoch schwer vergleichen (TED, 2022, S. 17). Einerseits war das Jahr 2020 von einer ausserordentlichen Pandemiesituation geprägt, andererseits basiert das Modell auf Datenerhebungen aus dem Jahr 2010 und 2015, die Daten in der Zwischenjahre wurden mit Indikatoren geschätzt (GUD, 2023e). Trotzdem macht die Abbildung deutlich, dass Strom noch immer den kleinsten Anteil im Zürcher Treibstoffverbrauch ausmacht (vgl. Stadt Zürich, 2021a, S. 79).

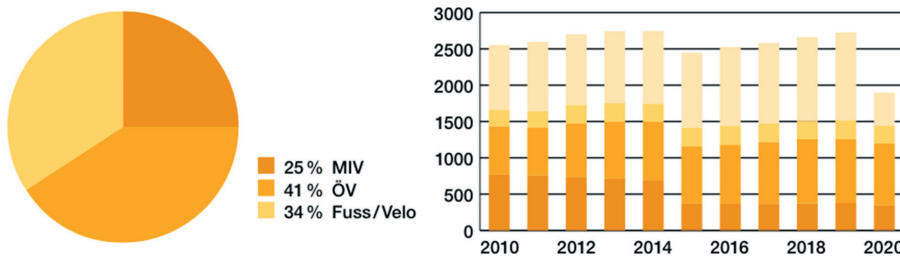


Abbildung 20
Modalsplit (links) und Treibstoffverbrauch in GWh/a (rechts) der Stadt Zürich (Stadt Zürich, 2021b, S. 79)

Perspektiven

In der Stadt Zürich wird heute 80% des ÖV elektrisch und durch erneuerbare Energien bereitgestellt. Bis 2030 soll dieser komplett elektrisch und weitgehend erneuerbar sein (vgl. Stadt Zürich, 2021a, S. 80). Dazu möchte die Stadt Zürich den Fuss- und Veloverkehr sowie den ÖV attraktiver machen. Den MIV gilt es dabei stetig zu verkleinern. Bis 2025 soll dieser noch 20% des Verkehrs ausmachen (vgl. TED, 2022, S. 8).

Gebäude

Aktuelle Situation

Knapp 40 m² Wohnfläche beanspruchte ein:e Einwohner:in der Stadt Zürich im Jahr 2020. Seit 1970 ist diese Zahl um 40% angestiegen und weist noch immer eine steigende Tendenz auf. Damit dieser Anstieg nicht mit einem steigenden Energiebedarf korreliert, sind Ersatzneubauten und Sanierungen essenziell (vgl. Kap. 5.2.2). Zurzeit werden in Zürich jährlich 1,8% der Gebäude durch Sanierungen oder Ersatzneubauten erneuert (vgl. Stadt Zürich, 2021a, S. 60–61).

Dass Neubauten und Sanierungen den Energieverbrauch reduzieren, bestätigt der Blick auf den Energieträgermix im Wohnungsbestand der Stadt Zürich: Aktuell wird die Hälfte aller Wohnungen mit Erdgas beheizt, dazu 25% mit Heizöl und nur 27% mit erneuerbaren Energien oder Fernwärme. Anders bei Neubauten: Unter den Gebäuden mit einem Baujahr nach 2010 wird die Hälfte aller Wohnungen durch eine Wärmepumpe und knapp 40% mit Fernwärme beheizt (siehe Abbildung 21) (vgl. Stadt Zürich, 2021a, S. 61).

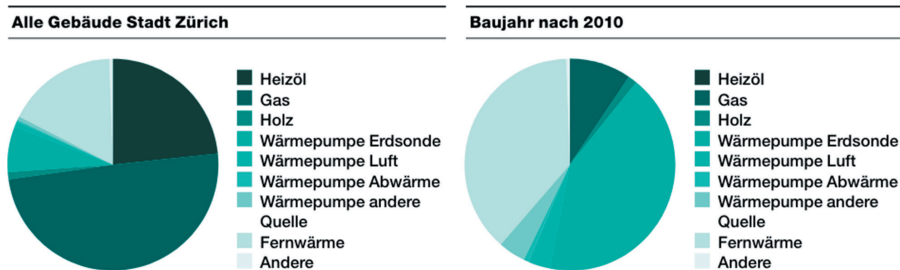


Abbildung 21
Modalsplit (links) und Treibstoffverbrauch in GWh/a (rechts) der Stadt Zürich (Stadt Zürich, 2021b, S. 79)

Perspektiven

Die Stadt Zürich formuliert eine Reduktion des Wärmeverbrauchs von 20%, um das NN-Ziel zu erreichen. Für die damit verbundenen Sanierungen läuft seit August 2022 ein Förderprogramm (vgl. Stadt Zürich, 2023p). Insgesamt führt eine energetische Sanierung kurzfristig zu erhöhten Kosten (Kanton Zürich, 2023b). Aus den Förderprogrammen und dem deutlich reduzierten Primärenergieverbrauch lässt sich jedoch schliessen, dass die zusätzlichen Kosten

tiefer ausfallen. Der Kanton Zürich geht langfristig sogar von Einsparungen aus (vgl. Kanton Zürich, 2023b).

6.2.5 Energiespeicherung und -steuerung

Durch den vermehrten Ausbau von PV wird es im Sommer zu einem Stromüberschuss kommen, während im Winter Defizite ein Problem darstellen können (Wrabel, 2021). So sind für eine langfristig erfolgreiche Energiepolitik weitere Massnahmen nötig. Um diese Unterschiede auszugleichen, können Speichermöglichkeiten und intelligente Energiesysteme eine entscheidende Rolle spielen. Zwei solcher Methoden werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

Power-to-X

Technische Funktionsweise

Power-to-X (PtX) steht für den Prozess der Umwandlung von elektrischer Energie in chemische Energie oder in Wärme. Dabei entstehen Wärme (Heat), Flüssigkeit (Liquid) oder Gas. Für die spezifischen Prozesse wird das «X» durch das entsprechende Produkt ersetzt (vgl. Paschotta, 2020).

In der Power-to-Gas (PtG) Anlage von Limeco werden sowohl eine Abwasserreinigungsanlage (ARA) als auch eine Kehrrichtverbrennungsanlage (KVA) kombiniert genutzt, um einen eigenen Stromerzeugungs- und Stromspeicherungskreislauf zu schliessen (siehe Abbildung 22). In den Faultürmen der ARA wird Klärgas aus dem Klärschlamm gewonnen und aus der Abwärme der KVA wird der für die Elektrolyse benötigte Strom genutzt. Das in der Elektrolyse abgespaltenen H₂ wird mit dem Klärgas in einen Bioreaktor geführt, wo Mikroorganismen das H₂ mit dem CO₂ zu Methan (CH₄) umwandeln. Das CH₄ kann dann als Energiespeicher verwendet oder direkt ins Erdgasnetz eingespeist werden. Das PtG-Verfahren besitzt einen Wirkungsgrad von 45% bezüglich des aufgewendeten Stroms zur Gasherstellung. Wenn zusätzlich die Abwärme des Vorgangs genutzt wird, kommt es zu einem Wirkungsgrad von 80% (vgl. Limeco, 2023).

Gegenwärtige Nutzung

Bis auf einige Forschungsprojekte ist die Anlage von Limeco in Zürich die einzige PtG-Anlage in der Schweiz, die in indust-

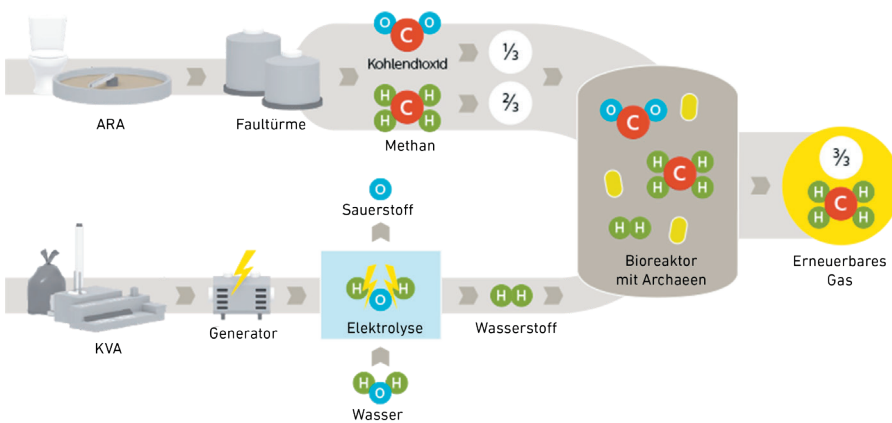


Abbildung 22
Funktionsweise PtG-Anlage (Limeco, 2023b)

riellem Massstab produziert. Aktuell speist die PtG-Anlage von Limeco 18 GWh grünes Gas pro Jahr ins Erdgasnetz ein. Damit können 2000 Haushalte versorgt werden (vgl. Limeco, 2023).

Perspektiven

Zurzeit sind PtX-Produkte mit hohen Kosten verbunden. Ob diese Technologie eine wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit erreicht, hängt gemäss Kober et al. (2019) von einigen Schlüsselfaktoren ab. So sollte zum Beispiel die Technologie weiterentwickelt werden, um damit verbunden die Anlagekosten senken zu können. Auch bräuchte es einen Regulierungsrahmen für Stromspeichertechnologien, mit der Anerkennung der Vorteile von PtX im Stromnetz. Allgemein bräuchte es zur Erreichung der Energie- und Klimaziele eine ganzheitliche Untersuchung bezüglich der Rolle und dem optimalen Einsatz von PtX (vgl. Kober et al., 2019, S. 6–7).

Intelligente Energiesysteme

Technische Funktionsweise

Beim Umstieg auf ein von erneuerbaren Energien dominiertes Stromkonzept können Intelligente Energiesysteme (IE) eine zentrale Rolle spielen und einen effizienten Ausgleich vom aktuellen Angebot und der Nachfrage von Strom in einem dezentralen Energiesystem ermöglichen (BFE, 2015, S. 30). Ein Smart Grid (intelligentes Stromnetz) ist ein Stromnetz, das digitale Technologien und Kommunikationsprotokolle nutzt, um den Energiefluss und den Stromverbrauch in Echtzeit zu überwachen, zu steuern und zu optimieren. Smart Grids ermöglichen eine bessere Integration von erneuerbarer Energien, eine höhere Energieeffizienz und können die zur Verfügung stehenden Ressourcen besser einteilen und Netzverluste minimieren (vgl. BFE, 2015, S. 21–22).

Gegenwärtige Nutzung

Das ewz arbeitet seit mehreren Jahren mit dem Tochterunternehmen Smart Grid Solutions AG zusammen und hat in Zürich-Affoltern sowie in Zürich-Wollishofen bereits zwei Pilotprojekte zu Smart-Grids gestartet (Engeler et al., 2022). Zurzeit werden in der Stadt Zürich alle herkömmlichen Stromzähler durch sogenannte Smart Meter ersetzt, was einen wichtigen Grundbaustein für Smart Grids bildet (DIB, 2023).

Perspektiven

Der Einsatz von Smart Grids ist in Planung und wird mit den Smart Meter bereits umgesetzt. Dabei verfolgt das ewz einen Vier-Stufenplan: Zuerst soll die Bevölkerung *sensibilisiert* werden, um das Konsumverhalten zu ändern. In einem nächsten Schritt beginnt das *Monitoring*, wobei das Netz überwacht und Engpässe festgestellt werden sollten. Der dritte Schritt bilden *Tarifanreize* und zuletzt soll in kritischen Netzbelastungen das Netz *gesteuert* werden können (vgl. Engeler et al., 2022).

6.2.6 Negativemissionstechnologien

Negativemissionstechnologien (NET), die bereits ausgestossene CO_2 -Emissionen mithilfe technischer und biologischer Methoden einfangen und langfristig speichern, werden hauptsächlich bei Sektoren mit schwer vermeidbaren Emissionen benötigt (vgl. Schneeberger et al., 2022, S. 10). Im Folgenden wird die NET «Direct Air Capture» (DAC) näher betrachtet.

Direct Air Capture

Technische Funktionsweise

DAC ist eine NET, welche CO_2 direkt der Luft entzieht. Dabei werden einerseits Filter verwendet, welche das CO_2 chemisch absorbieren (Socolow et al., 2011, S. 18), andererseits können CO_2 -durchlässige Membranen als Sieb dienen. Gemäss einer Forschungsarbeit der Universität Freiburg, bei welcher zwei unterschiedliche DAC-Technologien verglichen wurden, entfernt eine durch fossilen Energiemix betriebene Anlage nur 42–70% des entzogenen CO_2 netto aus der Luft. Mit den übrigen 30–58% kompensiert sie ihren eigenen Betrieb. Bei einer Anlage, die vollständig erneuerbare Energie bezieht, sind 14% der entzogenen CO_2 -Menge Kompensation der anlageeigenen Emissionen (vgl. Podbregar, 2021).

Gegenwärtige Nutzung und Perspektiven

Gegenwärtig existieren weltweit 18 kommerzielle DAC-Anlagen. Zahlreiche weitere Projekte sind in Planung. Unterschiedliche Technologien zur direkten CO_2 -Entnahme aus der Luft werden laufend weiterentwickelt (vgl. IEA, 2023). Die erste kommerzielle DAC-Anlage weltweit war bis Ende 2022 in Hinwil (ZH) in Betrieb. Das Start Up *Climeworks* konnte so aus der Luft abgeschiedenes CO_2 zur Nutzung an Kund:innen liefern. Mittlerweile ist *Climeworks* mitbeteiligt an DAC-Anlagen auf Island sowie in der Projektentwicklung von Anlagen in Oman, Norwegen und den USA (vgl. Climeworks, 2022). Nicht zufällig fällt die Wahl der Standorte auf die genannten Orte. Eine DAC-Anlage ist nur dort sinnvoll, wo das aufgenommene CO_2 auch dauerhaft gespeichert werden kann. Dazu sollte die Anlage nicht mehr Treibhausgase ausstossen, wie sie aufnehmen kann. Eine Voraussetzung hierzu ist eine ausreichende Versorgung mit erneuerbaren Energien. Ein solch geeigneter Standort wurde in der Schweiz bis anhin noch nicht gefunden (vgl. Jorio, 2021).

6.2.7 Stakeholder:innen

Die Rahmenbedingungen im Bereich der technologischen Lösungen setzt der Gemeinderat Zürich. Er kann unter anderem Gesetze erlassen und entscheiden, wohin die Steuergelder fließen (Gemeinderat Stadt Zürich, 2023). Weitere Rahmenbedingungen im Bereich der technologischen Lösungen setzen die Hochschulen ETH, UZH oder ZHAW mit ihrem Beitrag zur Forschung und Weiterentwicklung. In der Energiebereitstellung sind das ewz und die ERZ die massgebenden SH. Sie betreiben die Wärmenetze und versorgen die Stadt mit erneuerbarem Strom (ERZ, 2022; ewz, 2023d). Die VBZ, der HEV und der Industrie-Verband Zürich (ivz) repräsentieren die Sektoren der Mobilität, der Gebäude und der Industrie. Sie gehören zu den primären Verbraucher:innen der Energien und sind an der Umsetzung der technologischen Lösungen massgebend beteiligt.

