



Der Weg von 2000-Watt-Areal Bewohnern in eine nachhaltige Zukunft

Ökologischer Fussabdruck und Absenkpfad von 2000-Watt-Areal Bewohnern zur Erreichung des 2000-Watt-Ziels

Bachelorarbeit

von

Basil Hertweck

Bachelorstudiengang 2016

Abgabedatum: 24. Oktober 2019

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Korrektor:

Matthias Stucki

ZHAW Life Sciences und Facility Management, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen,
Grüntal, 8820 Wädenswil, Schweiz

Daniel Kellenberger

Intep - Integrale Planung GmbH, Pfingstweidstrasse 16, 8005 Zürich, Schweiz

Impressum

Schlagworte

2000-Watt-Areal, 2000-Watt-Gesellschaft, Treibhausgasemissionen, Primärenergiebedarf, Benutzerverhalten

Zitiervorschlag

Hertweck, B. (2019). Der Weg von 2000-Watt-Areal Bewohnern in eine nachhaltige Zukunft - Ökologischer Fussabdruck und Absenkpfad von 2000-Watt-Areal Bewohnern zur Erreichung des 2000-Watt-Ziels, Bachelorarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Wädenswil. Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen.

Adresse des Instituts

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Life Sciences und Facility Management
Grüental
Postfach
CH-8820 Wädenswil

Bild Titelseite

Colourbox. 2018. «Natur, leben, planet | Stock-Vektor». Colourbox. 25. Januar 2018.
<https://www.colourbox.de/vektor/natur-leben-planet-vektor-30838044>.

Zusammenfassung

Um die globale Erderwärmung bei maximal $+1.5^{\circ}\text{C}$ zu stoppen, muss die Schweiz ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 auf ein Minimum senken. Dies soll unter anderem mithilfe der Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft bis ins Jahr 2100 geschehen. Zur Umsetzung der darin definierten Ziele, wurde das 2000-Watt-Areal Label erstellt. Das Label steht für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und Emissionen. Zur Messung des ökologischen Fussabdrucks eines Anwohnenden, gibt es zwei verschiedene Bilanzierungskonzepte. Während die meisten Auswertungen einfachheitshalber mit dem Endenergiekonsum durchgeführt werden, wird in dieser Arbeit mit dem Gesamtkonsum bilanziert. Aufgrund von Literaturquellen wurden Grundlagen für die verschiedenen Einflussbereiche der Bewohner und Bewohnerinnen von 2000-Watt-Arealen gesammelt und ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass die 2000-Watt-Areale einen deutlich tieferen Primärenergiebedarf (4'755 Watt pro Person) wie auch tiefere Treibhausgasemissionen (6.83 Tonnen CO_2 pro Person) aufweisen, als Referenzwerte aus der Stadt Zürich und der Schweiz. Im Vergleich zu dem Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft sieht der Absenkpfad eine Reduktion des Primärenergiebedarfs um 33% und der Treibhausgasemissionen um 81% bis ins Jahr 2050 vor. Das grösste Reduktionspotential liegt im Bereich des Konsums, mit bis zu 45% Anteil an den Primärenergiebedarf und den Treibhausgasemissionen. Dieser Bereich hängt mehrheitlich von den individuellen Entscheidungen und Gewohnheiten Einzelner ab. Des Weiteren wurden noch einige geeignete Massnahmen zur Reduktion des ökologischen Fussabdrucks beschrieben. Die Arbeit kommt zum Schluss, dass die 2000-Watt-Areale auf einem guten Weg in eine nachhaltige Zukunft sind. Um den Absenkpfad bis 2050 einzuhalten, muss mit den Massnahmen jedoch bereits heute begonnen werden.

Abstract

To stop global warming at a maximum of +1.5°C, Switzerland must reduce its greenhouse gas emissions to a minimum by 2050. This is to be achieved by the year 2100 with the help of the vision of a 2000-watt society. In order to implement the defined goals, the 2000-watt site label was created. The label stands for the sustainable use of resources and emissions. There are two different accounting concepts for measuring the ecological footprint of a resident. While most evaluations are carried out with the final energy consumption for the sake of simplicity, this work accounts with the total consumption. Based on literature sources, basics for the different consumption areas of the inhabitants of 2000-watt sites were collected and evaluated. The results show that the 2000-watt areas have significantly lower primary energy demand (4,755 watts per person) and lower greenhouse gas emissions (6.83 tonnes of CO₂ per person) than reference values from the city of Zurich and Switzerland. Compared to the target of the 2000-watt society, the reduction path aims for a 33% reduction in primary energy demand and 81% reduction in greenhouse gas emissions by 2050. The greatest reduction potential lies in consumption, which accounts for up to 45% of primary energy requirements and greenhouse gas emissions. This area depends mainly on the individual decisions and habits of individuals. In addition, a number of suitable measures to reduce the ecological footprint have been described. The study concludes that the 2000-watt sites are on the right path to a sustainable future. However, in order to maintain the reduction path until 2050, the measures must be started today.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Hintergrund	8
1.2	Aufgabenstellung	9
1.3	Zielsetzung.....	10
2	Grundlagen	11
2.1	2000-Watt-Gesellschaft.....	11
2.1.1	Umweltindikatoren.....	11
2.1.2	Bilanzierung	12
2.1.3	Die Einflussbereiche	14
2.2	2000-Watt-Gebäude / SIA-Effizienzpfad Energie 2040:2017	16
2.3	2000-Watt-Areal	17
2.3.1	Die zertifizierten 2000-Watt-Areale in Betrieb.....	19
2.4	Zusammenhang zwischen 2000-Watt-Gesellschaft, 2000-Watt-Areal und SIA Effizienzpfad Energie	22
2.5	Hauptquellen dieser Arbeit	23
2.5.1	Bericht «Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude».....	23
2.5.2	Zertifizierungsunterlagen der 2000-Watt-Areale	24
2.6	Referenzwerte.....	24
3	Methodische Vorgehensweise.....	26
3.1	Einflussbereiche dieser Arbeit	26
3.2	Systembild	28
3.3	Berechnung des ökologischen Fussabdrucks der 2000-Watt-Areal Bewohner und Bewohnerinnen.....	30
4	Resultate	35
4.1	Ökologischer Fussabdruck heute	35
4.1.1	Primärenergiebedarf gesamt.....	36

4.1.2	Treibhausgasemissionen	38
4.2	Absenkepfad bis 2050 und 2100 für 2000-Watt-Areale	40
4.2.1	Primärenergiebedarf gesamt	40
4.2.2	Treibhausgasemissionen	41
5	Diskussion.....	42
5.1	Vergleich 2000-Watt-Areale mit ZH und CH Werte.....	42
5.2	Vergleich zu Referenzwerten	44
5.3	Datenqualität.....	45
6	Empfehlungen und mögliche Massnahmen.....	48
6.1	Mögliche Massnahmen zur Reduktion des ökologischen Fussabdruckes.....	48
7	Schlussfolgerungen.....	53
7.1	Forschungsbedarf / Ausblick	54
8	Literaturverzeichnis	55
9	Abbildungsverzeichnis.....	58
10	Tabellenverzeichnis	60
11	Anhang	62
	Anhang A – Vollständige Resultate des ökologischen Fussabdrucks	63
	Anhang B – Vollständige Resultate des Absenkepfades eines durchschnittlichen 2000-Watt-Areals	64
	Anhang C – Absenkepfade für die einzelnen 2000-Watt-Areale	65
	Anhang D – Berechnung der Anteile der Konsumkategorien	66
	Anhang E – Plagiatserklärung	67

Liste der Abkürzungen

CO ₂ -eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
EBF	Energiebezugsfläche
EFZ	Energieforschung Stadt Zürich
ESfG	EnergieSchweiz für Gemeinden
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EU	Europäische Union
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
PE	Primärenergie
PE ne	Primärenergie nicht-erneuerbar
Pkm	Personenkilometer
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Stk.	Stückzahl
THGE	Treibhausgasemissionen
VZA	Vollzeitäquivalente

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird der Hintergrund der Arbeit, die Aufgabenstellung sowie die Zielsetzung beschrieben.

1.1 Hintergrund

Im Jahre 2015 wurde das Klimaabkommen von Paris unterzeichnet, welches die teilnehmenden Staaten unter anderem dazu verpflichtet, den Anstieg der globalen Erderwärmung auf unter 2°C zu begrenzen. Angestrebt wird ein maximaler Temperaturanstieg von 1.5°C. Für die rasante Erwärmung der Erde sind die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen, welche seit der Industrialisierung kontinuierlich angestiegen sind, verantwortlich. Zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1.5°C, ist eine Senkung der Treibhausgasemissionen, hauptsächlich dem CO₂, auf Netto-Null (siehe Abbildung 1) unvermeidbar (IPCC 2018).