6.3 Diskussion

Die Stadt Zürich möchte in knapp 17 Jahren keine THGE mehr ausstossen. Um dies mit dem heutigen Lebensstandard und der momentanen Energienutzung der Stadtzürcher Bevölkerung zu erreichen, muss im Bereich der Energiebereitstellung, Energiespeicherung und -steuerung sowie in der Energienutzung der Umstieg auf erneuerbare Technologien erfolgen. Die Bedeutung von technologischen Lösungen für die Erreichung des Ziels von NN2040 wird deutlich. Dabei bilden der Ausbau und die Weiterentwicklung bereits bestehender Technologien einen wesentlichen Grundstein für die Umsetzung dieses Ziels. Die Bedeutung der verschiedenen Technologien kann wie folgt beschrieben werden:

Energiebereitstellung

Auf dem Strommarkt sind PV-Anlagen ein deutliches Potenzial zuzuschreiben. Durch den Ausbau dieser Technologie könnten 16% des heutigen Strombedarfs gedeckt werden, aktuell ist es 1%. Für eine zeitnahe Stromdeckung ist also der Ausbau von PV-Anlagen auf dem Stadtgebiet zentral. Die Technologie ist bekannt, anerkannt und bewährt. Das tatsächliche Potenzial für PV ist stark abhängig von politischen Entscheidungen der Stadt Zürich in Bezug auf den Nutzungskonflikt mit Dachbegrünungsinitiativen und dem Denkmalschutz.

Zurzeit ist der Anteil von Erdgas an der Energiebereitstellung hoch. Erneuerbare Gasquellen wie Biogasanlagen oder PtG werden diesen Bedarf nicht vollständig decken können. Dazu kommt, dass das Gasnetzwerk durch die vollständige Abkehr von fossilen Treibstoffen weitgehend stillgelegt werden soll. Biogas wird also in der Erreichung des NN-Ziels nur punktuell eine Rolle spielen. In der Wärmebereitstellung kann der Ausbau von Wärmepumpen zusammen mit der Fernwärme das Ziel NN 2040 ermöglichen. Um zu Spitzenzeiten nicht von fossilen Energieträgern abhängig zu sein, müssen genügend erneuerbare Wärmequellen vorhanden sein. In diesem Bereich existiert bereits ein ausgereiftes Konzept von der Stadt Zürich und es wurden Gelder gesprochen, um die ambitionierten Ziele zu erreichen. Im Zusammenspiel verschiedener technologischer Lösungen ist also im Bereich der Wärmeversorgung das Ziel NN THGE noch in Sicht.

Energiespeicherung und -steuerung

Es könnte argumentiert werden, dass das Gas von PtG-Anlagen für die Sofortnutzung in die bereits bestehenden Gasnetze eingespeist werden könnte und so keine neue Infrastruktur notwendig sei; allerdings sind für die Speicherung neue Bauten notwendig und damit verbunden eine breite Akzeptanz in der Bevölkerung bezüglich dieser neuen Technologie. Ob das in den verbleibenden Jahren bis zum NN-Ziel erreicht wird, ist unklar. Es bräuchte ab sofort mehr finanzielle Mittel, um die Forschung und Sensibilisierung voranzutreiben. In Bezug auf das NN-Ziel der Stadt Zürich ist PtX-Anlagen keine bedeutende Rolle zuzuschreiben. Hingegen sind Smart Grids im Bereich der Energiesteuerung eine Schlüsseltechnologie für das Erreichen von NN2040. Das ewz setzt dies bereits in ersten Schritten um und es ist davon auszugehen, dass damit das Stromnetz in den kommenden Jahren effizienter wird und folglich THGE eingespart werden können.

Energienutzung

Die Aufschlüsselung der Energiebereitstellung zeigt: Die erneuerbaren Energien reichen nicht aus, um die Stadt Zürich zu 100% selbst zu versorgen. Um den Anteil an zu importierendem Strom zu verringern, besteht vor allem in den Bereichen Gebäude und Verkehr Potenzial zur effizienteren Energienutzung. Für den Verkehr gibt es bereits zahlreiche Konzepte und Ziele sind formuliert. An der Entwicklung der letzten Jahre ist jedoch zu sehen, dass die Prozesse zu langsam gehen und die gewünschten Resultate nicht erreicht werden. Im Bereich der Gebäude zeigen die Daten der vergangenen Jahre, dass Sanierungen und Ersatzneubauten die Energieeffizienz positiv beeinflussen. Durch eine Erhöhung dieser Quote kann das NN-Ziel im Bereich der Gebäude durchaus erreicht werden.

Bedeutung NET

NET, bzw. DAC, könnten in Zukunft eine bedeutende Rolle auf dem globalen Weg zu NN THGE spielen. Allerdings ist wie in Kapitel 6.2.6 erläutert, davon auszugehen, dass sie innerhalb der räumlichen und zeitlichen Systemgrenze dieser Fallstudie eine untergeordnete Rolle spielen.

6.4 Schlussfolgerungen

Damit die Stadt Zürich ihr Klimaziel NN 2040 erreicht, sind technologische Lösungen unerlässlich. Dabei sind die heutigen Technologien zentral. Diese gilt es anzuwenden und deren Effizienz zu steigern. Neue Technologien spielen innerhalb der zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen dieser Fallstudie keine entscheidende Rolle. Auch NET sind vielmehr über die Systemgrenzen hinaus zu denken, als damit das Ziel zu erreichen.

Technologische Lösungen existieren, um das NN-Ziel der Stadt Zürich zu erreichen. Diese allein reichen jedoch nicht aus. Die Umsetzung darf nicht vergessen gehen, dabei liegt eine grosse Verantwortung bei den SH. Das Ziel Netto Null 2040 geht weit über technologische Lösungen hinaus und setzt eine enge Zusammenarbeit und Umsetzungsbereitschaft zwischen Politik, Bevölkerung und Wirtschaft voraus.

7 Teilanalyse Gesellschaftliche Transformationen für Netto-Null

7.1 Einleitung

Seit dem 15. Mai 2022 steht fest: Die Stadt Zürich soll bis 2040 NN erreichen (GUD, 2023g). Voraussetzungen für das Erreichen dieses Ziel sind u.a. kohärente politische Strategien und Massnahmen (vgl. Kap. 4) sowie technologischen Lösungen (vgl. Kap. 6). Ebenso wichtig ist jedoch, gesellschaftliche und soziale Dynamiken zu berücksichtigen, da diese das Potenzial haben, den Transformationsprozess zu beschleunigen oder zu bremsen. Um dies genauer zu verstehen, ist die Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Transformationsprozessen (GTP) unabdingbar.

Aus diesem Grund beschäftigten sich die Studierenden der Teilanalyse GTP für NN mit folgender Fragestellung: *«Welche Bedeutung haben gesellschaftliche Transformationsprozess für die Erreichung von Netto-Null in der Stadt Zürich und welche Herausforderungen ergeben sich daraus?»* (UPL ETH Zürich, 2022).

Zur Beantwortung dieser Fragestellung wird zunächst eine Definition von GTP erarbeitet sowie Beispiele sozialer, kultureller und institutioneller Initiativen diskutiert. Ein weiterer Fokus liegt auf der Rolle von Suffizienzstrategien und Emotionen wie Klimaangst in diesen Prozessen. Zudem werden die Bedeutung gesellschaftlicher Beteiligung in Transformationsprozessen betrachtet und konkrete Beispiele ausserhalb politischer Prozesse analysiert.

7.2 Resultate

7.2.1 Gesellschaftliche Transformationsprozesse

Der Begriff GTP ist nicht eindeutig definiert und wird daher unterschiedlich verwendet (Lidskog & Sundqvist, 2022). Die von der Freien Universität Berlin (2023) vorgeschlagene und im Kontext dieses Falldossiers verwendete Definition beschreibt GTP als langfristige Prozesse, die tiefgreifende Veränderungen in verschiedenen Teilsystemen der Gesellschaft umfassen – etwa in den Produktions- und Konsummustern, gesellschaftlichen Normen oder rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen.

GTP können intentional oder nicht gezielt geplant entstehen. Im Gegensatz zu der Industriellen Revolution, die zu den ungeplanten Transformationen zählt, wird

das NN-Ziel in Zürich durch die Stadt zielorientiert gesteuert und findet somit intentional statt. Allerdings können auch intentionale Transformationen aufgrund der Komplexität realer Systeme nicht im Detail gesteuert werden (vgl. Griesshammer & Brohmann, 2015). GTP in den einzelnen Teilsystemen müssen nicht synchron zueinander ablaufen. Trotzdem sind die Veränderungen in den jeweiligen Bereichen voneinander abhängig und beeinflussen sich gegenseitig (Kemp & Loorbach, 2006). Veränderungen in verschiedenen Teilsystemen können sowohl weitere Transformationsprozesse anstossen als auch verhindern (Griesshammer & Brohmann, 2015).

Zeitlicher Verlauf von GTP

Wie in Abbildung 23 gezeigt, können Transformationsprozesse in vier Phasen aufgeteilt werden (Kemp & Loorbach, 2006). In der Predevelopment-Phase häufen sich technische oder gesellschaftliche Innovationen in geschützten Räumen, sogenannten Nischen, die auch gezielt gefördert werden können. Die vielen neuen Innovationen leiten die Take-off-Phase ein, in welcher der Wandel an Dynamik gewinnt und sich die Nischeninnovationen immer mehr verbreiten. Daraus resultiert die Breakthrough-Phase, in der durch Verdichtung und Anhäufung von Veränderungen tatsächlich ein struktureller Wandel eingeleitet wird. In der Stabilisierungsphase wird er gefestigt, sodass ein neues vorherrschendes System entsteht (vgl. Kemp & Loorbach, 2006).

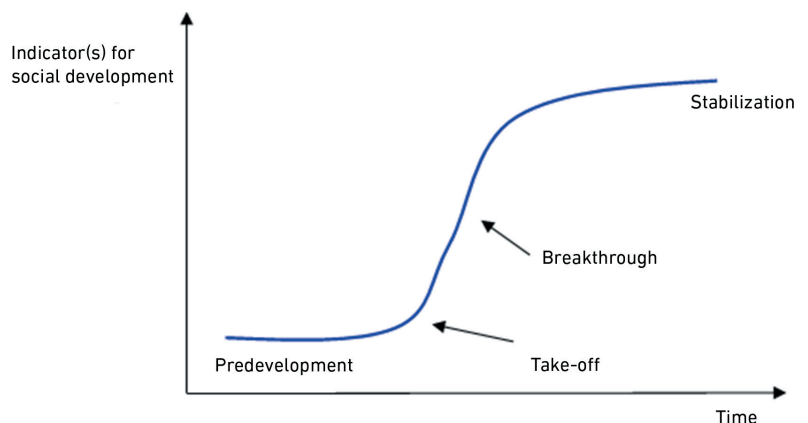


Abbildung 23 Idealtypischer Verlauf von Transformationen (Kemp & Loorbach, 2006)

Exemplarisch lässt sich dieser idealtypische Verlauf anhand der Entwicklung und Etablierung der Fleischersatzprodukte von Planted beschreiben. Deren Entwicklung innerhalb der Nischen-Ebene wurde durch die finanzielle Unterstützung der ETH Zürich, Hiltl und weiteren Stakeholder:innen ermöglicht. Parallel dazu wurde durch den Klimastreik eine soziale Entwicklung gefördert, die zu einem gesteigerten Umweltbewusstsein in der Bevölkerung führte. Dadurch konnten sich diese Fleischersatzprodukte etablieren und werden nun in Restaurants und Supermärkten in Zürich angeboten (vgl. Hoffer, 2021; Keller, 2019).

7.2.2 Beteiligungsprozesse

Ein essenzieller Bestandteil von GTP ist die gesellschaftliche Beteiligung. Dies sind Prozesse, in denen Individuen oder Gruppen sich über für sie relevante Themen informieren, sich daran beteiligen, zusammenarbeiten oder aktiv dagegen vorgehen (Revez et al., 2022). Beteiligungsprozesse können das Verständnis der Beteiligten fördern und helfen, unterschiedliche Perspektiven zu integrieren (Murunga, 2022). Dadurch tragen sie dazu bei, dass Entscheidungen und Projekte von einer breiteren Öffentlichkeit als legitim angesehen werden (Arzberger & Suda, 2013).

Eine wichtige Form der gesellschaftlichen Beteiligung ist das Engagement in sozialen Bewegungen. Diese stellen einen Gegenentwurf zu institutionalisierten Beteiligungsformen wie Parteien oder Vereinen dar und bieten vielfältige Partizipationsmöglichkeiten (vgl. Herbers & Zobel, 2022). Relevant für die Erreichung von NN 2040 ist insbesondere die Klimabewegung, die durch Demonstrationen, Blockaden und weitere Aktionen Druck auf Entscheidungsträger:innen in Politik und Wirtschaft ausübt und somit politische Transformationsprozesse anstossen kann (vgl. Hügel & Davies, 2020). Zusätzlich sind soziale Bewegungen oftmals Orte, in denen GTP auf einer persönlichen und zwischenmenschlichen Ebene stattfinden. So etablierte etwa der Klimastreik Schweiz basisdemokratische Prozesse der Entscheidungsfindung, die auf dem Konsensprinzip beruhen (Klimastreik Schweiz, 2023).

Barrieren der gesellschaftlichen Beteiligung

Gemäss Revez et al. (2022) wird oft davon ausgegangen, eine tiefe gesellschaftliche Beteiligung liege an einem Mangel an Wissen, Kapazität oder Motivation. Politische, praktische und persönliche Barrieren, die gesellschaftliche Beteiligung erschweren, würden oft nicht berücksichtigt. Wamsler et al. (2020) identifizierten als mögliche Barrieren u.a.:

- Fehlende finanzielle Ressourcen
- Arbeitsbedingungen
- Zielkonflikte
- Wahrnehmung der individuellen Verantwortung.

Zum Abbau dieser Hürden bedarf es laut Revez et al. (2022) einer strukturellen Veränderung, die auf die Entwicklung und Umsetzung inklusiver Massnahmen mit direkter Beteiligung der betroffenen Einwohner:innen abzielt. Kaiser (2022) bestätigt diese Analyse im Gespräch: In Zürich habe die Stadt viele Quartiervereine abgebaut, was die Beteiligung eingeschränkt hat. Vielen Initiativen fehle es an Arbeitskraft, da nur ein kleiner Teil der Bevölkerung genug Zeit und Energie hat, um sich zu engagieren und ehrenamtliche Arbeit ungenügend wertgeschätzt wird.

Gesellschaftliche Beteiligung in Zürich

Der Verein Urban Equipe initiierte 2020/2021 in Zusammenarbeit mit Nextzürich, dem Quartierverein Wipkingen und der Stadtentwicklung Zürich das Projekt «Quartieridee Wipkingen». Über die Open-Source Plattform «Decidim» konnten Interessierte eigene Ideen einreichen, die zunächst eine Konkretisierungsphase durchliefen und anschliessend zur öffentlichen Abstimmung auf Decidim standen. Das von der Stadt Zürich und der Schweizerischen Gemeinnützigen Gesellschaft zur Verfügung gestellte Budget wurde schliesslich auf acht Gewinnerprojekte aufgeteilt, die grösstenteils ehrenamtlich umgesetzt wurden (Urban Equipe, 2022a). Gemäss Urban Equipe (2022b) wurden besonders die Präsenzphasen und die beratende Unterstützung geschätzt. Das Projekt ermöglichte es Menschen jeden Alters, sich lokal zu vernetzen sowie Einblicke in die Stadtpolitik zu erhalten. Die Stadtverwaltung wiederum wurde vertrauter mit den Bedürfnissen der Quartiere. Allerdings konnte das Projekt bestimmte Bevölkerungsgruppen, wie Menschen in prekären finanziellen Situationen oder ohne gute Deutschkenntnisse, kaum erreichen (Urban Equipe, 2022b).

Das Konzept des partizipativen Budgets wurde ab Juli 2021 im Rahmen der «Stadtidee» auf alle Quartiere der Stadt ausgeweitet (Stadt Zürich, 2023f). Zudem hat die Stadt Zürich das digitale Partizipationsportal «Mitwirken an Zürichs Zukunft» etabliert, um Partizipationsmöglichkeiten zu verbessern und neue Formen der digitalen Partizipation zu testen (Stadt Zürich, 2023g).

7.2.3 Emotionen in der Klimadebatte

Emotionen tragen wesentlich zur Erreichung der Klimaziele bei, da sie eine wichtige Rolle dabei spielen, wie der Klimawandel wahrgenommen und beurteilt wird (Brosch, 2021). In der Öffentlichkeit wurde in den letzten Jahren insbesondere das Phänomen der Klimaangst breit diskutiert (vgl. Brändlin, 2022; Landert & Panholzer, 2021). Verstanden wird darunter die Angst vor zukünftigen Veränderungen, die aufgrund des Klimawandels auftreten (Collier, 2022). Weitere Emotionen, die durch die Klimadebatte ausgelöst werden können, sind Aussichtslosigkeit, Trauer oder Wut, aber auch positiv konnotierte Gefühle wie Stolz auf erfolgreiche Umweltprojekte (Döring-Seipel, 2008; Schmidt, 2022). Die Reaktion ist dabei abhängig von den individuellen Ressourcen, dem persönlichen Kontext – darunter fallen etwa die Familie, der Freundeskreis oder die Lebensumstände – sowie dem gesellschaftlichen Kontext, also die politischen, sozialen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Dohm et al., 2020).

Klimaangst betrifft oft Personen, die sich intensiv mit dem Klimawandel und den wissenschaftlichen Prognosen über mögliche Zukunftsszenarien befassen (Tucek, 2021). Eine mögliche Strategie zum Umgang mit Klimaangst besteht darin, nachhaltige Verhaltensmuster, etwa weniger Plastik zu verbrauchen, im Alltag zu etablieren (Schmidt, 2022). Jedoch kann Klimaangst auch verstärkt werden, wenn die Konsummuster von Menschen nachhaltiger werden, ohne dass die grundlegenden strukturellen Probleme gelöst werden. Dies liegt daran, dass «die Diskrepanz zwischen der beobachteten Realität und dem gewünschten Systemzustand [...] Ängste und Verzweiflung» erzeugt (Koskimäki, 2021, S. 13).

Die Rolle von Emotionen in der Erreichung von Partizipation

Gemäss Döring-Seipel (2008) ist eine zentrale Voraussetzung für die Erreichung von Partizipation, dass die Menschen auf einer persönlichen Ebene angesprochen werden und somit Betroffenheit erzeugt wird (vgl. Abbildung 24). Dies kann durch eigene Erfahrungen oder durch die Verbreitung von Informationen und gesellschaftlichen Narrativen durch die Medien geschehen und wird über eine emotionale als auch sachliche Ansprache erreicht. Die Betroffenheit von lokalen und globalen Umweltkrisen unterscheidet sich: Lokale Umweltprobleme, deren Auswirkungen im nahen Umfeld der Personen sichtbar werden, können sowohl einen Einfluss auf die körperliche Gesundheit von Personen als auch auf ihre persönlichen Wertvorstellungen ausüben, was normalerweise zu verstärkter Partizipation führt. Bei globalen Umweltproblemen hingegen spielt die Angst um die körperliche Unversehrtheit keine

grosse Rolle, stattdessen lässt sich die Partizipation hier primär auf die Wertvorstellung der Menschen zurückführen (vgl. Döring-Seipel, 2008).

Bei der emotionalen Ansprache unterscheidet Döring-Seipel (2008) weiter zwischen positiven und negativen Gefühlen. Zu den positiven Emotionen gehören beispielsweise die Freude an einer intakten Natur und Stolz auf erfolgreiche Umweltprojekte, während negative Emotionen etwa Schuldgefühle, Empörung und Angst umfassen. Positive Gefühle können dabei genauso wie Schuldgefühle oder Empörung eine positive Wirkung auf den Grad der Partizipation haben. Werden negative Gefühle jedoch von aussen, etwa durch Panik oder Druck, erzeugt, kann dies zu Überforderung und damit verbunden zu Vermeidungs- und Neuinterpretationsprozessen führen. Dies kann bewirken, dass die Menschen nicht nur passiv bleiben, sondern Massnahmen aktiv verweigern (vgl. Döring-Seipel, 2008).

Klimaangst in der Stadt Zürich

Bisher gibt es in der Stadt Zürich keine spezifischen Beratungsangebote oder ähnliche Unterstützung für Menschen, die von Klimaangst betroffen sind. In der städtischen Politik wird deren Relevanz unterschiedlich eingeschätzt: Während zwei grüne Gemeinderätinnen sich mittels einer Interpellation für die Schaffung solcher Angebote einsetzten, warnt der Stadtrat vor der Pathologisierung des Phänomens. Ihm zufolge müssen Zukunftsängste keine Störung darstellen, sondern können durchaus angemessen sein. Zudem bestünde die Gefahr, dass durch diese Pathologisierung die Forderungen nach mehr Klimaschutz an Nachdruck verlieren würden (vgl. Baumgartner, 2022).

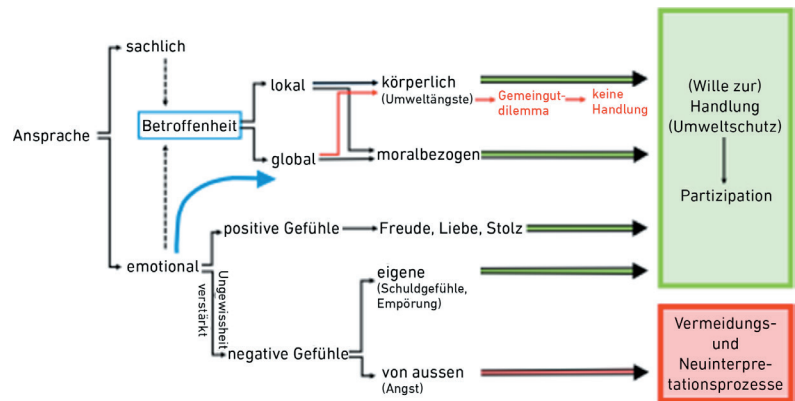


Abbildung 24 Modell zur Rolle der Emotionen in der Erreichung von Partizipation (Di Pasquale et al., 2022; nach Döring-Seipel, 2008)

7.2.4 Suffizienz

Die Erreichung des NN-Ziels erfordert u.a. eine Reduktion der indirekten Emissionen, die durch den Konsum von energieintensiven Gütern verursacht werden (vgl. Kap. 3.2.2). In der Literatur werden oftmals drei Nachhaltigkeitsstrategien unterschieden, mit denen dies erreicht werden soll: Effizienz, Konsistenz und Suffizienz. Suffizienzstrategien basieren dabei als einzige auf freiwilligen Verhaltensänderungen (Stengel, 2011). Im Kontext dieses Berichts wird auf die Definition von Jungell-Michelsson & Heikkurinen (2022, S. 6) zurückgegriffen: «Suffizienz ist ein transdisziplinäres Konzept der «Genügsamkeit» des menschlichen Handelns in Bezug auf Ökosysteme – ein Ziel und ein Weg zu nachhaltigem Konsum und nachhaltiger Produktion [...]».

Für ein besseres Verständnis von Suffizienz ist es hilfreich, diese im Kontext der anderen beiden Nachhaltigkeitsstrategien zu betrachten. Laut Figge et al. (2014) bezieht sich Effizienz auf das Verhältnis zwischen dem erzeugten ökonomischen Wert und den dazu benötigten Ressourcen bzw. den ökologischen Auswirkungen. Effizienzstrategien haben zum Ziel, mehr Output mit weniger Input zu erzeugen. Konsistenzstrategien hingegen zielen darauf ab, Ressourcen möglichst lange zu nutzen, indem sie Stoffkreisläufe schliessen, erneuerbare Ressourcen verwenden sowie Pflege, Reparatur und Wiederverwertung fördern. Ein bekanntes Beispiel für Konsistenzstrategien ist die Kreislaufwirtschaft (Böcker et al., 2021).

Ein Faktor, der insbesondere die Einsparungen von Energie und Ressourcen durch Effizienzsteigerungen relativiert, sind Rebound-Effekte. Darunter versteht man den Zusammenhang zwischen Effizienzsteigerung und vermehrtem Ressourcenverbrauch durch Verhaltensänderung (Magee & Devezas, 2017). Eine erhöhte Effizienz kann beispielsweise zu mehr Konsum führen, da Produkte günstiger erworben werden können. Konsistenz-

strategien und bestimmte Suffizienzstrategien haben ebenfalls mit Rebound-Effekten zu kämpfen, jedoch weniger stark als Effizienzstrategien (Figge et al., 2014). Deshalb können Effizienz- und Konsistenzstrategien den Ressourcenverbrauch nur nachhaltig reduzieren, wenn die Suffizienz als rahmender Ansatz genutzt wird (Böcker et al., 2021).

Jungell-Michelsson & Heikkurinen (2022) unterscheiden zwischen verschiedenen ökonomischen Sichtweisen, welche Suffizienz ausgehend von Konsumierenden oder Produzierenden sowie auf einer mikro- oder makroökonomischen Skala zu erklären versuchen. Die verschiedenen Ansätze sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Suffizienz in der Stadt Zürich

Gemäss Böcker et al. (2021) werden Klimaziele in der Regel international und national festgelegt, aber die Umsetzung erfolgt meist auf kommunaler Ebene. Die Autor:innen sehen dabei speziell in der kommunalen Suffizienzpolitik grosses Potenzial, da diese ohne teure Technik oder hohe Investitionen umsetzbar ist. Bei den zehn von Böcker et al. (2021) untersuchten Städten ist Zürich die Einzige, die offiziell Suffizienzpolitik betreibt. Speziell mit der Zielsetzung zur «2000-Watt-Gesellschaft» und dem darauffolgenden «Masterplan Energie» setzte sich Zürich seit 2008 klare Ziele im Bereich Suffizienz und nimmt so eine Pionierrolle ein (Böcker et al., 2021).

Es gibt aber auch zivilgesellschaftliche Initiativen, die Suffizienzstrategien verfolgen. Moser et al. (2018, S. 18) kommen in ihrer Analyse zum Schluss, dass solche Initiativen «einen wertvollen Beitrag zur Erreichung der Ziele einer 2000-Watt-Gesellschaft leisten». Exemplarisch dafür steht die Landwirtschaftskoooperative Ortolocco, welche auf das Prinzip der Solidarischen Landwirtschaft setzt und durch Partizipation zu bewussterem Konsum führen will (Moser et al., 2018).

Tabelle 1
 Verschiedene Ansätze für Suffizienzstrategien (Anderrüthi et al., 2022; nach Jungell-Michelsson & Heikkurinen, 2022)

		Skalen	
		Mikroökonomie	Makroökonomie
Agierende	Konsumierende	Die Konsumierenden sollen von sich aus mit weniger Konsum ein glücklicheres Leben führen.	Die Gesellschaft und ihre Normen müssen sich ändern und dadurch das Individuum beeinflussen.
	Produzierende	Unternehmen sollen den Konsum sowie auch die Produktion reduzieren.	Die Wirtschaft darf nicht mehr weiterwachsen und gesellschaftlicher Fortschritt muss anders gemessen werden.

7.2.5 Rechtliche Grundlagen

Gesetze haben einerseits einen Einfluss auf GTP, indem sie den rechtlichen Rahmen setzen, in dem diese ablaufen können. Andererseits können GTP und die damit verbundenen gesellschaftlichen und technologischen Innovationen wiederum die Gesetzgebung beeinflussen – es handelt sich dabei also um eine reziproke Wechselwirkung (Roslan et al., 2021).

Auf kommunaler, kantonaler sowie auf Bundesebene sind verschiedene Effizienzziele gesetzlich festgehalten – etwa Richtwerte für den CO₂-Ausstoss von importierten Neuwagen (UVEK, 2023a) oder Vorschriften bezüglich der Energieeffizienz im Bereich der Neubauten und Heizungen (AWEL, 2022). Suffizienzmassnahmen dagegen sind bisher gesetzlich noch kaum verankert. Der Bundesrat hielt auf eine Interpellation von Irene Kälin fest, dass er «aus volkswirtschaftlichen Gründen primär auf die Effizienz setzt und keinen gezielten Plan für reine Suffizienzmassnahmen verfolgt» (Kälin, 2020, S. 1).

Im Grundlagenbericht zu NN 2040 in Zürich (Sigrist et al., 2020), auf den sich der Stadtrat beim Gesetzesentwurf gestützt hat, nimmt Suffizienz hauptsächlich bei den indirekten Emissionen einen beträchtlichen Stellenwert ein. Wie aber die genaue Umsetzung des Stadtrates aussieht, ist unklar, da noch keine dazugehörige Verordnung vorliegt. Im Gemeinderat wurden aber bereits verschiedene Vorstösse zur Förderung von Suffizienz, etwa ein Programm zur Förderung von suffizienzorientierten Projekten (Schmid & Wiesmann, 2021) oder die Einführung eines pflanzenbasierten Standardmenüs in städtischen Verpflegungsbetrieben (Hofstetter & Tscherrig, 2022), eingereicht.

7.2.6 Stakeholder:innen

GTP bringen meist auch Konflikte und Herausforderungen mit sich (Lidskog & Sundqvist, 2022). Personen, die von den Verhältnissen im aktuellen System profitieren, werden dies nicht zwingend auch im neuen tun (und umgekehrt). Somit haben Beteiligte ein unterschiedlich starkes Interesse an der Umsetzung von GTP und tragen dementsprechend verschieden stark dazu bei (Griesshammer & Brohmann, 2015).