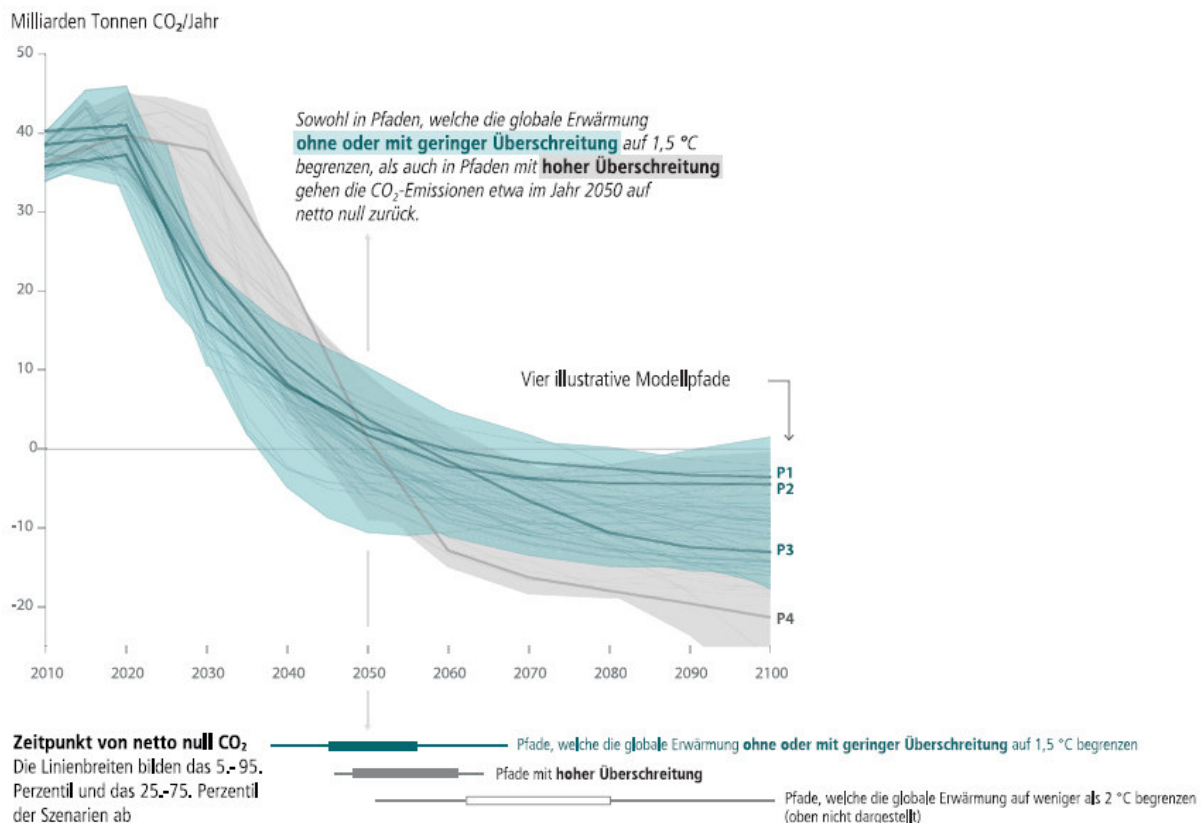


Abbildung 1: Gesamte globale Netto-CO₂-Emissionen (IPCC 2018)

Jeder Staat der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) ist dazu verpflichtet Reduktionsziele zu definieren, welche sich auch quantifizieren lassen. Die Schweiz hat festgelegt bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 50% gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Bis 2050 möchte die Schweiz die Emissionen um 70 – 85% gegenüber 1990 senken. Zur konkreten Umsetzung hat die Schweiz ihre Reduktionsziele im neuen CO₂-Gesetz festgehalten. Zur Erreichung

dieser Ziele müssen in allen Sektoren (Verkehr, Haushalt, Industrie, Landwirtschaft, Abfälle) die Treibhausgasemissionen reduziert werden (BAFU 2018). Beinahe 80 Prozent der globalen Emissionen werden durch den Energieverbrauch verursacht (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017). Somit ist die Reduktion des Energieverbrauchs ein entscheidender Faktor zur Bekämpfung der Erderwärmung. In der Energiestrategie 2050 des Bundesrates sind Massnahmen wie Energieeffizienz und Verstärkung der erneuerbaren Energien festgehalten (BAFU 2018). Für die Umsetzung wurde unter anderem das Programm EnergieSchweiz für Gemeinden (ESfG) entwickelt, welches gezielt Projekte auf Gemeindeebene fördert. Eines der Handlungsfelder der ESfG beschäftigt sich mit der 2000-Watt-Gesellschaft. Die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft, beschreibt konkrete Ziele für den gesamten Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen pro Kopf und Jahr hin zu einem nachhaltigen Energie- und Ressourcenverbrauch (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017). Einen Teil der definierten Zwischenziele erfüllen zum heutigen Zeitpunkt zertifizierte Siedlungsgebiete mit dem Label 2000-Watt-Areal (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017). Das Label und die zertifizierten Areale leisten somit bereits heute einen wichtigen Beitrag zur Begrenzung der Erderwärmung.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der mit den Treibhausgasemissionen zusammenhängt, ist die Einkommensstärke (Bassetti et al. 2013; Knight und Schor 2014). Es wurden in den letzten Jahren verschiedene Untersuchungen durchgeführt, zur Entkoppelung des Einkommens von den Treibhausgasemissionen (Wang und Wang 2019; Deuch 2017). Im Jahre 2010 untersuchte Girod und Haan ob durch die Zunahme des Einkommens die Treibhausgasemissionen von Schweizer Haushalten zu- oder abnehmen werden. Es stellte sich heraus, dass Haushalte mit einem hohen Einkommen nicht mehr, sondern lediglich qualitativ bessere Produkte konsumierten (Girod und Haan 2010). Eine neue Studie von Bruderer-Enzler und Diekmann (2019) untersuchte neben dem Zusammenhang zwischen dem Einkommen und den Treibhausgasemissionen zusätzlich auch den Einfluss des Umweltbewusstseins in der Schweiz. Dabei kam heraus beide Faktoren, das höhere Einkommen wie auch das Umweltbewusstsein, haben einen gleich grossen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen Bruderer-Enzler und Diekmann (2019). Eine Studie von Girod et al. (2014) wies darauf hin, dass sich die Klimapolitik meist nur auf die Produktion oder dem Konsum der Länder beschäftigten. Dabei wurde das Konsumverhalten der einzelnen Personen ausser Acht gelassen. In der Studie wurde aufgezeigt, dass erhebliches Potential zur Minderung der Klimaerwärmung besteht, bei Veränderung der Verbrauchsentscheidungen (Girod et al. 2014).

1.2 Aufgabenstellung

Die 2000-Watt-Areale stehen für Siedlungsgebiete mit einem nachhaltigen Umgang von Ressourcen und Emissionen über den gesamten Lebenszyklus des Areals. Die zertifizierten Areale basieren auf

den methodischen Grundlagen des SIA Effizienzpfades Energie, welcher wiederum kompatibel mit der 2000-Watt-Gesellschaft ist. Zum Erhalt des Zertifikats werden somit bereits zum heutigen Zeitpunkt einen Teil der Zielwerte der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht. Bisher wurde nur ein 2000-Watt-Areal in Entwicklung bilanziert (Probst 2014). Es soll untersucht werden wie gross der ökologische Fussabdruck der sieben 2000-Watt-Areale in Betrieb pro Person und Jahr zum heutigen Zeitpunkt ist. Anschliessend sollen die Werte mit Quellen aus der Literatur (Jungbluth und Itten 2012; Probst 2014; Goldstein et al. 2013) verglichen werden.

1.3 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es den gesamten Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen der zertifizierten 2000-Watt-Areale in Betrieb Bewohnenden zum heutigen Zeitpunkt zu berechnen. Des Weiteren soll untersucht werden, wie weit die Bewohnenden von den Zielwerten der 2000-Watt-Gesellschaft entfernt sind. Zur Erreichung dieser Ziele sollen die grössten Potentiale ausgemacht werden. Als Hilfe für die Areal-Trägerschaften werden zusätzlich einige mögliche Massnahmen zur Reduktion beschrieben.

Mit dieser Arbeit sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

1. Wie gross ist der ökologische Fussabdruck von 2000-Watt-Areal Bewohnern?
2. Wo stehen die 2000-Watt-Areale in Bezug auf die 2000-Watt-Gesellschaft?
3. In welchen Einflussbereichen besteht noch das grösste Potenzial zur Verbesserung?

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen dieser Arbeit erklärt. Dabei handelt es sich um wichtige Begriffe, die Datengrundlage für die Berechnungen in Kapitel 3 und die verwendeten Referenzwerte.

2.1 2000-Watt-Gesellschaft

Die 2000-Watt-Gesellschaft ist die Vision einer Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Ressourcen und Energieträger und deren global gerechte Verteilung auf die Weltbevölkerung (EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, und SIA Zurich 2014). Die 2000-Watt-Gesellschaft unterstützt die Schweiz in der Umsetzung der Energiestrategie 2050. Vor allem im Gebäudebereich sollen die Treibhausgasemissionen um 80% reduziert werden (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017).

. Konkret bedeutet dies für die Schweiz:

- Reduktion des gesamten Primärenergiebedarfs auf 2000 Watt pro Person und Jahr
- Senkung der Treibhausgasemissionen auf 1 Tonne CO₂ pro Person und Jahr

2.1.1 Umweltindikatoren

Der gesamte Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen sind Umweltindikatoren, welche die Wechselbeziehungen zwischen der Gesellschaft und der Umwelt aufzeigen (Bundesamt für Statistik 2019). Nachfolgend werden die beiden Begriffe kurz erklärt.

Primärenergie gesamt

Die Primärenergie ist die Rohenergie, welche noch durch keine technische Umsetzung, Umwandlung oder Transport verändert wurde (SIA Zurich 2017). Dabei wird zwischen erneuerbarer und nicht-erneuerbaren Primärenergieträgern unterschieden. Dabei gehören die Wasserkraft, die Biomasse, Windkraft, Solarenergie und Umweltwärme zu den erneuerbaren, während die nuklearen und fossilen Energieträger zu den nicht-erneuerbaren Primärenergieträgern gehören. Für die Verwendung der Primärenergie als Umweltindikator wird das Verhältnis zwischen der benötigten Primärenergie menge zu der Endenergiemenge (siehe Abbildung 2), welche für ein Bauteil, Gebäude

oder Fahrzeug notwendig ist, berechnet (EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, und SIA Zurich 2014). Einfach gesagt: Es ist die benötigte Menge an Energie zur Erzeugung von Energie.

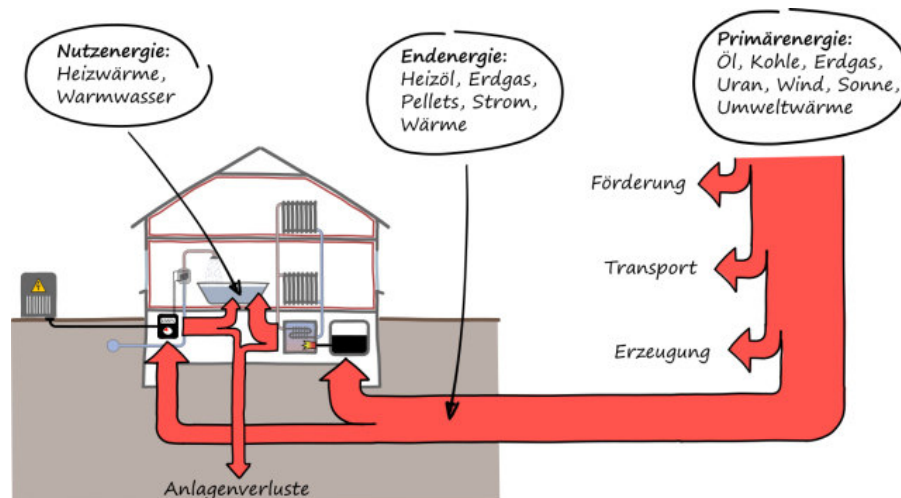


Abbildung 2: Unterschied Nutz-, End- und Primärenergie (Mevenkamp 2019)

Treibhausgasemissionen

Damit gemeint sind alle durch den Menschen verursachten Treibhausgasemissionen. Am meisten Treibhausgase werden durch Verbrennung von Energieträgern wie den Brenn- und Treibstoffen verursacht. Je nach Energieträger werden verschieden grosse Mengen an Treibhausgasen wie Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas und weitere klimawirksame Gase in die Atmosphäre emittiert. Für ein besseres Verständnis werden alle Treibhausgase in CO₂-Äquivalente angegeben. Die Treibhausgasemissions-Koeffizienten und Primärenergiefaktoren werden nach demselben Prinzip bestimmt (EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, und SIA Zurich 2014).

2.1.2 Bilanzierung

Als Grundlage für die Bilanzierung der 2000-Watt-Gesellschaft dient das «Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft», welches von der EnergieSchweiz für Gemeinden, der Stadt Zürich und dem Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (2014) erarbeitet wurde. Darin werden die beiden Umweltindikatoren aus dem vorherigen Kapitel als Messgrösse verwendet. Es gibt zwei verschiedenen Bewertungsmöglichkeiten.

1. Für territorial abgegrenzte Einheiten wie die **Schweiz, Kantone, Regionen, Städte und Gemeinden** werden anhand des **Endenergiekonsums**, der gesamte Primärenergiebedarf sowie Treibhausgasemissionen berechnet. Die Endenergie entspricht dabei den ausgewiesenen inländischen Absätzen der jeweiligen territorialen Einheit (Bsp. Schweiz, aus Energiestatistik der Schweiz). Dabei wird das Import- / Exportsaldo an grauer Energie, welches durch Güter und Dienstleistungen entsteht, nicht berücksichtigt. Dies weil die Daten zum Verbrauch von Waren und Dienstleistungen mit dem damit zusammenhängenden Bilanzierungsaufwand nicht realisierbar sind.

Anhand des Endenergieverbrauchs der Schweiz wurden die Istwerte (siehe Tabelle 1) für die Jahre 2005 und 2012 berechnet (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014). Die Reduktionsfaktoren für das Jahr 2050 und 2100 (siehe Tabelle 1) sollen als Orientierungshilfe für Kantone, Regionen, Städte und Gemeinden dienen (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014). Des Weiteren dienen die Reduktionsfaktoren ausgehend vom Jahr 2005 als Orientierungshilfe für den SIA Effizienzpfad Energie (SIA Zurich 2017).

Tabelle 1: Ist- und Zielwerten für die 2000-Watt-Gesellschaft der Schweiz, Kantone, Regionen, Städte, Gemeinden mit den Reduktionsfaktoren (grün) ausgehend vom Jahr 2005 (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014)

Jahr	Ist-Werte		Zielwerte			
	2005	2012	2050		2100	
Primärenergie gesamt Watt pro Person	6300	5900	3500	0.56	2000	0.32
Treibhausgasemissionen Tonnen pro Person und Jahr	8.6	7.7	2.0	0.23	1.0	0.12

2. Für die Bilanzierung von **Gebäuden, Arealen, Personen und Haushalten** wird der **Gesamtkonsum** bewertet. Dieser berücksichtigt neben dem Endenergieverbrauch zusätzlich das Import- / Exportsaldo an grauer Energie (wodurch wiederum Treibhausgasemissionen entstehen), welches durch Güter und Dienstleistungen entsteht. Berücksichtigt wird die benötigte Energie zur Herstellung von Waren und zur Bereitstellung von Dienstleistungen, abzüglich der in der Schweiz hergestellten und in die Schweiz exportierten Güter. Bei den Treibhausgasemissionen werden auch die nicht energetischen Treibhausgasemissionen miteinbezogen. Dazu gehört zum Beispiel die Emissionen aus der Landwirtschaft (Methan aus der Verdauung von Kühen).

Für die Ist-Werte (siehe Tabelle 2) der Gesamtkonsum-Bilanzierung wurde die Differenz zwischen dem Endenergiekonsum der Schweiz aus dem Jahre 2005 und dem Gesamtkonsum ebenfalls der Schweiz und für das Jahr 2005 aus dem Bericht von Jungbluth und Itten (2012) verwendet. Die Zielwerte sind dieselben mit der einzigen Ausnahme, dass der zweite Zielwert (siehe Tabelle 2) erst im Jahr 2150 anstatt 2100 erreicht werden muss (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014).

Tabelle 2: Ist- und Zielwerte für die 2000-Watt-Gesellschaft von Gebäuden, Arealen, Haushalten und Personen (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014)

Jahr	Ist-Werte		Zielwerte	
	2005	2012	2050	2150
Primärenergie gesamt Watt pro Person	8300	7500	3500	2000
Treibhausgasemissionen Tonnen pro Person und Jahr	12.8	11.4	2.0	1.0

2.1.3 Die Einflussbereiche

Für die Bilanzierung des Gesamtkonsums können verschiedene Unterteilungen zu dem individuellen, privaten Konsumverhalten von Personen vorgenommen werden. Es werden im folgenden verschiedene Vorgehensweisen vorgestellt.

Im **Bilanzierungskonzept** wird unterteilt in 5 Einflussbereiche (siehe Abbildung 3). Dabei wird der Bereich Wohnen komplett, die Mobilität und die Infrastruktur jeweils teilweise durch den SIA Effizienzpfad Energie abgedeckt.

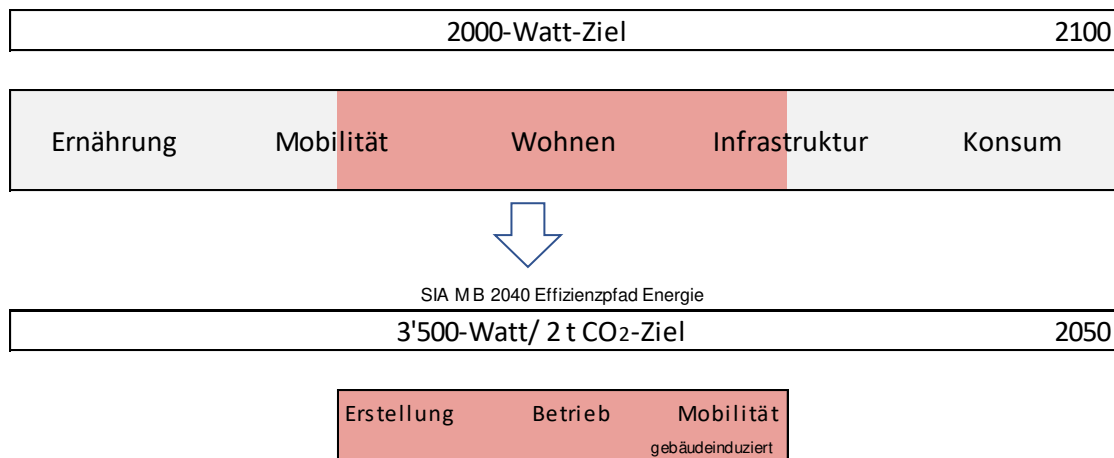


Abbildung 3: 2000-Watt Ziele und berücksichtigte Bereiche des SIA Effizienzpfades nach SIA Zurich (2014) (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017)

Im Bericht von Jungbluth und Itten (2012) über die «**Umweltbelastungen des Konsums in der Schweiz und in der Stadt Zürich**» erfolgt die Unterteilung in 4 Bereiche (siehe Abbildung 4). Dabei wird die Infrastruktur den einzelnen Bereichen zugeordnet und nicht separat bilanziert. Der SIA Effizienzpfad Energie deckt den Bereich Wohnen sowie einen Teil der Mobilität ab.