Die Stadt Zürich mitsamt ihren Organen ist eine zentrale Stakeholderin, da sie die Rahmenbedingungen für GTP festlegt. Sie motiviert durch ihre Massnahmen die Zürcher:innen zu nachhaltigerem Verhalten, indem sie Informationen und die notwendige

Infrastruktur, beispielsweise den öffentlichen Verkehr, bereitstellt (GUD, 2023b). Zudem stellt sie Fördermittel für bestimmte Projekte zur Verfügung und unterstützt somit die Partizipation (vgl. Kap. 7.2.2.).

Die Zürcher:innen beeinflussen die Stadt Zürich, indem die stimmberechtigten Bürger:innen an Abstimmungen und Wahlen teilnehmen und somit einen direkten Einfluss auf die Zusammensetzung von Parlament und Regierung ausüben. Dadurch beeinflussen sie auch die Parteien, die ihr Parteiprogramm so ausrichten müssen, dass es dem Interesse ihrer Wähler:innen entspricht. Die Zürcher:innen können sich aber auch mit Gleichgesinnten einer Organisation oder einer sozialen Bewegung anschliessen und auf diese Weise einem Anliegen mehr Nachdruck verschaffen. Eine solche Bewegung ist beispielsweise der Klimastreik, der durch seine Aktionen die Zürcher:innen für den Klimawandel sensibilisiert. Zudem stellt er Forderungen an die Stadt Zürich und übt durch seine Demonstrationen Druck auf die Politik aus (vgl. Kap. 7.2.2).

Detailhändlerinnen wie die Migros und Gastronomieunternehmen, die durch Gastro Zürich City vertreten werden, prägen durch ihr Angebot die Optionen der Konsument:innen. Gleichzeitig müssen sie aber auch ihr Angebot anpassen, wenn es durch veränderte Konsummuster zu Nachfrageverschiebungen kommt, wie dies etwa bei der Etablierung von Planted der Fall war (vgl. Kap. 7.2.1). Weiter beeinflusst auch das Magazin Tsüri die Stadtbevölkerung, welches stellvertretend für die Medien gewählt wurde, da es sich auf die Stadt Zürich beschränkt. Das Magazin leistete etwa mit seinem Fokusmonat zu Zürich NN im Dezember 2021 Aufklärungsarbeit und half somit den Einwohner:innen dabei, sich eine Meinung zum Thema NN zu bilden (Tsüri, 2021).

7.3 Diskussion

Bei der Beurteilung der Relevanz von GTP für das Erreichen von NN 2040 in der Stadt Zürich ergibt sich die Herausforderung, dass sich die Richtung einer Transformation erst nach dem Ende des Prozesses definitiv beurteilen lässt. Veränderungsprozesse beeinflussen sich gegenseitig; Veränderungen in einzelnen Teilsystemen können somit Veränderungen in anderen Teilsystemen voranbringen oder blockieren (vgl. Kap. 7.2.1). Durch die damit einhergehende Komplexität ist es schwierig, gegenwärtig ablaufende GTP zu überblicken und diese korrekt einzuordnen. So können einzelne Prozesse zwar eine umweltschonende Entwicklung vorantreiben, doch ob diese sich langfristig gesamtgesellschaftlich durchsetzt, lässt sich erst rückblickend beurteilen.

Einen möglichen Ansatz für GTP stellt gesellschaftliche Beteiligung dar. Durch Partizipationsprozesse auf lokaler Ebene ermöglicht die Stadt Zürich den Einwohner:innen, sich in Planungsverfahren einzubringen, wovon beide Seiten profitieren. Dabei setzt die Stadt vermehrt auf digitale Formen. Die Erfahrungen von Urban Equipe weisen darauf hin, dass Menschen Partizipationsprozesse besonders wertschätzen, wenn sie dabei andere Menschen kennenlernen und sich mit ihnen austauschen können. Dieses Bedürfnis könnte bei digitalen Formen der gesellschaftlichen Beteiligung in den Hintergrund geraten, weshalb eine Kombination mit analogen Möglichkeiten vorzuziehen ist. Eine Herausforderung stellt die Frage dar, wer in einem partizipativen Prozess ein- oder ausgeschlossen wird und wie möglichst viele Menschen mit unterschiedlichen Hintergründen einbezogen werden können (vgl. Kap. 7.2.2).

Emotionen spielen eine elementare Rolle um das NN Ziel in der Stadt Zürich zu erreichen, da sie beeinflussen, wie der Klimawandel wahrgenommen und beurteilt wird. Gemäss Döring-Seipel (2008) stellen sie eine Voraussetzung für Partizipation und damit einhergehend auch für GTP dar. Gefühle wie Hoffnung und Freude über erfolgreiche Klimaprojekte sowie bis zu einem gewissen Grad auch Klimaangst können GTP fördern, da sie als Antrieb für individuelle Verhaltensänderungen und zivilgesellschaftliches Engagement wirken können. Werden jedoch negative Gefühle von aussen erzeugt oder wird die Klimaangst zu gross, kann dies auch hemmend wirken, da es dann zu Vermeidungsprozessen kommen kann. Umgekehrt können GTP Klimaangst vermindern, wenn sie eine sichtbare gesellschaftliche Transformation in Richtung NN 2040 erzielen. Kommt es allerdings zur Individualisierung der Verantwortung ohne grössere gesellschaftliche Veränderungen, so kann dies Klimaangst verstärken, da dadurch die Diskrepanz zwischen der beobachteten Realität und den gewünschten Vorstellungen über den Systemzustand wächst (vgl. Kap. 7.2.3).

Verhaltensänderungen hin zu suffizienterem Verhalten sind notwendig, um die indirekten und direkten Emissionen nachhaltig zu reduzieren, da die Wirkungen von Effizienz- und Konsistenzmassnahmen durch Rebound-Effekte stark vermindert werden. Hier spielen GTP und die damit verbundenen Änderungen der Werte

und Normen einer Gesellschaft eine zentrale Rolle. Im Gegensatz zum Bund und zum Kanton Zürich, die in ihrer Gesetzgebung hauptsächlich auf Effizienzstrategien setzen (vgl. Kap. 7.2.5), nimmt die Stadt Zürich eine Vorreiterrolle im Bereich Suffizienz ein. Allerdings liegt ihr Fokus derzeit auf mikroökonomischen Strategien, die auf die Eigenverantwortung der Verbraucher:innen setzen. Makroökonomische Strategien haben im Vergleich dazu den Vorteil, dass sie der Individualisierung des Problems entgegenwirken (vgl. Kap. 7.2.4).

Insgesamt haben GTP eine hohe Bedeutung für die Erreichung von NN 2040 in Zürich, denn um dieses Ziel zu erreichen, braucht es eine gesellschaftliche Transformation in Richtung einer nachhaltigen, suffizienteren Gesellschaft. Herausforderungen ergeben sich durch die Komplexität und die mangelnde Steuerbarkeit dieser Prozesse sowie durch die potenziell blockierende Wirkung von Klimaangst.

7.4 Schlussfolgerungen

Die Erreichung von NN in der Stadt Zürich hängt in hohem Masse von GTP ab. Es ist von grosser Bedeutung, dass alle Zürcher:innen in den Transformationsprozess einbezogen werden. Massnahmen wie Suffizienzstrategien oder Sensibilisierung sind deshalb zentral, um das angestrebte Ziel zu erreichen. Auch Möglichkeiten zur gesellschaftlichen Beteiligung, wie etwa das Projekt «Quartierbudget», haben eine hohe Relevanz für die Erreichung von NN. Sie können einerseits zu einer breiteren Akzeptanz von politischen Strategien und Massnahmen führen und andererseits Menschen, die unter Klimaangst leiden, eine Möglichkeit zu geben, sich aktiv an der Lösung zu beteiligen. Um den Erhalt bestehender Partizipationsprojekte rechtlich zu sichern und Türen für neue Projekte zu öffnen, wäre es deshalb sinnvoll, solche Projekte im NN-Plan zu verankern.

Insgesamt könnte die stärkere Berücksichtigung von GTP bei der Ausarbeitung von Massnahmen dazu führen, dass das NN-Ziel in der Stadt Zürich schneller erreicht wird, was insbesondere angesichts der knappen Zeitspanne bis 2040 von Vorteil wäre.

8 Rechtliche Grundlagen

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten internationalen Übereinkommen sowie Gesetze und Verordnungen auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene bezüglich dem Fallthema NN2040. In den einzelnen Teilanalysen wird gegebenenfalls noch konkreter auf die rechtlichen Grundlagen eingegangen. Die nachfolgenden Abschnitte bieten einen Überblick, aber keine abschliessende Grundlage zum Verständnis der entsprechenden Gesetzgebung und deren Funktionen. Wichtig ist, dass die einzelnen Gesetze stark miteinander verknüpft sind und im Grossen und Ganzen auch über die Ebenen hinaus betrachtet werden müssen.

8.1 Internationale Ebene

Das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC), das am 9. Mai 1992 verabschiedet wurde, legt den rechtlichen Rahmen für die internationale Bekämpfung des Klimawandels fest (UNFCCC, 2023d). Das UNFCCC etablierte u.a. die jährlich stattfindende Konferenz der Vertragsparteien (COP), bei denen die Umsetzung des Übereinkommens überprüft wird und weitere Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels entwickelt werden (UNFCCC, 2023b).

Im Rahmen der COP3, die 1997 in Kyoto stattfand, wurde das Kyoto-Protokoll verabschiedet, das u.a. verpflichtende THGE-Reduktionen für Industrieländer vorsah sowie Mechanismen für einen internationalen Emissionshandel etablierte (UNFCCC, 2023c).

Das Pariser Abkommen von 2015, das an der COP21 beschlossen wurde, sieht vor, die durchschnittliche globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen, wobei ein maximaler Temperaturanstieg von 1,5 Grad angestrebt wird. Die ratifizierenden Staaten legen dabei ihre Reduktionsziele selbst fest, wobei alle fünf Jahre eine Überarbeitung und Verstärkung der Emissionsziele stattfindet (UNFCCC, 2023a). Die Schweiz ratifizierte das Pariser Abkommen am 6. Oktober 2017 (BAFU, 2023g).

8.2 Bundesebene

Die Schweizerische Bundesverfassung (BV) bietet die Grundlage für die erlassenen Gesetze und Verordnungen des Bundes und der Kantone. Auf Verfassungsebene werden in den Art. 42 bis Art. 50 BV die Verhältnisse zwischen Bund, Kanton und Gemeinde geregelt. Die Kompetenzen werden in der BV oder in den jeweiligen Bundesgesetzen konkret delegiert. Art. 3 BV besagt, dass die Souveränität den Kantonen gelte und sie alle Rechte ausüben, ausser diese seien gesetzlich direkt dem Bund übertragen. Es

ist also eine lückenlose Kompetenzregelung gegeben. Mögliche Widersprüche zwischen auf verschiedenen Ebenen erlassenen Gesetzen werden immer durch die oberen Instanzen ausgehebelt.

8.2.1 Relevante Gesetze auf Bundesebene

Die gesetzlichen Grundlagen für die Klimapolitik des Bundes bilden das *CO₂-Gesetz* sowie das revidierte *Energiengesetz*. Das *CO₂-Gesetz* setzt dabei auf Effizienzstrategien (Art. 6, 9, 10 *CO₂-Gesetz*), Emissionshandel (Art. 15–21 *CO₂-Gesetz*) und Kompensationen im Ausland (Art. 22–28 *CO₂-Gesetz*). Weiter sieht das Gesetz auch eine *CO₂-Abgabe* vor, die auf die Herstellung und den Import von fossilen Brennstoffen erhoben wird. Ein Drittel dieses Ertrags wird zur Reduktion der *CO₂-Emissionen* von Gebäuden verwendet, zudem fliessen maximal 25 Mio. Franken pro Jahr in den Technologiefonds zur Förderung von Produkten und Verfahren mit reduzierten THGE. Der übrige Ertrag wird an die Bevölkerung durch tiefere Krankenkassenprämien zurückgegeben (Art. 30–36 *CO₂-Gesetz*). Die Einzelheiten werden in der *CO₂-Verordnung* geregelt.

Das *Energiengesetz* wurde zur Umsetzung der Energiestrategie 2050 revidiert. Es sieht eine Förderung der erneuerbaren Energien (Art. 1, 2, 10, 12–14, 24–29 EnG), eine Senkung des Energieverbrauchs (Art. 3 EnG) und eine höhere Energieeffizienz (Art. 44–46 EnG) vor. In der Energieeffizienzverordnung (EnEV) werden verbindliche Richtwerte festgelegt, etwa bezüglich des *CO₂-Ausstosses* von neu importierten Fahrzeugen. Weitere Einzelheiten des *Energiengesetzes* sind in der *Energieverordnung* (EnV) und in der *Energieförderungsverordnung* (EnFV) geregelt.

Weitere relevante Gesetze sowie die betroffenen Teilanalysen sind Tabelle 2 zu entnehmen.

8.3 Kantonale Ebene

Die Bundesgesetze werden durch die kantonalen Gesetze präzisiert und bilden so zusammen mit den kantonalen Gesetzen und Verordnungen die Rechtsgrundlage. Oftmals sind die Kantone zuständig für den Gesetzesvollzug. Auch hier gibt es wiederum eine lückenlose Kompetenzregelung zwischen dem Kanton und den Gemeinden.

8.3.1 Relevante Gesetze des Kanton Zürichs

Am 1. September 2022 ist das neue *Energiengesetz des Kantons Zürich* in Kraft getreten. Dieses sieht vor, dass neue Gebäude mit möglichst klimafreundlichen Technologien ausgestattet werden. Öl-, Gas-, oder elektrische Widerstandsheizungen sowie elektri-

Tabelle 2
Übersicht zu den eidgenössischen Gesetzen

Gesetze		Betroffene Teilanalysen	
Gesetzliche Grundlagen des Bundes	BV	Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (SR 101)	UA, SKA, KKN, TL, GTP
	EnG	Energiegesetz vom 30. September 2016 (SR 730.0)	UA, SKA, KKN, TL, GTP
	EnEV	Verordnung über die Förderung an die Energieeffizienz serienmässig hergestellter Anlagen, Fahrzeuge und Geräte vom 1. November 2017 (SR 730.02)	TL
	EnFV	Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien vom 1. November 2017 (SR 730.03)	TL
	EnV	Energieverordnung vom 1. November 2017 (SR 730.01)	TL
		Bundesgesetz über die Reduktion der CO ₂ -Emissionen (CO ₂ -Gesetz) vom 23. Dezember 2011 (SR 641.71)	UA, SKA, KKN, TL, GTP
		Verordnung über die Reduktion der CO ₂ -Emissionen (CO ₂ -Verordnung) vom 30. November 2012 (SR 641.711)	UA, SKA, TL

Abkürzungen der Teilanalysen: UA = Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich, SKA = Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung, KKN = Klimaschutz im Kontext von Nachhaltigkeit, TL = Technologische Lösungen für Netto Null, GTP = Gesellschaftliche Transformationsprozesse für Netto Null

sche Wassererwärmer in Altbauten müssen bis 2030, sobald sie nicht mehr funktionieren, durch klimafreundliche Alternativen ersetzt werden. Um diesen technologischen Umstieg zu erleichtern, erhöht der Kanton Zürich zudem den Gesamtbetrag für Fördergelder im Energiebereich (vgl. GUD, 2023d).