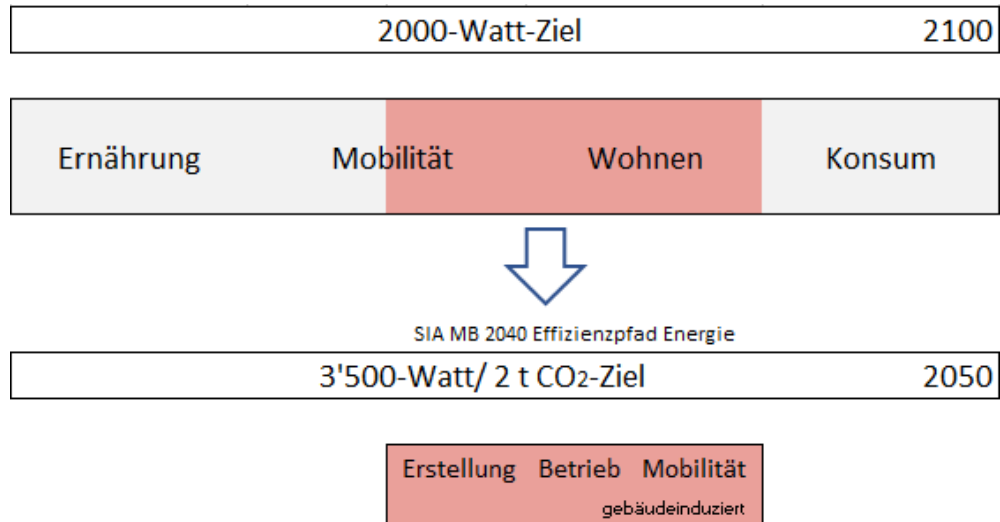


Abbildung 4: 2000-Watt Ziele und berücksichtigte Bereiche des SIA Effizienzpfades nach Ott et al. (2014)

Ein neuer Ansatz wurde von Kaspar (2014) in seiner Arbeit über die «**Internalisierung der 2000-Watt-Gesellschaft für Immobilien**» vorgeschlagen (siehe Abbildung 5). Dabei wird der SIA Effizienzpfad Energie nur durch den Bereich Gebäudenutzung abgedeckt. Der Bereich der Ernährung wurde in diesem Ansatz im Bereich des Konsums unterbracht. Der Bereich der Mobilität deckt nur die Freizeitmobilität ab (ohne die Alltags-Mobilität).

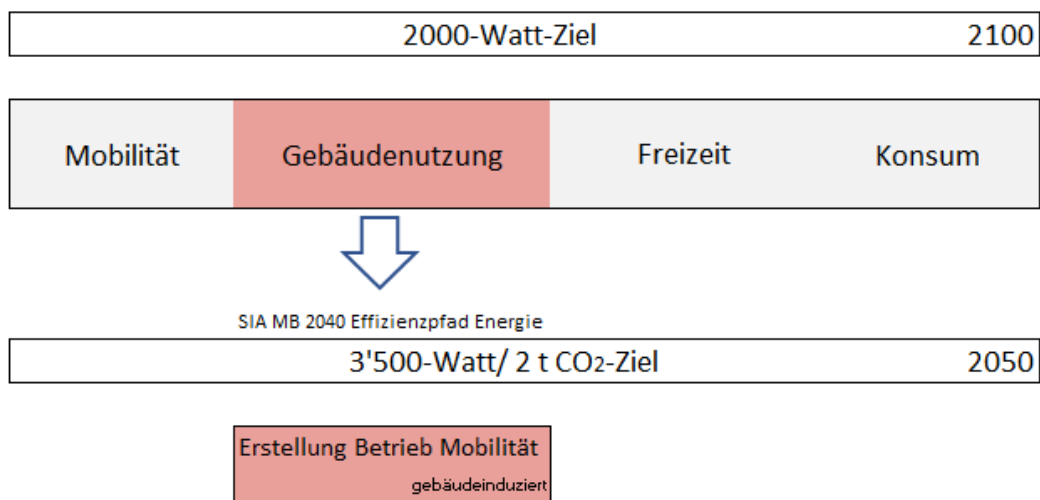


Abbildung 5: 2000-Watt Ziele und berücksichtigte Bereiche des SIA Effizienzpfades nach Kaspar (2014)

Für die Bilanzierung von Personen und Haushalten ist die Variante von Jungbluth und Itten (2012) in vielen Berichten als Grundlage der Berechnungen vom Gesamtkonsum verwendet worden (Ott et al. 2014; Probst 2014; EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, und SIA Zurich 2014).

2.2 2000-Watt-Gebäude / SIA-Effizienzpfad Energie 2040:2017

Die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft werden im SIA Effizienzpfad Energie auf Gebäudeebene angewendet (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017). Im Merkblatt «SIA-Effizienzpfad Energie» (SIA Zurich 2017) sind die Grundlagen für die Gebäudeinfrastruktur, einer der bedeutendsten Energie-Verbrauchssektoren der Schweiz, mit der Ausrichtung auf eine 2000-Watt-Gesellschaft aufgezeigt. Dabei werden für verschiedene Gebäudekategorien unterschiedliche Richt-, Zielwerte und Zusatzanforderungen definiert. Diese Werte sind auf das Zwischenziel der 2000-Watt-Gesellschaft von 2050 ausgelegt.

Der SIA Effizienzpfad Energie umfasst die folgenden 3 Bereiche eines Gebäudes. Dabei wird der gesamte Lebensweg eines sogenannten 2000-Watt-Gebäudes, von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung berücksichtigt.

- **Die Erstellung** beinhaltet die Bauteile und gebäudetechnischen Anlagen des Gebäudes. Berechnet wird die graue Energie und die Treibhausgasemissionen abhängig von der jeweiligen Amortisationszeit nach SIA 2032 und umgewandelt in Werte pro Jahr (SIA Zurich 2017).
- **Der Betrieb** umfasst die Bereiche Wärme, Lüftung/Klimatisierung, Beleuchtung, Geräte und allgemeine Gebäudetechnik. Berechnet wird die Betriebsenergie nach SIA 380. Dabei wird die Differenz zwischen gelieferter und zurückgelieferter Energie des Gebäudes mithilfe der Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissions-Koeffizienten ausgewiesen (SIA Zurich 2017).
- **Die Mobilität** beinhaltet den standortabhängigen Personenverkehr für alltägliche Aktivitäten, welcher weniger als 3 Stunden Reisezeit beansprucht. Die Berechnung erfolgt nach SIA 2039. In den Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen ist auch die dazugehörige Infrastruktur wie Strassen, Gleisanlagen und Fahrzeuge enthalten (SIA Zurich 2017).

In der Tabelle 3 wurde versucht die wichtigsten Parameter die Berechnung eines 2000-Watt-Gebäudes darzustellen. Im Dokument «Ökobilanzdaten im Baubereich» von KBOB et al. (2018) können für die drei Bereiche anhand der Bezugsgrössen (siehe Tabelle 3) die Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen der Bauteile, Energie und Transporte herausgelesen werden. Diese werden anschliessend gemäss den unterschiedlichen SIA-Normen (siehe Tabelle 3) verrechnet und man erhält die Richt- und Zielwerte sowie Zusatzanforderungen. Diese Werte sind pro Gebäudekategorie bei Standardpersonenfläche, bezogen auf die Energiebezugsfläche (EBF) und ein Jahr.

Tabelle 3: Wichtigste Parameter des SIA Effizienzpfad Energie

	Erstellung	Betrieb	Mobilität	Quelle
Bezugsgrösse	kg, m, m ² , m ³ , Stk.	kWh	pkm (Personen-km)	Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB et al. 2018)
THGE-Koeffizienten	kg CO ₂ -eq. pro Bezugsgrösse			
Primärenergiefaktoren	MJ resp. kWh pro Bezugsgrösse			
SIA-Norm	2032	380	2039	SIA Effizienzpfad Energie (SIA Zurich 2017)
Anforderungen in kWh/m ² und kg/m ²	Richtwert Erstellung			
	Richtwert Betrieb			
	Richtwert Mobilität			
	Zielwert (Summe aller Richtwerte)			
	Zusatzanforderungen (Summe Erstellung, Betrieb)			

Der SIA-Effizienzpfad Energie berechnet den Primärenergiebedarf nicht-erneuerbar und die Treibhausgasemissionen. Im Anhang des SIA Effizienzpfades Energie wurden nachträglich auch noch der Primärenergiebedarf gesamt hinzugefügt. Die Richtwerte, Zielwerte und Zusatzanforderungen für die einzelnen Bereiche werden vorgegeben. Sie werden nach Neubau und Umbau für jede **Gebäudekategorie** (Wohnen, Verwaltung, Schule, Fachgeschäft, Lebensmittelgeschäft, Restaurant) einzeln ausgewiesen. Der Zielwert ist basierend auf den Reduktionsfaktoren (siehe Tabelle 1) für das Jahr 2050 berechnet worden. Die Summe der drei Richtwerte ergibt den Zielwert. Ein Gebäude kann Richtwerte überschreiten, muss diese jedoch in mit den anderen Richtwerten kompensieren, um den Zielwert zu erreichen. Um SIA-Effizienzpfad-kompatibel zu werden, muss zudem die Zusatzanforderung erfüllt werden, welches die Summe aus den Richtwerten für Erstellung und Betrieb darstellt (SIA Zurich 2017).