Tabelle 3 bietet einen Überblick über die relevanten kantonalen Gesetze.

8.4 Kommunale Ebene – Stadt Zürich

Auch auf kommunaler Ebene werden die zugewiesenen Kompetenzen durch Gemeindegesetze geregelt. Oft werden in den kommunalen Gesetzen die genauen Zuständigkeiten und Abläufe präzisiert, damit klar ist, wer für welche Aufgabe zuständig ist und kontrolliert, dass diese auch richtig ausgeführt werden. Auch hier gilt, dass wenn ein Gemeindegesetz gegen Kantonsgesetz verstösst, das Gesetz der höheren Instanz gilt.

Tabelle 3
Übersicht zu den Gesetzen des Kantons Zürichs

Gesetze		Betroffene Teilanalysen	
Gesetzliche Grundlagen des Kantons Zürich	EnerG	Energiegesetz des Kantons Zürichs (LS 730.1)	UA, SKA, KKN, TL, GTP
	PBG	Planungs- und Baugesetz Zürich (LS 700.1)	TL
		Regierungsratsbeschluss Nr. 128/2022 zu «Langfristige Klimastrategie, Festsetzung» vom 26. Januar 2022	SKA

Abkürzungen der Teilanalysen: UA = Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich, SKA = Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung, KKN = Klimaschutz im Kontext von Nachhaltigkeit, TL = Technologische Lösungen für Netto Null, GTP = Gesellschaftliche Transformationsprozesse für Netto Null

8.4.1 Relevante Gesetze der Stadt Zürich

Seit 2008 hat die Stadt Zürich mit der Vorlage zur *2000-Watt-Gesellschaft* ein Klimaschutzziel in ihre Gemeindeordnung aufgenommen. Dieses verlangt eine Reduktion des CO₂-Ausstosses auf jährlich eine Tonne pro Einwohner:in bis ins Jahr 2050. Am 15. Mai 2022 stimmte die Stimmbevölkerung der Stadt Zürich über ein neues Klimaschutzziel ab, mit dem Ziel, NN THGE bis 2040 zu erreichen. Konkret änderten sich in der Gemeindeordnung mit der Abstimmung folgende Artikel:

Neu steht in **Art. 10** das Ziel der *«Reduktion der Treibhausgasemissionen auf netto null»*, statt wie im *2000-Watt-Ziel festgelegt auf «eine Tonne CO₂ pro Einwohnerin oder Einwohner pro Jahr»*.

Art. 152 legt die neuen Reduktionsziele fest:

- NN bis zum Jahr 2040 für direkte THGE,
- eine Reduktion der indirekten THGE bis ins Jahr 2040 um 30% gegenüber 1990 sowie
- *«sämtliche Massnahmen für die Reduktion der Treibhausgasemissionen in ihrem Einflussbereich bis 2035 umzusetzen, ausgenommen der Bereich der Wärmeversorgung»*.

Art. 152a schreibt vor, dass die Stadt Zürich für die Ziele einen Absenckplan vorzulegen hat, sowie die erforderlichen Massnahmen mit jährlichem Zwischenbericht zu ergreifen hat.

Weitere relevante Gesetze, Verordnungen sowie politische Strategien sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4
Übersicht zu den Gesetzen der Stadt Zürich

	Gesetze	Betroffene Teilanalysen
Gesetzliche Grundlagen der Stadt Zürich	Gemeindeordnung der Stadt Zürich vom 13. Juni 2021 (AS 101.100)	UA, SKA, KKN, TL, GTP
	Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft	SKA, TL
	Reglement über das Förderprogramm Energetische Gebäudesanierungen vom 25. Mai 2022 (AS 710.500)	KKN, TL
	Reglement über das Förderprogramm Heizungsersatz und Heizungsoptimierung vom 7. September 2022 (AS 734.500)	KKN, TL
	Kommunaler Richtplan	KKN
	Masterplan Energie	SKA, TL
	Gasstrategie	SKA, TL
	Strategie Stadtverkehr 2025	SKA, KKN
	Strategie Stadtraum und Mobilität 2040	KKN, TL
	Velostrategie 2030	KKN

Abkürzungen der Teilanalysen: UA = Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich, SKA = Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung, KKN = Klimaschutz im Kontext von Nachhaltigkeit, TL = Technologische Lösungen für Netto Null, GTP = Gesellschaftliche Transformationsprozesse für Netto Null

9 Stakeholder:innen

Im Folgenden sind ausgewählte Stakeholder:innen aufgeführt, die vom Fallthema NN-2040 in der Stadt Zürich betroffen sind. Dazu ist zu erwähnen, dass die Tabelle nicht abschliessend ist und es möglicherweise mehr Verbindungen zwischen Stakeholder:innen und Teilanalysen gibt, als hier aufgelistet.

Tabelle 5
Übersicht der Stakeholder:innen

Stakeholder:innen	Name und Beschreibung	Betroffene Teilanalysen
Öffentliche Ämter (Gemeinde, Kanton, Bund)		
Stadtrat Zürich	Der Stadtrat bildet die Regierung der Stadt Zürich. Er ist verantwortlich für den Beschluss von Massnahmen und Vorschriften, mit denen das städtische Klimaschutzziel Netto-Null 2040 erreicht werden kann (vgl. GUD, 2023g; Stadt Zürich, 2023n).	GTP, SK, TL, KKN, UA
Gesundheits- und Umweltdepartement (GUD), Stadt Zürich	Auf städtischer Ebene ist das GUD für sämtliche Massnahmen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit zuständig. Es unterhält u.a. eine Umwelt- und Energieberatungsstelle, welche die Bevölkerung und Unternehmen bei der Energiewende unterstützt, oder setzt Initiativen und Projekte zur 2000 Watt Gesellschaft, Netto Null, dem Klimaforum, u.ä. um (GUD, 2023j).	GTP, SK, TL, UA, KKN
Tiefbau- und Entsorgungsdepartement (TED), Stadt Zürich	Das Tiefbauamt ist verantwortlich für die Planung, Gestaltung und Erhaltung des öffentlichen Raums sowie für eine zukunftsgerichtete Mobilität und Verkehrsplanung. Es sorgt für eine einwandfreie bauliche Infrastruktur und realisiert Stadträume mit hoher Aufenthaltsqualität. Die Entsorgung + Recycling Zürich (ERZ) gehört auch zu diesem Departement (TED, 2023d, 2023c).	KKN, SK, UA
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Kanton Zürich	Das AWEL sorgt für den Schutz und den nachhaltigen Nutzen der natürlichen Lebensgrundlagen im Kanton Zürich. Ausserdem stellt die Aufsichtsbehörde die Versorgung mit sauberem Trinkwasser und elektrischer Energie, die umweltgerechte Entsorgung von Abwasser und Abfall sowie den Schutz vor Hochwasser sicher (AWEL, 2023b).	SK, UA
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)	Das UVEK beschäftigt sich mit der Umwelt und Infrastruktur. Sein Aufgabengebiet umfasst weiter auch moderne Verkehrswege, Kommunikations- und Stromnetze sowie Belange der Umwelt, Gesundheit und Sicherheit (Bundesrat, 2023).	SK, TL
Bundesamt für Umwelt (BAFU)	Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt liegt die Sicherstellung der nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen wie Boden, Wasser, Luft und Wald. Ausserdem ist es u.a. zuständig für die internationale Umweltpolitik, den Erhalt der Biodiversität sowie die Bewahrung der Umwelt und Gesundheit der Menschen vor übermässigen Schadstoffen (BAFU, 2023f).	SK, TL, UA
Politische Parteien		
Befürworter:innen von NN 2040	Das Klimaschutzziel NN 2040 wurde von AL, SP, Grüne, EVP, GLP, Mitte und FDP unterstützt (Geisseler, 2022). Allerdings bestehen Differenzen bei der Frage wie dieses Ziel erreicht werden soll (vgl. FDP Stadt Zürich, 2021).	GTP, SK
Gegner:innen von NN 2040	Von den im städtischen Parlament vertretenen Parteien hat sich einzig die SVP gegen die Vorlage ausgesprochen. Sie befürchtet u.a., dass der Stadtrat zur Umsetzung des Ziels Vorschriften in persönlichen Bereichen wie der Ernährung und dem Konsum einführen könnte (Geisseler, 2022).	GTP, SK

Tabelle 5
Fortsetzung

Stakeholder:innen	Name und Beschreibung	Betroffene Teilanalysen
Verbände, Vereine und Gruppierungen		
Klimastreik Zürich	Der Klimastreik leistet auf seiner Webseite Aufklärungsarbeit und fordert Menschen dazu auf, aktiv zu werden. Seine Aktionen zeichnen sich vor allem durch Demonstrationen aus (Klimastreik, 2023).	GTP, SK
Urban Equipe	Der Verein Urban Equipe setzt sich, oft in Zusammenarbeit mit anderen Organisationen, für die «Demokratisierung der Stadtentwicklung und -gestaltung» (Urban Equipe, 2022c) ein, beispielsweise durch die Initiation eines partizipativen Quartierbudgets oder durch die Veröffentlichung eines Buches mit praktischen Informationen für aktivistische Gruppen (Urban Equipe, 2022c).	GTP
Zürcher Handelskammer (ZHK)	Die ZHK baut zwischen Wirtschaft, Politik und Gesellschaft Verbindungen und setzt sich auf allen Ebenen für die Erhaltung und Steigerung der Attraktivität des regionalen Wirtschaftsstandortes ein (ZHK, 2023).	GTP, SK
Hauseigentümergeverband (HEV)	Der HEV setzt sich als Dachorganisation der Hauseigentümer:innen und Vermieter:innen der Schweiz für die Förderung und Erhaltung des Wohn- und Grundeigentums ein (HEV Schweiz, 2023). SK, TL, KKN	SK, TL, KKN
Industrie-Verband Zürich (ivz)	Der Industrie-Verband Zürich steht als Brückenbauer zwischen den Industrieunternehmen und den politischen Instanzen der Stadt Zürich (IVZ, 2023).	TL
Elektrizitätswerk Zürich (ewz)	Das ewz versorgt die Stadt Zürich sowie Teile des Kantons Graubünden mit Strom. Ausserdem erstellt das ewz Energieversorgungsanlagen für Grossprojekte sowie auch Energieverbunde für Quartiere und Gemeinden (ewz, 2023e).	SK, TL
Zürcher Verkehrsverbund (ZVV)	Der ZVV übernimmt als grösster Verkehrsverbund der Schweiz die ganzheitliche strategische Planung sowie die Koordination, Finanzierung und Vermarktung des öffentlichen Verkehrs im Kanton Zürich (ZVV, 2023).	SK, TL, KKN, UA
Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)	Die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) sind eine Abteilung des Departements der industriellen Betriebe der Stadt Zürich. Sie betreiben den öffentlichen Nahverkehr in der Stadt Zürich (VBZ, 2023c).	TL, KKN, UA
Verkehrs-Club Schweiz (VCS)	Der VCS engagiert sich für nachhaltige Mobilität und ein gesundes Klima (VCS, 2023).	KKN
Automobil-Club Schweiz (ACS)	Der ACS bezweckt den Zusammenschluss der Automobilist:innen zur Wahrung der verkehrspolitischen, wirtschaftlichen und touristischen Interessen sowie aller weiteren Belange, die mit dem Automobilismus zusammenhängen wie Umwelt- und Konsumentenschutz (ACS, 2023).	KKN

Abkürzungen der Teilanalysen: UA = Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt Zürich, SKA = Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung, KKN = Klimaschutz im Kontext von Nachhaltigkeit, TL = Technologische Lösungen für Netto Null, GTP = Gesellschaftliche Transformationsprozesse für Netto Null

10 Referenzen

- Ackermann, F., & Eden, C. (2011). Strategic Management of Stakeholders: Theory and Practice. *Long Range Planning*, 44(3), 179–196. <https://doi.org/10.1016/j.lrs.2010.08.001>
- ACS. (2023, May 16). Über uns. <https://www.acs.ch/de/ueber-uns/>
- Albrecht-Widler, S., Remund, J., Gutschner, M., & Biel, T. (2021). Studie zur Bestimmung des PV Potenzials innerhalb des Zürcher Stadtgebiets (S. 57). Stadt Zürich, DIB, Energiebeauftragte. https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/agglomerationspolitik/publikationen/die-bedeutung-des-freiraums-fur-eine-qualitativ-volle-innenentwicklung-eine-reportage.pdf.download.pdf/movo_reportage_d_web_130718.pdf
- ARE, B. für R. (2023, May 1). Cercle Indicateurs: Nachhaltigkeitsindikatoren für Kantone und Städte. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/nachhaltige-entwicklung/evaluation-und-daten/nachhaltigkeitsindikatoren/cercle-indicateurs--nachhaltigkeitsindikatoren-fuer-kantone-und-.html>
- Arzberger, M. B., & Suda, M. (2013). Partizipation und Nachhaltigkeit – von Menschen und Wäldern (No. 72; LWF Wissen, S. 128–132). https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/wissenstransfer/dateien/w72_partizipation_und_nachhaltigkeit-von_menschen_und_waeldern_bf_gesch.pdf
- AWEL. (2018). Klimawandel im Kanton Zürich—Massnahmenplan Anpassung an den Klimawandel. Baudirektion Kanton Zürich. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/klima/klimaanpassung.html>
- AWEL. (2023a). Förderprogramm 2023. Baudirektion Kanton Zürich. https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/energie/energieberatung-und-energiefoerderung/ktzh_foerderprogramm_2023.pdf
- AWEL. (2022, September 1). Bauvorschriften Energie. Kanton Zürich. <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/bauvorschriften/bauvorschriften-gebäude-energie.html>
- AWEL. (2023b, May 3). Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft. <https://www.zh.ch/de/baudirektion/amt-fuer-abfall-wasser-energie-luft.html>
- BAFU. (2013). Anpassung an den Klimawandel: Sektor Energie. https://www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/anpassung_sektorenergiefaktenblatt.pdf.download.pdf/anpassung_sektorenergiefaktenblatt.pdf
- BAFU. (2018). Hitze in Städten—Grundlage für eine klimangepasste Siedlungsentwicklung. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/hitze-in-staedten.html>
- BAFU. (2020). Aktionsplan. Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/ui-umwelt-info/aktionsplan-anpassung-an-den-klimawandel-in-der-schweiz-2020-2025.pdf.download.pdf/Aktionsplan_Anpassung_an_den_Klimawandel_in_der_Schweiz_-_2020-2025.pdf
- BAFU. (2023a). Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz. BAFU. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/zustand/daten.html>
- BAFU. (2023b, March 31). Treibhausgasemissionen der Industrie. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klima--daten--indikatoren-und-karten/daten--treibhausgasemissionen-der-schweiz/treibhausgasinventar/treibhausgasemissionen-der-industrie.html>
- BAFU. (2023c, March 31). Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klima--daten--indikatoren-und-karten/daten--treibhausgasemissionen-der-schweiz/treibhausgasinventar/treibhausgasemissionen-der-landwirtschaft.html>
- BAFU. (2023d, April 3). Treibhausgasemissionen des Sektors Abfall. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klima--daten--indikatoren-und-karten/daten--treibhausgasemissionen-der-schweiz/treibhausgasinventar/treibhausgasemissionen-des-sektors-abfall.html>
- BAFU. (2023e, April 23). CO₂-Abgabe. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/schweizer-klimapolitik/co2-abgabe.html>
- BAFU. (2023f, May 3). Das BAFU in Kürze. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/das-bafu/das-bafu-in-kuerze.html>
- BAFU. (2023g, May 3). Das Übereinkommen von Paris. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/klima--internationales/das-uebereinkommen-von-paris.html>
- Banfi, S. (2021). Photovoltaik-Ausbau und Entwicklung Rahmenbedingungen.
- Banfi, S., Eichler, H., & Allemann, S. (2021). Photovoltaik-Strategie Stadt Zürich (S. 36). Energiebeauftragte Stadt Zürich. <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/energiepolitik/strategien/pv-strategie.html>
- Bättig, M., Wegmann, B., von Grüningen, S., Rom, N., & Montanari, D. (2013). Klimawandel im Grossraum Zürich: Auswirkungen und Anpassungsmassnahmen (S. 137). econcept AG. https://www.econcept.ch/media/projects/downloads/2018/01/1266_be_klimawandel_im_grossraum_zuerich_20131022_wissenschaftlich.pdf
- Baumann, J., Fellmann, A., & Brühwiler, D. (2013). Züri-linie 2030 VBZ-Netzentwicklungsstrategie. Verkehrsbetriebe Zürich VBZ. https://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/die_vbz/die_unternehmensentwicklung/zuerilinie_2030.html
- Baumgartner, F. (2022, April 2). Zürich: Die Stadt warnt vor Pathologisierung der Klimaangst. Neue Zürcher Zeitung. <https://www.nzz.ch/zuerich/zuerich-die-stadt-warnt-vor-pathologisierung-der-klimaangst-ld.1677595>

- BFE. (2015). Smart Grid Roadmap Schweiz. <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/38814.pdf>
- BFE. (2017). Graue Energie von Neubauten Ratgeber für Bau- fachleute. https://www.energieagentur-sg.ch/demandit/files/M_BA650995FEF8076B577/dms/Image/eCH_Graue_Energie_von_Neubauten_fuer_Baufachleute_DE.pdf
- BFE. (2023a, April 15). Energiestrategie 2050. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html>
- BFE. (2023b, April 19). Fernwärme. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/energieeffizienz/fernwaerme.html>
- BFE. (2023c, April 23). CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personen- und Lieferwagen. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/effizienz/mobilitaet/co2-emissionsvorschriften-fuer-neue-personen-und-lieferwagen.html>
- BFS. (2023a, April 23). Cercle Indicateurs: Mietpreisniveau. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/cercle-indicateurs/staedte/alle-indikatoren/lebensbedingungen/mietpreisniveau.html>
- BFS. (2023b, May 15). Legislaturindikator: Selbstversorgungsgang bei Nahrungsmitteln. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/querschnittsthemen/monitoring-legislaturplanung/alle-indikatoren/leitline-3-sicherheit/selbstversorgungsgang.html>
- Biogas Zürich AG. (2023, April 17). Vergärwerk—Prozesse und Technik. Biogas Zürich AG. <https://biogas-zuerich.ch/biogas/technologie-vergaerwerk/>
- Böcker, M., Brüggemann, H., Christ, M., Knak, A., Lage, J., & Sommer, B. (2021). Wie wird weniger genug? Suffizienz als Strategie für eine nachhaltige Stadtentwicklung. oekom Verlag. <https://doi.org/10.14512/9783962388041>
- Brändlin, R. (2022, July 27). Globaler Klimawandel - Psychologin: «Klimaangst ist sinnvoll». Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). <https://www.srf.ch/news/gesellschaft/globaler-klimawandel-psychologin-klimaangst-ist-sinnvoll>
- Brosch, T. (2021). Affect and emotions as drivers of climate change perception and action: A review. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 42, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.02.001>
- Brunner, C. (2023, April 3). Email zur Klarifikation der Klimaneutralität der Fernwärme. (L. Wirth, Interviewer) [Personal communication].
- Bundesrat. (2019, August 28). Bundesrat will bis 2050 eine klimaneutrale Schweiz. <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-76206.html>
- Bundesrat. (2023, May 3). Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). <https://www.admin.ch/gov/de/start/departement/departement-fuer-umwelt-verkehr-energie-kommunikation-uvek.html>
- Bundo, M., Vicedo-Cabrera, A., & Müller, T. (2021). Psychisch Kranke leiden stärker unter Klimawandel (K. Meuli, Interviewer) [Interview]. https://www.uniaktuell.unibe.ch/2021/psychisch_kranke_leiden_staerker_unter_klimawandel/index_ger.html
- BWS. (2023, April 18). Wie funktioniert die Wärmepumpe? <https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktion-waermequellen/>
- Climathon. (2023, April 18). Climathon Zurich. <https://climathon.ch/>
- Climeworks. (2022, October 20). Commercial operations of Climeworks' 1st gen technology are completed. <https://climeworks.com/news/climeworks-completes-commercial-operations-in-hinwil>
- CO₂-Gesetz. Bundesgesetz über die Reduktion der CO₂-Emissionen, SR 641.71 CO₂-Gesetz (2011). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2012/855/de>
- CO₂-Verordnung. Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen, SR 641.711 CO₂-Verordnung (2012). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2012/856/de>
- Collier, S. (2022, June 13). If climate change keeps you up at night, here's how to cope. Harvard Health. <https://www.health.harvard.edu/blog/is-climate-change-keeping-you-up-at-night-you-may-have-climate-anxiety-202206132761>
- DIB. (2015). Das Grundwasserwerk Hardhof. <https://www.stadt-zuerich.ch/dib/de/index/wasserversorgung/publikationen---broschueren/grundwasserwerk-hardhof.html>
- DIB. (2023, April 27). Flächendeckende Einführung intelligenter Stromzähler ab 2021. https://www.stadt-zuerich.ch/dib/de/index/das_departement/medienmitteilungen/mitteilung1/2020/mai/200506a.html
- Dietschi, I. (2022, March 27). Umgang mit der Klimakrise - Hoffnung trotz Klima-Angst: Das ermutigt die Klimajugend. Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). <https://www.srf.ch/kultur/umgang-mit-der-klimakrise-hoffnung-trotz-klima-angst-das-ermutigt-die-klimajugend>
- DiMauro, J., Almen, R., Linse, S., & Alexiev, A. (2021). Klimaforum Zürich. Auswertungsbericht zur Online-Mitwirkung. Klimaforum Zürich. https://mitwirken.stadt-zuerich.ch/uploads/decidim/attachment/file/516/Klimaforum_Zürich_Auswertungsbericht_zur_Online-Mitwirkung.pdf
- Dohm, L., Peter, F., & Rodenstein, B. (2020). Wenn Warnungen ungehört verhallen. Psychische Prozesse im Umgang mit der Klimakrise. *Report Psychologie*, 45, 2–5.
- Döring-Seipel, E. (2008). Emotion und Umwelt. In E.-D. Landermann & V. Linneweber (Eds.), *Grundlagen, Paradigmen und Methoden der Umweltpsychologie* (pS. 532–565). Hogrefe - Verlag für Psychologie.
- EDA. (2023a, April 17). 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung. <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html>
- EDA. (2023b, April 24). Ziel 11: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig machen. <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung/ziel-11-staedte-und-siedlungen-inklusive-sicher.html>
- EDA. (2023c, May 29). Nationale Indikatoren. <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/monitoring/nationales-monitoring.html>

- Eisenmann, L., Penth, Dr. M., Dünnebeil, F., Kutzner, F., Hertle, H., Paar, A., Hoeg, J., Blömer, S., Schmidt, C., & Schopper, T. (2014). Konzept für den Masterplan 100 % Klimaschutz für die Stadt Heidelberg. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. https://www.heidelberg.de/site/Heidelberg_ROOT/get/documents_E-656386139/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/Energie%20und%20Klimaschutz/31_pdf_Masterplan%20Bericht%20und%20Maßnahmen.pdf
- energie schweiz. (2023a, April 18). Heizen Sie erneuerbar dank Wärmepumpen. <https://www.energieschweiz.ch/heizungssysteme/waermepumpen/>
- energie schweiz. (2023b, April 23). Nutzen Sie die Energie der Sonne auf Ihrem Dach. <https://www.energieschweiz.ch/erneuerbare-energien/solarenergie/>
- EnEV. Verordnung über die Anforderungen an die Energieeffizienz serienmässig hergestellter Anlagen, Fahrzeuge und Geräte, SR 730.02 Energieeffizienzverordnung (2017). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/765/de>
- EnFV. Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien, SR 730.03 Energieförderungsverordnu (2017). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/766/de>
- EnG. Energiegesetz, SR 730.0 Energiegesetz (2016). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/762/de>
- Engeler, S., Auer, M., & La Fauci, R. (2022, August 10). Smart-Grid-Rollout in der Stadt Zürich—Bulletin DE. Bulletin.Ch. <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/smart-grid-rollout-in-der-stadt-zuerich.html>
- EnV. Energieverordnung, SR 730.01 Energieverordnung (2017). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/763/de>
- ERZ. (2022). Tätigkeitsbericht 2021. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/ted/Deutsch/erz/wissen/tb/ERZ_Taetigkeitsbericht_2021.pdf
- ewz. (2023a). Geschäfts-, Finanz-, und Nachhaltigkeitsbericht. https://www.ewz.ch/dam/ewz/GNB/geschaeftsberichte/GN-Bericht_2022_DE.pdf
- ewz. (2023b, April 18). Seewasserverbunde Zürichsee. <https://www.ewz.ch/de/geschaeftskunden/immobilien/referenzen-projekte/seewasserverbunde-zuerichsee.html>
- ewz. (2023c, April 21). Abstimmung Ausbau thermische Netze. <https://www.ewz.ch/de/ueber-ewz/newsroom/abstimmungsvorlagen/ausbau-thermische-netze.html>
- ewz. (2023d, April 26). Über ewz. <https://www.ewz.ch/de/ueber-ewz/portrait/unternehmen/energieproduktion.html>
- ewz. (2023e, May 3). Organisation und Geschäftsleitung. https://www.ewz.ch/de/ueber-ewz/portrait/unternehmen/organisation_und_geschaeftsleitung.html
- FDP Stadt Zürich. (2021, December 16). Fraktionserklärung der FDP Stadt Zürich zum Klimaszutziel Netto-Null 2040 in der Gemeindeordnung (GR 2021/177). <https://www.mehblau.ch/blog/dezember-2021/fraktionserklärung-der-fdp-stadt-zurich-zum-klimas?tagid=>
- Figge, F., Young, W., & Barkemeyer, R. (2014). Sufficiency or efficiency to achieve lower resource consumption and emissions? The role of the rebound effect. *Journal of Cleaner Production*, 69, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.031>
- Freie Universität Berlin. (2023, April 7). Gesellschaftliche Transformationsprozesse. https://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/grundlagen/ffn/forschung/steuerung/gesellschaftliche_transf/index.html
- Fridays for Future. (2023, April 12). Fridays for Future: How Greta started a global movement. <https://fridaysforfuture.org/what-we-do/who-we-are/>
- FWS. (2023, April 18). Wie funktioniert eine Wärmepumpe? <https://www.fws.ch/funktionsweise/>
- Gasser, L., Lutz, S., Wagner, D. R., Hartl, R., & Püntener, T. W. (2019). Luft/Wasser-Wärmepumpen (S. 229).
- Geisseler, Z. (2022, April 14). Abstimmungen in Zürich: Die Netto-null-Vorlage im Überblick. *Neue Zürcher Zeitung*. <https://www.nzz.ch/zuerich/netto-null-2040-in-der-stadt-zuerich-die-vorlage-im-ueberblick-ld.1679513>
- Gemeindeordnung Stadt Zürich, AS 101.100 (2021). https://www.zh.ch/bin/zhweb/publish/regierungsratsbeschluss-unterlagen./2021/1168/GO_PG_Zuerich.pdf
- Gemeinderat Stadt Zürich. (2023, April 17). Aufgaben und Kompetenzen. <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/ueber-den-gemeinderat/aufgaben-und-kompetenzen/>
- Greenpeace. (2023, April 12). Übersicht: Die politischen Folgen der Klimastreiks. <https://www.greenpeace.ch/de/story/21049/uebersicht-die-politischen-folgen-der-klimastreiks/>
- Greitmann, L., Schaufelberger, T., Kähya, R., Pregaldini, N., & Pharizat, N. (2022). Fallthema: Netto-Null in der Stadt Zürich: Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung.
- Griesshammer, R., & Brohmann, B. (2015). Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können (S. 52). Umweltbundesamt. <https://doi.org/10.5771/9783845267326>
- GUD. (2016). Roadmap: 2000-Watt-Gesellschaft. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/gud/Deutsch/UGZ/umwelt-energie/2000-watt-gesellschaft/%3e%20Dokumente%20und%20Publikationen/Bericht_Roadmap-2000WG_2016/Bericht_Roadmap-2000-Watt-Gesellschaft_161101.pdf
- GUD. (2021, April 21). Zürich soll bis 2040 klimaneutral werden. <https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/departement/medien/medienmitteilungen/2021/april/210421a.html>
- GUD. (2023a). Biodiversität. <https://www.stadt-zuerich.ch/site/umweltbericht/de/index/biodiversitaet.html>
- GUD. (2023b, April 10). Gesundheits- und Umweltdepartement Stadt Zürich. <https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/departement/organisation/ugz.html>
- GUD. (2023c, April 12). 2000-Watt-Gesellschaft—Stadt Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft.html
- GUD. (2023d, April 15). Energiegesetz Kanton Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/beratung_bewilligung/baubewilligung/fachthemen/energetische_massnahmen/energiegesetz.html