2.3 2000-Watt-Areal

Der SIA Effizienzpfad Energie dient als methodische Grundlage für die Zertifikat «2000-Watt-Areal». Das Zertifikat steht für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und Emissionen für die Erstellung, Betrieb und (Alltags-) Mobilität eines Siedlungsgebiets. Zusätzlich sorgen gesellschaftliche Themen wie Suffizienz und Partizipation für eine hohe Lebensqualität der Anwohnenden auf dem Areal (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017).

Für den Erhalt des Zertifikats ist eine Erfüllung der qualitativen Bewertung und des quantitativen Nachweises eine Voraussetzung.

Die **qualitative Bewertung** erfolgt über einen Kriterienkatalog mit 6 Themenbereichen, welche die qualitativen Anforderungen für ein 2000-Watt-Areal überprüfen. Die Bewertung erfolgt über ein Punktesystem, welches sich am Energiestadt-Label für Gemeinden orientiert. Für die Zertifizierung muss jeder Themenbereich mindestens 50% der gesamten Punktzahl erreichen. Die 6 Themenbereiche sind (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017):

1. Managementsystem
2. Kommunikation, Kooperation, Partizipation
3. Arealnutzung und Städtebau
4. Ver- und Entsorgung
5. Gebäude
6. Mobilität

Die einzelnen Bereiche sind in mehrere Kriterien aufgeteilt. Die Bewertung der Kriterien erfolgt auf einem Erfüllungsgrad zwischen 0% und 100% und jedem Kriterium ist eine Maximalpunktzahl zugewiesen. Der Erfüllungsgrad wird mit dem jeweilig zugeordneten Maximalpunktzahl multipliziert und pro Themenbereich aufsummiert (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017).

Zu dem **quantitativen Nachweis** wird die benötigte Primärenergie (total und nicht-erneuerbar) und die ausgestossenen Treibhausgase gemäss SIA Effizienzpfad Energie ausgewertet. Dabei wird wie im SIA Effizienzpfad Energie, unterteilt in Erstellung, Betrieb und (Alltags-) Mobilität. Die Richt- und Zielwerte sowie Zusatzanforderungen werden basierend auf den Flächenanteilen der verschiedenen Gebäudekategorien aus Kapitel 2.2 berechnet (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017).

Hierzu ein Anwendungsbeispiel:

Tabelle 4: Anwendungsbeispiel zur Berechnung des Zielwerts eines 2000-Watt-Areals mit verschiedenen Gebäudekategorien

Beispielareal Neubau	Arealnutzflächen [m ²]	Zielwert Treibhausgasemissionen aus SIA Effizienzpfad Energie [kg/m ²]
Wohnen	80	16.0
Verwaltung	20	20.0

$$\frac{80 \text{ m}^2 \times 16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 20 \text{ m}^2 \times 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{100 \text{ m}^2} = \text{Zielwert Beispielareal} = 16.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Für das Zertifikat gibt es zwei Ausprägungen: Die Entwicklung und der Betrieb (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017). Die Ausprägung «Entwicklung» kann vergeben werden bis 50 % der

Gebäudeflächen gebaut wurden. Danach erhält man die Ausprägung «Betrieb». Während der Entwicklung wird mit flächengewichteten Mittelwerten von Gebäude-Kennzahlen aus dem Schweizer Gebäudepark gerechnet. In der Betriebsphase wird mit gemessenen und erhobenen Werten auf dem Areal gerechnet. Bei den Arealen in Betrieb wird für den quantitativen Nachweis mit effektiven Kennzahlen (Betriebswerten), anstelle der Projektwerten gerechnet. (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017). Für die qualitative Bewertung müssen die 2000-Watt-Areale in Betrieb den Erfolg der beschriebenen Massnahmen im Kriterienkatalog nachweisen können. Deswegen wurden in dieser Arbeit der Fokus nur auf die zertifizierten 2000-Watt-Areale mit der Ausprägung «Betrieb» gelegt.

2.3.1 Die zertifizierten 2000-Watt-Areale in Betrieb

Nachstehend werden die sieben bisher zertifizierten 2000-Watt-Areale in Betrieb (Stand Oktober 2019) beschrieben. Die Informationen wurden den Faktenblätter auf der 2000-Watt-Areal Webseite entnommen (EnergieSchweiz 2019).

Erlenmatt West



Das Areal liegt an dem nördlichen Stadtrand von Basel, auf dem Areal des früheren Güterbahnhofs der Deutschen Bahn. Es wurden insgesamt sieben Gebäude gebaut, welche Miet- und Eigentumswohnungen, eine internationale Schule, einige Kindertagesstätten, ein Restaurant, ein Seniorenzentrum sowie Gewerbefläche beinhalten. Das Areal wurde 2017 für die Betriebsphase zertifiziert. Den Bewohnern steht ein Areal App zur Verfügung mit welchem der Alltag erleichtert werden soll. Sie haben beispielsweise die Möglichkeit den eigenen Energieverbrauch mit dem Siedlungsdurchschnitt zu vergleichen.

Burgunder



Die Siedlung Burgunder befindet sich gleich nebenan des Bahnhof Bern-Bümpliz. Die Siedlung besteht aus drei Neubauten und einem sanierten Gebäude. Darin gibt es Mietwohnungen, eine Kindertagesstätte sowie einen Gemeinschaftsraum. Das Burgunder sticht durch eine der ersten autofreien Siedlungen der Schweiz hervor. Zudem ermöglichen partizipative Prozesse die Mitgestaltung der

Siedlung durch die Anwohnenden. Das Areal wurde 2017 für die Betriebsphase zertifiziert.

Im Lenz



Mitten im Zentrum der Stadt Lenzburg befindet sich in der Nähe des Bahnhofs das 2000-Watt-Areal im Lenz. Geleitet durch den Fokus der Transformation des einstigen Industriestandorts zum modernen Wohn- und Geschäftsquartier entstand ein Areal mit Wohnungen, Arbeitsplätzen und einem Pflegezentrum. Besonders auffallend sind die grossen Begegnungszonen wie der Aabach-Park und das Kunstwerk «Rise of a found fount» von Bob Gramsma. Das Areal wurde 2018 für die Betriebsphase zertifiziert.

Freilager



Das Freilager liegt in Albisrieden bei Zürich. Das Areal wurde in 5 verschiedene Teilgebiete aufgeteilt, welche von verschiedenen Architekten gestaltet wurden. Dabei wurden 13 Gebäude für Mietwohnungen, Studentenwohnungen, Gewerbeflächen, einen städtischen Kindergarten sowie eine private Kinderkrippe ermöglicht. Das Areal wurde 2018 für die Betriebsphase zertifiziert.

Hunziker Areal



Im Norden von Zürich am Standort der Hunziker Betonfabrik befindet sich das Hunziker Areal. Die Idee der Wohnbaugenossenschaft war es, neue Formen des Zusammenlebens und baulicher Innovation zu entdecken. Dabei entstand neben Wohn- und Arbeitsraum auch ein breites Angebot vom Studio bis zu Clusterwohnungen mit Gemeinschaftsräumen. Die Bewohner und Bewohnerinnen sind angewiesen auf ein privates Auto zu verzichten. Zudem werden die Anwohnenden angehalten,

an partizipativen Arbeiten wie Gemüse anzupflanzen oder beispielweise eine Werkstatt zu betreiben. Das Areal stellt dazu öffentliche Erdgeschossnutzungen und Freiflächen zur Verfügung. Das Areal wurde 2017 für die Betriebsphase zertifiziert.

Kalkbreite



Die Kalkbreite befindet sich mitten in Zürich und zeichnet sich deswegen auch durch einen ausgezeichneten Anschluss an den öffentlichen Verkehr aus. Das Areal achtet bewusst auf eine grosse Durchmischung bezüglich Alter, ethnischer Herkunft und Einkommen. Es stehen dabei viele verschiedenen Wohnungstypen zur Verfügung (Familien-, Clusterwohnungen, Wohngemeinschaften, Grosshaushalt). Den Bewohnern stehen zudem noch gemeinsame Räume wie eine Cafeteria, Musikraum, Sauna sowie eine Werkstatt zur Verfügung. Des Weiteren gibt es Gewerbefläche für eine Arztpraxis, lokalen Lebensmittelladen, Kita, Gastorbetriebe sowie einige Kinosäle. Die Anwohnenden müssen verbindlich auf das Auto verzichten. Das Areal wurde 2017 für die Betriebsphase zertifiziert.

Sihlbogen



Das Areal liegt im Zentrum von Zürich-Leimbach. Neben einem guten Wohnungsmix und Gewerbeflächen stehen verschiedene Einkaufsmöglichkeiten und Dienstleistungsflächen zur Verfügung. Wegen dem guten Anschluss an den öffentlichen Verkehr ist ein autofreies Wohnen möglich. Anwohnende, welche auf ein Auto verzichten, erhalten im Gegenzug einen Rail-Check für den öffentlichen Verkehr. Zudem stehen auch zwei Mobility-Autos sowie ein Miet-Elektroauto zur Verfügung. Das Areal wurde 2017 für die Betriebsphase zertifiziert.

2.4 Zusammenhang zwischen 2000-Watt-Gesellschaft, 2000-Watt-Areal und SIA Effizienzpfad Energie

Die 2000-Watt-Gesellschaft ist eine Vision, die definiert, wie viele Ressourcen in Zukunft noch pro Person verbraucht werden dürfen für eine nachhaltige Zukunft. Der SIA Effizienzpfad Energie ist ein Merkblatt, welches im Baubereich als Gebäudestandard verwendet wird. Abschliessend gibt es das 2000-Watt-Areal Zertifikat, welches einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess in den verschiedenen Phasen der Arealentwicklung auszeichnet. In der folgenden Abbildung wurde versucht der Zusammenhang zwischen den erklärten Begriffen aufzuzeigen.

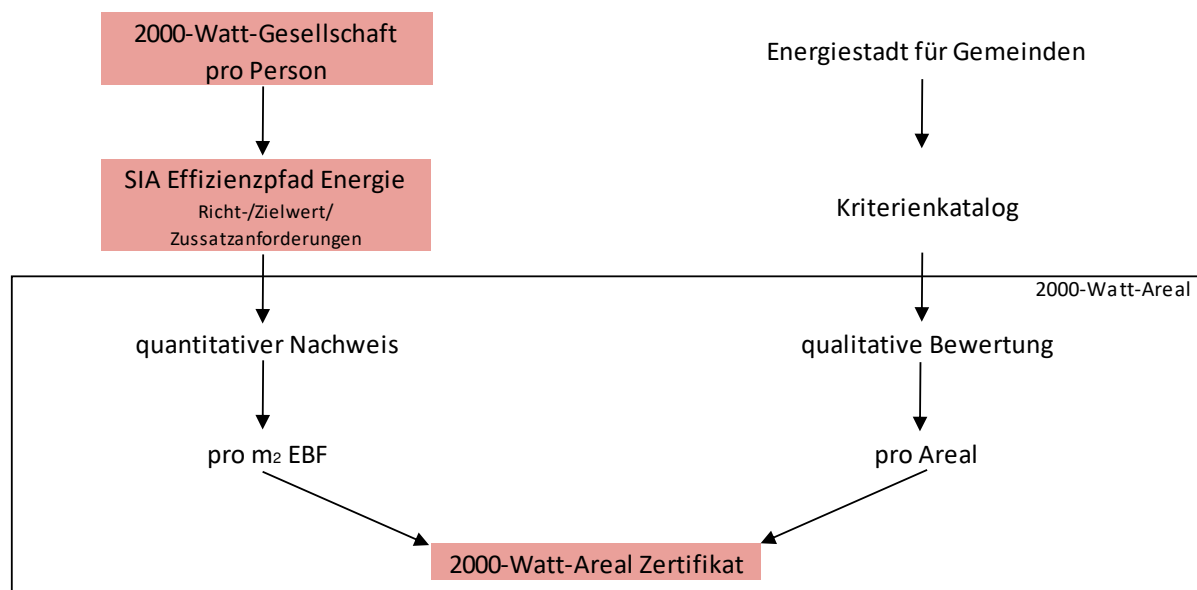


Abbildung 6: Zusammenhang der 2000-Watt-Gesellschaft mit dem SIA Effizienzpfad Energie und dem 2000-Watt-Areal Zertifikat

Die 2000-Watt-Gesellschaft definiert die übergeordneten Ziele von 2000 Watt und 1 Tonne CO₂ pro Person. Ausgehend von diesen Zielwerten wurde für den SIA Effizienzpfad Energie die Richt-, Zielwerte sowie Zusatzanforderungen pro Energiebezugsfläche berechnet. Die Umrechnung erfolgte über die Standardpersonenflächen der verschiedenen Gebäudekategorien. Die qualitative Bewertung ist eng an dem Energiestadt-Label für Gemeinden angelehnt. Die Energiestadt versucht, wie das 2000-Watt-Areal, die energierelevanten Leistungen kontinuierlich zu verbessern, die Prozesse zu optimieren und die Umgebung miteinzubeziehen. Dies wird über den Kriterienkatalog überprüft.

2.5 Hauptquellen dieser Arbeit

Für die Berechnung des Fussabdrucks der 2000 Watt-Areal Bewohnern bildeten die folgenden 2 Quellen die Datengrundlage.

2.5.1 Bericht «Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude»

Der Bericht war im Auftrag der Energieforschung Stadt Zürich (EFZ) erstellt worden. Darin wurde untersucht, ob die Anwohnenden von 2000-Watt kompatiblen Gebäuden eine ideale Voraussetzung für einen nachhaltigen Lebensstil zur Verfügung haben. Dabei wurde nicht nur das Gebäude mit seinen energetischen und klimatischen Auswirkungen bezüglich der 2000-Watt-Ziele untersucht, sondern auch dem Nutzerverhalten, dem Lebensstil sowie der Zufriedenheit und den Verbesserungspotenzialen. Es wurden fünf Mehrfamilienhäuser in der Stadt Zürich ausgewählt, welche aus baulicher Sicht als potenziell 2000-Watt-Gebäude-kompatibel oder 2000-Watt-Gebäude-fähig eingestuft wurden (Ott et al. 2014).

Im Kapitel 2 des Berichts (Ott et al. 2014) wurden die Werte für die Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität nach SIA 2040 berechnet. Dabei wurden der berechnete Bedarf und der tatsächliche Verbrauch ausgewiesen. Für die weitere Berechnung wurden die Werte des tatsächlichen Verbrauchs verwendet (siehe Tabelle 9). In Kapitel 4 und 5 wurden die einzelnen Haushalte mittels Umfragebogen befragt um Auskunft für den privaten Konsum, die Ernährung und die Mobilität pro Anwohnenden zu erhalten. Das Gebäude an der Leimbachstrasse konnte nicht vollständig ausgewertet werden. Es wurde deswegen in diesem Bericht nicht weiterverwendet. Somit wurde nur mit den Werten der vier übrigen Gebäude (Badener-, Magnus, Segantini- und Sihlweidstrasse) weitergearbeitet (Ott et al. 2014).

Die gesamten Umweltbelastungen der Anwohnenden wurden einerseits aufgrund der berechneten SIA 2040 Werten und andererseits von den Umfrageergebnissen berechnet. Die SIA 2040-Werte aus der Erstellung und Betrieb wurden direkt übernommen. Der SIA 2040-Wert der (Alltags-) Mobilität konnte nicht miteinbezogen werden, da der Umfragebogen nur die gesamte Mobilität abfragte (Ott et al. 2014). Da im Rahmen des Berichts dennoch ein Verbrauchswert für die Alltagsmobilität berechnet werden konnte, wurde für diese Arbeit angenommen, dass die SIA 2040-Werte für die gesamte Mobilität miteinbezogen wurden. Dies ist relevant für die spätere Berechnung der Gesamtauswirkungen der 2000-Watt-Areale.

Die Umfragen-Ergebnisse der Ernährung wurden auf Basis des durchschnittlichen Warenkorb einer Person in der Schweiz, zusammen mit den angegebenen Abweichungen der Befragten berechnet. Die Ergebnisse für den Konsum basierten auf den Konsumausgaben der Befragten skaliert an den Konsumausgaben und Umweltauswirkungen der Ergebnissen von Jungbluth und Itten (2012).

Der Bericht von Jungbluth und Itten (2012) basiert wiederum auf den Ergebnissen des Forschungsprojektes von Jungbluth et al. (2011). Das Projekt verwendet hauptsächlich Daten der schweizerischen Input-Output-Tabelle aus dem Jahr 2005 (Jungbluth et al. 2011). Die Input-Output-Tabelle beschreibt detailliert die Güterkreisläufe einer Volkswirtschaft (BFS 2019).

2.5.2 Zertifizierungsunterlagen der 2000-Watt-Areale

Als weitere wichtige Grundlage waren die Zertifizierungsunterlagen für das 2000-Watt-Areal Label, welche vertraulich erhalten und dementsprechend anonymisiert verwendet wurden. Enthalten darin waren im Aspekt der quantitativen Bewertung (siehe Kapitel 2.3) die Erstellungs-, Betrieb- und (Alltags-) Mobilitäts-Werte für die Zertifizierung. Relevant für den Bericht waren die Richtwerte aus dem SIA Effizienzpfad Energie für die Erstellung, Betrieb und (Alltags-)Mobilität. Die Werte waren in MJ/m² resp. kg/m² ausgewiesen. Die Umwandlung erfolgt über die Berechnungen in Kapitel 3.3.

2.6 Referenzwerte

In diesem Kapitel werden Referenzwerte aus der Literatur verwendet, welche durch ein ähnliches Vorgehen oder ähnliche Untersuchungen erhoben wurden, oder Berichte welche sonstig relevante Aspekte beachtet haben.