- GUD. (2023e, April 15). Primärenergiebilanz. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/2000-watt-indikatoren/primaerenergiebilanz.html
- GUD. (2023f, April 15). Treibhausgasbilanz. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/2000-watt-indikatoren/treibhausgasbilanz.html
- GUD. (2023g, April 18). Ein neues Klimaschutzziel für Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/departement/strategie_politik/umweltstrategie/klimapolitik/klimaschutz/netto-null-treibhausgase.html
- GUD. (2023h, April 18). Klimapriorisierte Massnahmen. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/departement/strategie_politik/umweltstrategie/klimapolitik/klimaschutz/klimapriorisierte-massnahmen.html
- GUD. (2023i, May 1). 2000-Watt-Gesellschaft. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/2000-watt-gesellschaft.html
- GUD. (2023j, May 1). Umwelt und Energie. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie.html
- GUD. (2023k, May 14). Klimaanpassung. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/klimaanpassung.html
- GUD. (2023l, May 15). Hitze. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/klimaanpassung/hitze.html
- GUD. (2023m, May 15). Trockenheit. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/klimaanpassung/trockenheit.html
- Herbers, L., & Zobel, M. (2022, January 17). Soziale Bewegung. socialnet Lexikon. <https://www.socialnet.de/lexikon/Soziale-Bewegung>
- HEV Schweiz. (2023, May 15). HEV Schweiz—Ihre Vorteile. <https://www.hev-schweiz.ch/verband/hev-schweiz/hev-schweiz-ein-starker-verband>
- Hoffer, R. (2021, December 24). Veganes Fleisch setzt sich durch – auch dank Planted. Neue Zürcher Zeitung. <https://www.nzz.ch/wirtschaft/tierfreies-fleisches-setzt-sich-durch-auch-dank-planted-ld.1661225>
- Hofstetter, J., & Tscherrig, S. (2022). GR 2022/566 Po.: Angebot in den städtischen Verpflegungsbetrieben, Festlegung von pflanzenbasierten Menüs mit guter Ökobilanz als Standardoption. Gemeinderat Zürich. <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaeftedetail.php?gid=77f7ca4ec9a7404e903974a91bc3b7b8>
- Hoppe, G., & Marti, D. (2018). Die Bedeutung des Freiraums für eine Qualitätsvolle Innenentwicklung, eine Reportage (S. 40). Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/agglomerationspolitik/publikationen/die-bedeutung-des-freiraums-fur-eine-qualitaetsvolle-innenentwicklung-eine-reportage.pdf.download.pdf/movo_reportage_d_web_130718.pdf
- Hügel, S., & Davies, A. R. (2020). Public participation, engagement, and climate change adaptation: A review of the research literature. WIREs Climate Change, 11(4). <https://doi.org/10.1002/wcc.645>
- IEA. (2023, April 27). Direct Air Capture – Analysis. IEA. <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture>
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In: 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., S. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, S.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.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SPM_version_report_LR.pdf
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., S. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf
- IVZ. (2023, May 15). IVZ Home. IVZ Home. <http://www.ivz.ch/>
- Jorio, L. (2021, September 9). Schweizer Technologie für CO2-Speicherung in Island. SWI swissinfo.ch. <https://www.swissinfo.ch/ger/wirtschaft/schweizer-technologie-fuer-co2-speicherung-in-island/46933938>
- Jungell-Michelsson, J., & Heikkurinen, S. (2022). Sufficiency: A systematic literature review. Ecological Economics, 195. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107380>
- Kaiser, L. (2022, May 11). Gespräch mit Lars Kaiser von Urban Equipe an der UPL-Exkursion am 5. November 2022 (Gruppe 2, Interviewer) [Personal communication].
- Kälin, I. (2020). 20.4227 IS.: Welche Massnahmen für mehr Suffizienz? Das Schweizer Parlament. <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/amtliches-bulletin/amtliches-bulletin-die-verhandlungen?SubjectId=51748>
- Kanton Basel-Stadt Regierungsrat. (2021). Anpassung an den Klimawandel im Kanton Basel-Stadt. Kanton Basel-Stadt Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt.
- Kanton Zürich. (2023a, April 4). Herausforderung Hitze. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/klima/hitze-im-siedlungsraum/herausforderung-hitze.html>
- Kanton Zürich. (2023b, April 27). Förderung und Beratung rund um Energie. Kanton Zürich. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/energie/energiefoerderung.html>
- Kanton Zürich. (2023c, May 4). Klimaschutz: Bald wird das geänderte Energiegesetz in Kraft gesetzt. <https://www.zh.ch/de/news-uebersicht/medienmitteilungen/2022/06/klimaschutz-bald-wird-das-geaenderte-energiegesetz-in-kraft-gesetzt.html>
- Kanton Zürich. (2023d, May 15). Trockenheit. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/klima/trockenheit.html>
- Keller, M. (2019, July 8). Der Fleisch-Pflanzer. <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2019/07/portrait-planted-lukas-boeni.html>
- Kemp, R., & Loorbach, D. (2006). Transition Management: A Reflexive Governance Approach. In J. Voss, D. Bauknecht, & R. Kemp (Eds.), Reflexive Governance for Sustainable Development (pS. 103–130). Edward Elgar Publishing.

- kgv. (2023, April 23). Verkehrspolitik. <https://www.kgv.ch/politik/themen/verkehrspolitik>
- Kieffer, L., Schrackmann, J., Münger, L., Reifenrath, J., & Weber, A. (2022). Fallthema: Netto-Null in der Stadt Zürich: Welche nachhaltigen Transformationen erfordert das Klimaziel Netto-Null?
- Klimastreik. (2023, April 7). Wer sind wir? <https://climatestrike.ch/movement>
- Klimastreik Schweiz. (2023, May 12). Konsensprinzip. <https://de.climatestrike.ch/wiki/Konsensprinzip>
- KLUG. (2023). Psychische Gesundheit im Kontext von Planetary Health | KLUG. <https://www.klimawandel-gesundheit.de/planetary-health/psychische-gesundheit/>
- Kober, T., Bauer, C., Bach, C., Beuse, M., Georges, G., Held, M., Heselhaus, S., Korba, S., Küng, L., Malhotra, A., Moebus, S., Parra, D., Roth, J., Rüdüsili, M., Schildhauer, T., Schmidt, T. J., Schmidt, T. S., Schreiber, M., Sevilla, F. R. S., ... Teske, S. L. (2019). Power-to-X: Perspektiven in der Schweiz. PSI, Empa, ETHZ, ZHAW, HSR. https://www.psi.ch/sites/default/files/2019-07/Kober-et-al_2019_Weissbuch-P2X.pdf
- Koskimäki, T. (2021). Places to Intervene in a Socio-Ecological System: A Blueprint for Transformational Change. *Sustainability*, 13(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/su13169474>
- Kowarik, I., Bartz, R., Brenck, M., & Hansjürgens, B. (2017). Ökosystemleistungen in der Stadt: Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen: Kurzbericht für Entscheidungsträger. *Naturkapital Deutschland – TEEB DE*.
- Krämer, W. (1995). Wie schreibe ich eine Seminar-, Examens- und Diplomarbeit. G. Fischer.
- Landert, N., & Panholzer, S. (2021, December 13). Das Phänomen Klimaangst. *NZZ Akzent*. <https://www.nzz.ch/podcast/das-phaenomen-klimaangst-nzz-akzent-ld.1658378>
- Ledebur, M. von. (2022, July 26). Zürich: Veloroutenbau ruft Widerstand hervor. *Neue Zürcher Zeitung*. <https://www.nzz.ch/zuerich/zuerich-veloroutenbau-ruft-widerstand-hervor-ld.1695133>
- Lidskog, R., & Sundqvist, G. (2022). Lost in transformation: The Paris Agreement, the IPCC and the quest for national transformative change. *Frontiers in Climate*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fclim.2022.906054>
- Limeco. (2023, April 21). Erste industrielle Power-to-Gas-Anlage der Schweiz. Limeco. <https://www.limeco.ch/technologien/power-to-gas/ptg-kurz-erklaert/>
- LUKB. (2023, April 24). Sanierung oder Ersatzneubau? <https://www.lukb.ch/de/unternehmen/dossier/gebäudezyklus>
- Magee, C. L., & Devezas, T. C. (2017). A simple extension of dematerialization theory: Incorporation of technical progress and the rebound effect. *Technological Forecasting and Social Change*, 117, 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.001>
- MeteoSchweiz. (2023a, April 4). Der Wärmeinseleffekt. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/ueber-uns/meteoschweiz-blog/de/2022/8/der-waermeinseleffekt.html>
- MeteoSchweiz. (2023b, April 5). Globaler Klimawandel – aktueller Wissensstand. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel/globaler-klimawandel-aktueller-wissensstand.html>
- MeteoSchweiz. (2023c, April 7). Hitze in Städten. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klima-der-schweiz/hitze-in-staedten.html>
- Meyer, D. L., & Roser, D. (2007). Intergenerationelle Gerechtigkeit (S. 31). BAFU. https://ub-swasearch.ub.unibas.ch/de/detail/swasearch_9955886560105504
- Moser, S., Bader, C., Schmidt, S., Holenstein, M., Mack, V., & Osuna, E. (2018). Analyse von freiwilligen Angeboten und Initiativen mit Bezug zu suffizientem Verhalten (No. 52; Forschungsprojekt FP-1.18). *Energieforschung Stadt Zürich*. https://energieforschung-zuerich.ch/media/topics/report/FP-1.18_Bericht.pdf
- Müller-Ferch, G., Ambühl, H., Bresch, D. N., Croci-Maspoli, M., Engel, T., Hama, M., Hohmann, R., Hosi, S., Neu, U., Plattner, G.-K., & Stocker, T. (2019). CH-Impacts. *Klimaszenarien CH2018 und daraus abgeleitete Folgen für die Schweiz – wie weiter? Grundlagenbericht des Vorprojekts (S. 50 S.) [Application/pdf]*. ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000364227>
- Murunga, M. (2022). Public engagement for social transformation: Informing or Empowering? *Environmental Science & Policy*, 132, 237–246. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.02.031>
- NCCS. (2018). CH2018. *Klimaszenarien für die Schweiz (S. 24)*. National Centre for Climate Services. https://www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/website/klima/CH2018_broschure.pdf.download.pdf/CH2018_broschure.pdf
- NCCS. (2023a, April 3). Beobachtete Klimaentwicklung in der Schweiz. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/beobachtete-klimaentwicklung-in-der-schweiz.html>
- NCCS. (2023b, April 4). *Klimaszenarien verstehen*. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/klimaszenarien-verstehen.html>
- NCCS. (2023c, April 6). *Heftige Niederschläge*. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/kernaussagen/heftige-niederschlaege.html>
- NCCS. (2023d, April 6). *Schneearme Winter*. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/kernaussagen/schneearme-winter.html>
- NCCS. (2023e, April 6). *Trockene Sommer*. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/kernaussagen/trockene-sommer.html>
- Omer, A. M. (2008). Ground-source heat pumps systems and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(2), 344–371. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.10.003>
- Paschotta, R. (2020, March 14). *Power to X*. https://www.energie-lexikon.info/power_to_x.html
- Patella, V., Florio, G., Magliacane, D., Giuliano, A., Crivellaro, M. A., Di Bartolomeo, D., Genovese, A., Palmieri, M., Postiglione, A., Ridolo, E., Scaletti, C., Ventura, M. T., Zollo, A., & Air Pollution and Climate Change Task Force of the Italian Society of Allergology, Asthma and Clinical Immunology (SIAAIC). (2018). Urban air pollution and climate change: "The Decalogue: Allergy Safe Tree" for allergic and respiratory diseases care. *Clinical and Molecular Allergy*, 16(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s12948-018-0098-3>
- Peter, F., & van Bronswijk, K. (2021). Die Klimakrise als Krise der psychischen Gesundheit für Kinder und Jugendliche (S. 6). https://www.gpau.de/fileadmin/user_upload/GPA/dateien_indiziert/Sonstiges/Paed_Allergologie_2021_3_Umwelt1.pdf

- Podbregar, N. (2021, September 17). Filter für das CO₂. *scinexx. Das Wissensmagazin*. <https://www.scinexx.de/dossierartikel/filter-fuer-das-co2/>
- Regierungsrat Kanton Basel-Stadt. (2021). Anpassung an den Klimawandel im Kanton Basel-Stadt. <https://www.bs.ch/publikationen/klimaschutz/bericht-anpassung-klimawandel-kanton-basel-stadt.html>
- Revez, A., Dunphy, N., Harris, C., Rogan, F., Byrne, E., McGookin, C., Bolger, S., Ó Gallachóir, B., Barry, J., Ellis, G., O'Dwyer, B., Boyle, E., Flood, S., Glynn, J., & Mullally, G. (2022). Mapping emergent public engagement in societal transitions: A scoping review. *Energy, Sustainability and Society*, 12(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00330-4>
- Rey, C. (2020, August 13). Velorouten für Zürich: Die Vorlage zur Initiative im Überblick. *Neue Zürcher Zeitung*. <https://www.nzz.ch/zuerich/velorouten-fuer-zuerich-die-vorlage-zur-initiative-im-ueberblick-ld.1566067>
- Roslan, R., Handayani, I. G. A. K. R., & Karjoko, L. (2021). Legal Relationship and Social Changes and Their Impact on Legal Development. 583, 278–280. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211014.060>
- Schmid, M., & Wiesmann, B. (2021). GR 2021/512 Mo.: Massnahmenplanung für das Klimaschutzziel Netto-Null, Förderprogramm für Unternehmen und Organisationen, die zu einem nachhaltigeren und suffizienteren Konsum beitragen. <https://www.gemeinderat-zuerich.ch/geschaefte/detail.php?gid=54d1b4874a84431e8d33498f4f9b851e>
- Schmidt, K. (2022, July 22). Wie geht man mit «Klimaangst» um? Das sagt ein Psychologe. <https://utopia.de/ratgeber/klimaangst-richtiger-umgang-psychologe/>
- Schneeberger, K., Stark, R., & Brühlhart, J.-L. (2022). CO₂ aus der Luft entfernen—Warum wir ohne Negativemissionstechnologien (NET) die Klimaziele verpassen. *die umwelt*, 2. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/dokumentation/magazin/magazin2022-2.html>
- Schwank, O., Peter, M., North, N., Lückge, H., Krämer, A. R., Görlach, B., Nathani, C., & Lange, S. (2007). Auswirkungen der Klimaänderung auf die schweizer Volkswirtschaft (S. 167). BAFU. <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2016/201-19-auswirkungen-der-klimaaenderung-auf-die-schweizer-volkswirtschaft-internationale-einfluesse.pdf>
- sda. (2022, October 31). Zürich baut Fernwärmenetz stark aus. <https://www.limmattalerzeitung.ch/limmattal/zuerich/energie-zuerich-baut-fernwaermenetz-stark-aus-ld.2366172>
- Sigrist, D., Iten, R., Kessler, S., Hammer, S., Maibach, M., Peter, M., Bertschmann, D., Weber, F., Hammer, S., Windler, L., Faist, M., Gmünder, S., Schlierenzauer, C., & Spiegel, B. (2020). Grundlagenbericht Netto-Null Treibhausgasemissionen Stadt Zürich. Stadt Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/gud/Deutsch/UGZ/ugz/umweltpolitik/dokumente/Grundlagenbericht_Netto-Null_200915_final.pdf
- Socolow, R., Desmond, M., Aines, R., Blackstock, J., Bolland, O., Kaarsberg, T., Lewis, N., Mazzotti, M., Pfeffer, A., Sawyer, K., Sirola, J., Smit, B., & Wilcox, J. (2011). Direct Air Capture of CO₂ with Chemicals. *American Physical Society*. <https://www.aps.org/policy/reports/assessments/upload/dac2011.pdf>
- Solarspar. (2023, April 17). Wie Photovoltaik funktioniert. <https://www.solarspar.ch/wie-funktioniert-photovoltaik/>
- SRF. (2019, March 15). Weltweiter Protesttag—Für das Klima auf die Strasse – auch in der Schweiz. *Schweizer Radio und Fernsehen (SRF)*. <https://www.srf.ch/news/schweiz/weltweiter-protest-tag-fuer-das-klima-auf-die-strasse-auch-in-der-schweiz>
- Stadt Basel, Stadt Bern, Stadt Luzern, Stadt St.Gallen, Stadt Winterthur, Amt für Städtebau, & Stadt Zürich, Tiefbauamt. (2012). Städtevergleich Mobilität Vergleichende Betrachtung der Städte Basel, Bern, Luzern, St.Gallen, Winterthur und Zürich. https://skm-cvm.ch/cmsfiles/130124_stadtevergleich_mobilitat_1_1.pdf
- Stadt Luzern. (2020). Klimaanpassungsstrategie der Stadt Luzern. https://www.stadtluzern.ch/_docn/2611750/B_A_Klimaanpassungsstrategie_Stadt_Luzern_2020_05_29.pdf
- Stadt Luzern. (2023, April 18). Klima- und Energiestrategie. <https://www.stadtluzern.ch/aktuelles/newsarchiv/1319215>
- Stadt St. Gallen. (2022). Energiekonzept 2050. https://www.stadt.sg.ch/home/raum-umwelt/energie/energiekonzept-2050/_jcr_content/Par/stsg_downloadlist/DownloadListPar/stsg_download.ocFile/STSG_Energiekonzept_V1_web.pdf
- Stadt Zürich. (2015). Strategien Zürich 2035. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/strategien2035/broschuere.html
- Stadt Zürich. (2020). Masterplan Energie 2020 (S. 42). https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/energie/Startseite/energiepolitik/Masterplan_Energie_2020.pdf
- Stadt Zürich. (2021a). Bericht Energiepolitik 2019–2020 (S. 102). <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/energiepolitik/berichte.html>
- Stadt Zürich. (2021b, November 28). Vorlage 3: Rahmenkredit von 330 Millionen Franken für den Ausbau der Fernwärmeversorgung. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/abstimmungen_u_wahlen/archiv_abstimmungen/vergangene_termine/211128/211128-3.html
- Stadt Zürich. (2023a, April 15). Die Strategien. <https://www.stadt-zuerich.ch/site/velo/de/index/strategie.html>
- Stadt Zürich. (2023b, April 17). Biogas. <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/heizen-kuehlen/erneuerbar-heizen/biogas.html>
- Stadt Zürich. (2023c, April 17). Nachhaltige Entwicklung. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat/weitere-politikfelder/nachhaltigkeit.html
- Stadt Zürich. (2023d, April 18). Klimaforum Zürich. <https://mitwirken.stadt-zuerich.ch/assemblies/klimaforum/f/265/>
- Stadt Zürich. (2023e, April 18). Politische Rechte in der Stadt Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/abstimmungen_u_wahlen/politische_rechte.html
- Stadt Zürich. (2023f, April 19). Stadtidee—«Mitwirken an Zürichs Zukunft». <https://mitwirken.stadt-zuerich.ch/processes/stadtidee>
- Stadt Zürich. (2023g, April 19). Über «Mitwirken an Zürichs Zukunft»—Hintergrundinformationen und Feedbackmöglichkeiten. <https://mitwirken.stadt-zuerich.ch/processes/mitwirken>