- Im Jahr 2012 kam im Auftrag der Energieforschung Stadt Zürich ein Bericht über die «Umweltbelastungen des Konsums in der Schweiz und der Stadt Zürich» (Jungbluth und Itten 2012) heraus. Dabei wurden neben dem Bereich Wohnen und Mobilität auch die Bereiche Ernährung und Konsum genauer untersucht. Der durchschnittliche Primärenergieverbrauch eines Stadt-Zürchers lag für das Jahr 2005 bei 7'500 Watt/Person. Das Bilanzierungsverfahren dieses Berichts ist deckungsgleich mit dieser Bachelorarbeit. Für die Ermittlung des Gesamtkonsums wurden die dieselben Einflussbereiche verwendet, dadurch können die Referenzwerte direkt mit den Resultaten dieser Arbeit verglichen werden.
- Im Auftrag der Arealträgerschaft wurde im Jahr 2014 für das «Hunzikerareal», damals noch ein 2000-Watt-Areal in Entwicklung, eine personenbezogene Ökobilanz zum Vergleich mit der Studie von Jungbluth und Itten (2012) erstellt. Laut dieser Studie erzielten die potentiellen Anwohnenden trotz der 2000-Watt-konformen Bauweise immer noch einen Primärenergiebedarf von mehr als 6000 Watt pro Person (Probst 2014). In diesem Bericht wird ebenfalls der Gesamtkonsum bilanziert.
- Die Stadt Zürich weist jährlich die gesamte Primärenergie- und Treibhausgasbilanz aus. Im Jahr 2018 betragen diese Werte 3'216 Watt und 4.16 Tonnen CO₂ pro Person (Gesundheits-

und Umweltdepartement 2019). Für diese Publikation wird nur der Endenergiekonsum bilanziert. Bei dieser hauptsächlich in den Medien gebräuchlichen Betrachtungsweise, wird das Import-/Exportsaldo der grauen Energie aus Gütern und Dienstleistungen nicht berücksichtigt.

- Ausserhalb der Schweiz wurden auch bereits Studien zu den Treibhausgasemissionen durchgeführt. Zum Beispiel in Dänemark wurde 2013 in einer Studie eine Ökobilanz verschiedener Städte auf der ganzen Welt (Peking, Kapstadt, Hong Kong, London, Toronto) durchgeführt. Das Ziel war unter anderem herauszufinden, wie gross der Anteil grauer Treibhausgasemissionen an der Gesamtumweltbelastung ist (Goldstein et al. 2013). In dem Bericht von Heinonen und Junnila (2011) wurde die Stadt Helsinki untersucht, welche von der Einwohnergrösse ungefähr gleich gross wie die Stadt Zürich ist.

3 Methodische Vorgehensweise

In diesem Kapitel werden das Vorgehen und durchgeführten Berechnungen beschrieben. Als erstes wurden die Einflussbereiche mithilfe der Unterlagen aus den Kapiteln 2.1.1 und 2.5 definiert. Anschliessend wurden die Systemgrenzen definiert, um herauszufinden, welche Daten alles berücksichtigt werden und welche nicht. Danach konnte mit den Berechnungen anhand der Datengrundlagen aus Kapitel 2.5 begonnen werden.

3.1 Einflussbereiche dieser Arbeit

Für die Auswertung wurden dieselben Einflussbereiche verwendet, wie im Bericht von (Ott et al. 2014) in Abbildung 4. Im Folgenden werden die verschiedenen Einflussbereiche beschrieben.

Wohnen

Beinhaltet sind die Erstellung und der Betrieb des Areals welche für die Zertifizierung des Areals in Betrieb ausgewiesen werden musste. Zur Erstellung gehört die graue Energie für der Bau, allfällige Ersatzinvestitionen, sowie die Entsorgung des Gebäudes. Der Betrieb umfasst die Betriebsenergie aus Wärme, Lüftung und Klimatisierung, Beleuchtung und den Betriebseinrichtungen. Die Werte stammen aus den Zertifizierungsunterlagen der 2000-Watt-Arealen in Betrieb.

Mobilität

Die Mobilität beinhaltet die gesamten zurückgelegten Kilometer pro Person und Jahr (siehe Tabelle 5). Die Werte der 2000-Watt-Gebäude stammt aus den ausgefüllten Umfragebögen der verschiedenen 2000-Watt-Gebäude von Ott et al. (2014). Die Werte für die Stadt Zürich und Schweiz stammen von dem Mikrozensus Mobilität aus dem Jahr 2010.

Tabelle 5: Durchschnittliche Personenkilometer pro Jahr der untersuchten 2000-Watt-Gebäude (ohne Leimbachstrasse), Stadt Zürich und Schweiz (Ott et al. 2014)

Kilometer / Person und Jahr	Auto	ÖV	Flugzeug	Motorrad	Motor-fahrrad	Velo	Zu Fuss	Total
2000-Watt Gebäude	3'455	5'216	4'282	132	-	933	573	14'590
Stadt Zürich	4'745	4'052	4'075	235	20	264	493	13'884
Schweiz	6'223	3'823	4'075	191	17	271	484	15'084

Ernährung

Die folgenden Kategorien wurden im Rahmen der Umfragebögen der verschiedenen 2000-Watt-Gebäuden von Ott et al. (2014) abgefragt:

- Fleisch und Fischkonsum
- Milch und Milchprodukte
- Eier
- Kaffee
- Alkohol
- Anteil einheimischer/regionaler Produkte
- Anteil verdorbener Produkte die weggeworfen wurden

Konsum

Im Umfragebogen aus dem Bericht von Ott et al. (2014) wurden für die Konsumausgaben die folgenden Kategorien in Tabelle 6 beschrieben. Die verwendeten Kategorien basierten auf dem Bericht von Jungbluth und Itten (2012), in welchem der jeweilige Anteil der Kategorien an dem gesamten Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen in Prozent beschrieben war. Die Anteile in der Tabelle 1 beziehen sich nur auf den Anteil der Kategorien am Konsum. Die genaue Berechnung ist im Anhang zu finden.

Tabelle 6: Aufteilung des Konsumbereiche für die Primärenergie gesamt und Treibhausgasemissionen nach Jungbluth und Itten (2012)

Kategorien	Anteil PE gesamt	Anteil THGE	Beschreibung
Kleidung	6.0%	9.8%	Kleidung und Schuhe inklusive Herstellung und Distribution.
Möbel und Haushaltswaren	24.5%	25.4%	Kauf von Möbeln, Teppichen, Haushaltstextilien, Geräten, Glaswaren, Geschirr, Werkzeugen, Reinigungsgeräten
Kommunikation	3.2%	3.5%	Dienstleistungen der Post, Telekommunikation, Internet
Freizeit und Kultur	18.9%	20.6%	Fernsehgeräte, Photographie, Computer, Freizeit- und Sportgeräte, Gartenutensilien, Haustiere, Zeitungen,

			Bücher, Pauschalferien, kulturelle Veranstaltungen, öffentliche Ausgaben für Kultur und Erholung.
Bildung	9.5%	10.1%	Private und Öffentliche Ausgaben für Bildung, Schulen, Hochschulen
Restaurant und Hotellerie	15.3%	18.8%	Restaurants und Hotels inklusive der dort bezogenen Nahrungsmittel
Andere Güter und Dienstleistungen	22.6%	11.8%	Persönliche Produkte (z.B. Körperpflege, Schmuck, Uhren, etc.), Prostitution, Versicherungen und Bankdienstleistungen, Ausgaben von NGO im Dienste der Haushalte.
Summe Konsum	100%	100%	

Die Umfragen der Anwohnenden von 2000-Watt-Gebäuden wurden nach den Konsumausgaben pro Person und Monat befragt. Die Werte wurden ausgehend von den Konsumausgaben von 1000 CHF pro Monat eines durchschnittlichen Schweizers aus der Haushaltbudgeterhebung (HABE) des Bundesamts für Statistik (BFS) auf die jeweiligen Konsumausgaben der einzelnen Gebäude skaliert.

3.2 Systembild

Zur genauen Abgrenzung der Arbeit wird in der folgenden Abbildung das Systembild dieser Arbeit aufgezeigt. Die Systemgrenze bildet die 2000-Watt-Gesellschaft. Da das Import-Export-Saldo aus grauer Energie von Gütern und Dienstleistungen aus Kapitel 2.1.2 mitberücksichtigt wird, wird die 2000-Watt-Gesellschaft nur auf die Schweiz bezogen und nicht auf die gesamte Welt. Die weiteren Inputs in das System sind die benötigten Ressourcen für die Güterherstellung und Dienstleistungen. Die Energiequellen dienen zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom. Innerhalb der Systemgrenze wird die Erstellung und der Betrieb zum Bereich Wohnen zusammengefasst. Die gesamte Mobilität setzt sich aus der Alltagsmobilität und Freizeitmobilität zusammen. Das Wohnen, die Mobilität, die Ernährung und der Konsum werden durch den Haushalt eines 2000-Watt-Areals konsumiert. Daraus folgt der gesamte ökologische Fussabdruck eines 2000-Watt-Areal-Anwohnenden.