- Stadt Zürich. (2023h, April 20). Bestehende Fernwärmenetze. <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/heizen-kuhlen/fernwaerme/waerme-zuerich/bestehende-netze.html>
- Stadt Zürich. (2023i, April 20). Grün Stadt Zürich. <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz.html>
- Stadt Zürich. (2023j, April 20). Versorgungsgebiete. https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/entsorgung_recycling/fernwaerme/versorgungsgebiete.html
- Stadt Zürich. (2023k, April 23). Mietpreisindex. <https://www.stadt-zuerich.ch/prd/de/index/statistik/themen/bauen-wohnen/mietpreise/mietpreisindex/mietpreisindex.html>
- Stadt Zürich. (2023l, April 23). Vorlage 1: Volksinitiative «Sichere Velorouten für Zürich». https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/abstimmungen_u_wahlen/archiv_abstimmungen/vergangene_termine/200927/200927-1.html
- Stadt Zürich. (2023m, April 26). Über Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/portraet_der_stadt_zuerich.html
- Stadt Zürich. (2023n, May 1). Der Stadtrat von Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/politik_u_recht/stadtrat.html
- Stadt Zürich. (2023o, May 13). Geplante Fernwärmenetze. <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/heizen-kuhlen/fernwaerme/waerme-zuerich/geplante-netze.html>
- Stadt Zürich. (2023p, May 14). Förderprogramm Gebäudehüllensanierung mit GEAK Plus. <https://www.stadt-zuerich.ch/energie/de/index/foerderung/alle-foerderprogramme/Sanierung-Gebaeudehuelle-GEAK-Plus.html>
- Stadtkanzlei. (2022, March 9). Abstimmungspublikation: Zürich stimmt ab. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/portal/Deutsch/Abstimmungen%20%26%20Wahlen/5_archiv_abstimmungen/220515/Abstimmungspublikation%20vom%2015.%20Mai%202022_Gesamtversion%20interaktiv.pdf
- Stadtrat. (2021, April 21). Auszug aus dem Protokoll des Stadtrats von Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/portal/Deutsch/Stadtrat%20%26%20Stadtpraesident/Publikationen%20und%20Broschueren/Stadtratsbeschluesse/2021/Apr/STRB%20Nr.%200381_2021%2c%20UGZ%2c%20Klimaschutzziel%20Netto-Null_CMS.pdf
- Stalhandske, Z., Nesa, V., Zumwald, M., Ragettli, M. S., Gällimshina, A., Holthausen, N., Röösl, M., & Bresch, D. N. (2022). Projected impact of heat on mortality and labour productivity under climate change in Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(8), 2531–2541. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-2531-2022>
- Steiner, A. (2022, June 26). Klimastreik: Geschichte und Entwicklung. *Nau*. <https://www.nau.ch/news/schweiz/klimastreik-geschichte-und-entwicklung-65901379>
- Stengel, O. (2011). Suffizienz: Die Konsumgesellschaft in der ökologischen Krise. *Oekom*. <https://doi.org/10.14512/9783865813855>
- Stern, E. (2022, November 5). Klimaorganisationen im Austausch: Beitrag des Betroffenenverein «KlimaSeniorinnen» (Studierende der Lehrveranstaltung Umweltproblemlösen, Interviewer) [Personal communication].
- Swissolar. (2023, June 4). Statistik Sonnenenergie 2021: Der schnelle Zubau der Photovoltaik setzt sich fort. <https://www.swissolar.ch/services/medien/news/detail/n-n/der-schnelle-zubau-der-photovoltaik-setzt-sich-fort/>
- TED. (2014). Stadtverkehr 2025 Strategie für eine stadtverträgliche Mobilität (S. 8). Stadt Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/ted/Deutsch/stadtverkehr2025/Publikationen_und_Broschueren/Strategie_Stadtverkehr.pdf
- TED. (2021). «Velostrategie 2030». https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/publikationen_u_broschueren/velostrategie-2030.html
- TED. (2022). Stadtverkehr 2025, Bericht 2021 (S. 40). Stadt Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/ted/Deutsch/stadtverkehr2025/Publikationen_und_Broschueren/Stadtverkehr2025_Bericht_2021.pdf
- TED. (2023a, April 3). Zahlen & Fakten zur Fernwärme von ERZ. https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/entsorgung_recycling/wissen/waermeproduktion/fakten-fw.html
- TED. (2023b, April 15). Dachstrategie «Stadtraum und Mobilität 2040». https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/erhalten/dachstrategie_2040.html
- TED. (2023c, May 16). Tiefbau- und Entsorgungsdepartement. <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index.html>
- TED. (2023d, May 16). Tiefbauamt. <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz.html>
- TED. (2023e, May 29). Strategie Stadtverkehr 2025. https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/stadtverkehr2025/programm_stadtverkehr_2025.html
- Tsüri. (2021, November 5). Save the Date: Fokus Netto-Null. <https://tsuri.ch/zh/save-date-fokus-netto-null.9cYFApMBQnMp6brh>
- Tucek, I. (2021, April 7). Emotionen in der Klimakrise. *klimareporter.in*. <https://klimareporter.in/emotionen-in-der-klimakrise/>
- UNFCCC. (2023a, April 24). The Paris Agreement. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- UNFCCC. (2023b, June 1). What are United Nations Climate Change Conferences? <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-are-united-nations-climate-change-conferences>
- UNFCCC. (2023c, June 1). What is the Kyoto Protocol? https://unfccc.int/kyoto_protocol
- UNFCCC. (2023d, June 1). What is the United Nations Framework Convention on Climate Change? <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- United Nations. (2016). Ziele für nachhaltige Entwicklung Bericht 2016. <https://www.un.org/depts/german/millennium/SDG%20Bericht%202016.pdf>
- UPL ETH Zürich. (2022). Teilanalysethemen: Fragestellungen, Ausgangsliteratur und Überblick der gesetzlichen Grundlagen. https://moodle-app2.let.ethz.ch/pluginfile.php/1421922/mod_resource/content/1/UPL_2022_Teilanalysen_Netto-Null.pdf
- Urban Equipe. (2022a, September 30). 'Quartieridee Wipkingen' – Arbeitsbericht. Urban Equipe. https://www.urban-equipe.ch/blog/quartieridee_1

- Urban Equipe. (2022b, September 30). 'Quartieridee Wipkingen' – Reflexionsbericht. Urban Equipe. https://www.urban-equipe.ch/blog/quartieridee_2
- Urban Equipe. (2022c, October 16). Über equipe. Urban Equipe. <https://www.urban-equipe.ch>
- UVEK. (2023a, April 10). Die wichtigsten Massnahmen im Energiegesetz. <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/abstimmung-zum-energiegesetz/uebersicht-massnahmen.html>
- UVEK. (2023b, April 15). Energiestrategie 2050. <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/energie/energiestrategie-2050.html>
- UVEK. (2023c, April 22). Strategie des UVEK. <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/strategie.html>
- VBZ. (2023a, April 23). Elektromobilität. <https://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/mobilitaet-der-zukunft/elektromobilitaet.html>
- VBZ. (2023b, April 23). Umweltpolitik und -strategie. https://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/die_vbz/umwelt/vbz-umweltpolitik-und--strategie.html
- VBZ. (2023c, May 15). Porträt—Stadt Zürich. https://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/die_vbz/portraet.html
- VCS. (2023, May 1). Porträt des VCS. <https://www.verkehrsclub.ch/ueber-den-vcs/portraet-des-vcs/>
- Verkehrsabgabengesetz (VAG), 741.1_11.9.66_103 741.1 (1967). https://www.zh.ch/de/politik-staat/gesetz-beschluesse/gesetzessammlung/zhlex-ls/erlass-741_1-1966_09_11-1967_01_01-103.html
- Vieli, B., Fussen, D., & Müller, M. (2017). CO2-Budget der Schweiz. EBP Schweiz AG. https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2017-10/EBP_Kurzbericht_170919.pdf
- Ville de Lausanne. (2021). Plan Climat. <https://www.lausanne.ch/portrait/climat/plan-climat.html>
- Wamsler, C., Alkan-Olsson, J., Björn, H., Falck, H., Hanson, H., Oskarsson, T., Simonsson, E., & Zelmerlow, F. (2020). Beyond participation: When citizen engagement leads to undesirable outcomes for nature-based solutions and climate change adaptation. *Climatic Change*, 158(2), 235–254. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02557-9>
- Wrabel, I. M. (2021, December 9). Strom für den Winter speichern. Energie-Experten. <https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/strom-fuer-den-winter-speichern.html>
- WWF Schweiz. (2023, March 31). Treibhauseffekt—Wie Treibhausgase unser Klima verändern. <https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/treibhauseffekt-wie-treibhausgase-unser-klima-veraendern>
- ZHK. (2023, May 16). Die Zürcher Handelskammer. Zürcher Handelskammer. <https://www.zhk.ch/de/ueber-uns/die-zuercher-handelskammer.html>
- Zürcher, J. J. (2022). Soziale Arbeit im Kontext des Klimawandels (S. 87). https://files.www.soziothek.ch/source/2022_ba_Z%C3%BCrcher%20Julian.pdf
- ZVV. (2023, May 3). Wer ist der Zürcher Verkehrsverbund? <https://www.zvv.ch/zvv/de/ueber-uns/zuercher-verkehrsverbund/organisation.html>

Anhang

Tabelle A1
Gruppeneinteilungen der Teilanalysegruppen.

Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels			
Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Lenita Edward, Sven Hollenweger, Rebecca Michel, Martina Rizzi, Michelle Trachsel	Jael Enzler, Simon Farner, Pietro Micheli, Michel Müller, Anna Schnarwyler, Alina Wild	Mario Bolli, Linus Chrétien, Ryan Koch, Aurelia Rüdlinger, Sarah Schmid	Florian Bissig, Gülär Farhadian, Vanessa Hauri, David Jäger, Antonio Monti
Strategien für Klimaschutz und Klimaanpassung			
Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Lea Durisch, Daan Gammeter, Rahel Keusen, Alina Ochsenbein, Johanna Wey	Joëlle Buri, Elie Estenne, Natalie Hafner, Georg Heller, Lisa Mager, Anna Wortmann	David Bienz, Rona Kühne, Aline Laube, Visnja Vukosavljevic, Benjamin Wittenwiller	Lisa Greitmann, Reyhan Kâhya, Nathan Pharizat, Nicole Pregaldini, Till Schaufelberger
Klimawandel im Kontext von Nachhaltigkeit			
Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Manuel Gloor, Angelina Hänni, Meret Kaiser, Eva Rathgeb, Dea Rieder, Marina Steiner	Alexandra Barra, Rouven Gubler, Mira Kammerer, Sydney Oester, Kéoma Oran	Diana Ammann, Noreen Battilana, Loris Frey, Niclas Häuser, Helena Iampietro	Niki Budavary, Laurenz Holzer, Yanis Kälin, Annika Koll, Elena Kramer
Technologische Lösungen für Netto-Null			
Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Ronja Flück, Sten Lengsfeld, Fiona Lüscher, Jonas Pracher, Esther Thomasius, Jan Tresch	Cyprian Grüsser, Maximilian Moreiras Groschupf, Khaja Müller, Alina Peter, Shahya Sarathsandren	Reyan Chaaban, Olivia Degiacomi, Ambroise Delaly, Yaara Schaaff, Lara von Moos	Leo Kieffer, Lucas Münger, Joelle Reifenrath, Janik Schrackmann, Andrina Weber
Gesellschaftliche Transformationsprozesse für Netto-Null			
Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Julian Chariatte, Ronja Huggenberger, Gianna Lengert, Rafael Zekar, Jaelle Zuber	Silja Estermann, Anna Hauggaard-Nielsen, Niculina Nufer, Ricardo Ramaswamy, Andri Würsch	Sharon Anderrüthi, Emilia Clauss, Dimitri Franov, Vera Ziehli	Matteo Di Pasquale, Emma Hilgenstock, Pascal Hong, Laurence Kamber, Anne Wagner

ETH Zürich
USYS TdLab
CHN K 78
8092 Zürich

www.tdlab.usys.ethz.ch

Gestaltung: Sandro Bösch

Titelbild: Sahil Oza

© ETH Zürich, Juli 2023