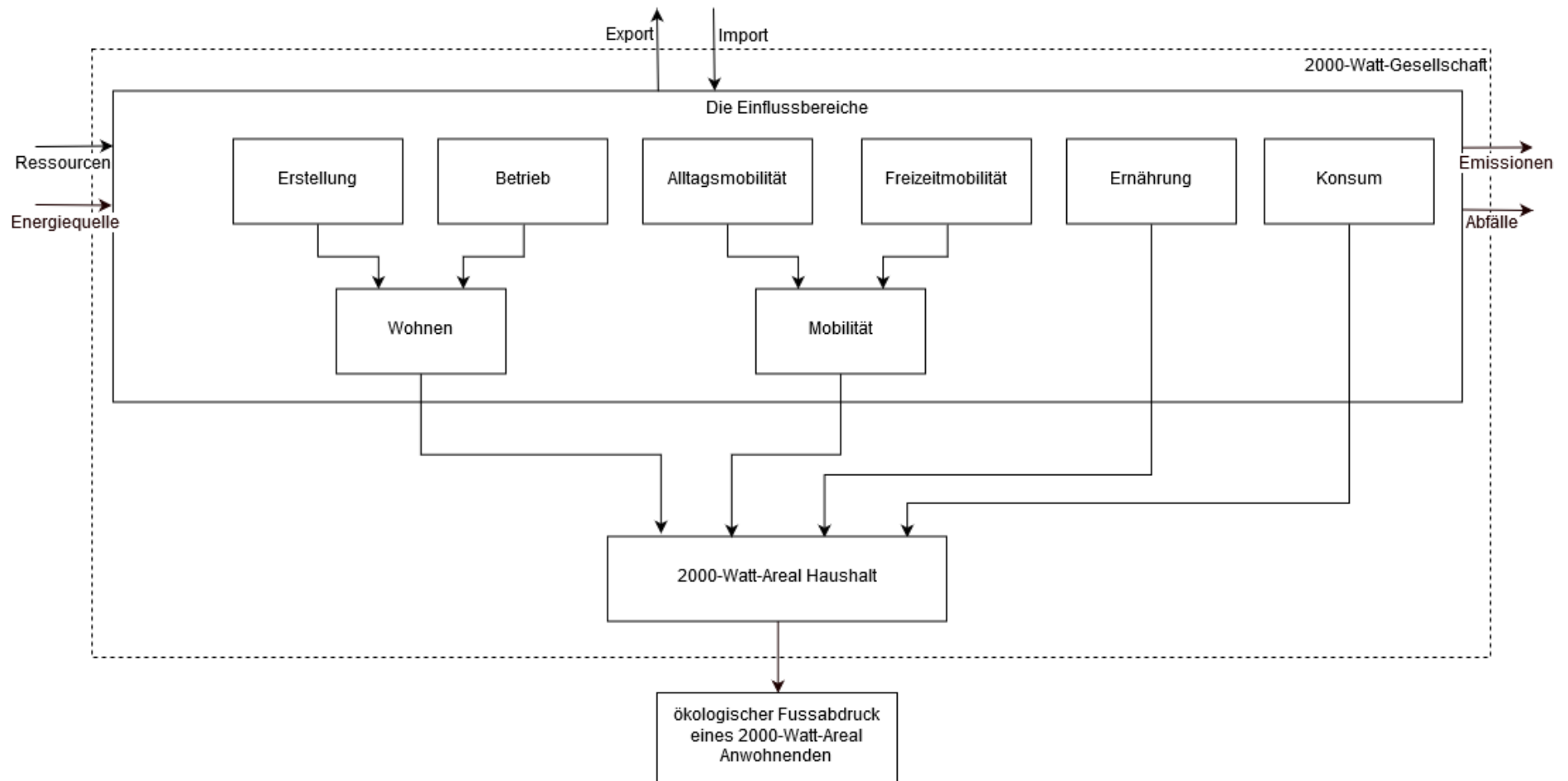


Abbildung 7: Systembild für die Untersuchung der gesamten Umweltauswirkungen eines 2000-Watt-Areal-Bewohners mit Vergleich zu der Grenze der Stadt Zürich

3.3 Berechnung des ökologischen Fussabdrucks der 2000-Watt-Areal Bewohner und Bewohnerinnen

Als Übersicht werden in der Tabelle 7 aufgezeigt, welche Einflussbereiche in welcher der beiden Hauptquellen vorhanden ist und schlussendlich für das Endresultat relevant waren.

Tabelle 7: Übersicht der vorhandenen Konsumbereiche in den beiden Hauptquellen

Quelle		Die 7 Areale in Betrieb (A1 – A7)			Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude (Ott et al. 2014)	
Berücksichtigte Bereiche						
Erstellung	Betrieb	Alltagsmobilität	Freizeitmobilität	Ernährung	Konsum	
Für das Endresultat relevante Bereiche		Erstellung Betrieb Alltagsmobilität			Ernährung Konsum Freizeitmobilität	

Für die Berechnung wurde als Erstes die Werte für die Erstellung, Betrieb und Mobilität nach SIA 2040 in MJ/m² resp. kg/m² aus dem Bericht von (Ott et al. 2014) verwendet.

Tabelle 8: Primärenergiegesamt und Treibhausgasemissionen der 4 Mehrfamilienhäuser in MJ resp. kg CO₂ pro m² (Ott et al. 2014)

	Badenerstrasse	Magnusstrasse	Segantinistrasse	Sihlweidstrasse
Flächenwert (m ² /Pers.)	75	42	39	52
Primärenergie gesamt (MJ/m²)				
Erstellung	128	75	104	111
Betrieb	364	478	363	587
Mobilität	44	38	54	54
Treibhausgasemissionen (kg CO₂/m²)				
Erstellung	7.7	3.9	5.4	6.2
Betrieb	4.5	5.1	4.9	2.9
Mobilität	1.5	1.3	1.7	2

Anschliessend wurden die Werte in Watt resp. Tonnen CO₂ pro Person umgerechnet und in Tabelle 9 dargestellt.

Umwandlung Primärenergie:

- mit der jeweiligen Personenfläche des Areals multipliziert
- Umwandlung von MJ in kWh
- Umwandlung von kWh in Watt

Am Beispiel Magnusstrasse; Erstellung

$$\frac{75 \frac{MJ}{m^2} * 42 \frac{m^2}{Person} * 1000}{3.6 * 8760h} = 100 \frac{W}{Pers.}$$

Umwandlung Treibhausgasemissionen:

- mit der jeweiligen Personenfläche des Areals multipliziert
- Umwandlung von kg in t

Am Beispiel Magnusstrasse; Erstellung

$$\frac{3.9 \frac{kg}{m^2} * 42 \frac{m^2}{Pers.}}{1000} = 0.16 \frac{t}{Pers.}$$

Tabelle 9: Primärenergie gesamt und Treibhausgasemissionen der 4 Mehrfamilienhäuser in Watt resp. Tonnen CO₂ pro Person

	Badenerstrasse	Magnusstrasse	Segantinstrasse	Sihlweidstrasse
Primärenergie gesamt (Watt pro Person)				
Erstellung	304	100	129	183
Betrieb	866	637	449	968
Mobilität	105	51	67	89
Treibhausgasemissionen (Tonnen CO₂ pro Person)				
Erstellung	0.58	0.16	0.21	0.32
Betrieb	0.34	0.21	0.19	0.15
Mobilität	0.11	0.05	0.07	0.10

Dieselbe Umwandlung wurde auch für die zertifizierten 2000-Watt-Areale in Betrieb durchgeführt und die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 10: Primärenergiegesamt und Treibhausgasemissionen der 2000-Watt-Areale in Betrieb in Watt resp. Tonnen CO₂ pro Person (Zertifizierungsunterlagen der 2000-Watt-Areale 2019)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Primärenergie gesamt (Watt pro Person)							
Erstellung	255	253	208	258	223	180	249
Betrieb	555	896	474	398	753	365	349
Mobilität	131	237	90	206	269	359	118
Treibhausgasemissionen (Tonnen CO₂ pro Person)							
Erstellung	0.54	0.53	0.37	0.53	0.50	0.37	0.54
Betrieb	0.17	0.34	0.06	0.05	0.17	0.03	0.05
Mobilität	0.15	0.26	0.08	0.27	0.35	0.51	0.14

Anschliessend wurden dem Bericht von Ott et al. (2014) die Gesamtergebnisse für den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen entnommen (siehe 11).

Tabelle 12: Die gesamten Umweltauswirkungen der 4 Mehrfamilienhäuser in Watt resp. Tonnen CO₂ pro Person (Ott et al. 2014)

	Badenerstrasse	Magnusstrasse	Segantinistrasse	Sihlweidstrasse
Primärenergie gesamt (Watt pro Person)				
Wohnen	1522	914	855	1310
Mobilität	826	724	1097	896
Ernährung	932	889	873	819
Konsum	2675	2239	1764	1699
Treibhausgasemissionen (Tonnen CO₂ pro Person)				
Wohnen	0.915	0.36	0.436	0.527
Mobilität	1.672	1.337	3.042*	1.645
Ernährung	1.408	1.313	1.31	1.219
Konsum	3.603	3.015	2.376	2.288

*dieser Wert ist durch die überdurchschnittlich hohen Fahrleistungen der Anwohnenden dieses Gebäudes verursacht

Um die Resultate aus der 13 für die 2000-Watt-Areale anwenden zu können, mussten die Anteile für die Erstellung und Betrieb (siehe Tabelle 9) dem Bereich «Wohnen» (siehe Tabelle 10) und die Alltagsmobilität dementsprechend dem Bereich «Mobilität» subtrahiert werden. Dies ergab die folgenden Ergebnisse:

Tabelle 14: Ergebnis von der Subtraktion der Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität aus Tabelle 9 von den Einflussbereichen «Wohnen» und «Mobilität» aus der Tabelle 12

	Badenerstrasse	Magnusstrasse	Segantinistrasse	Sihlweidstrasse
Primärenergie gesamt (Watt pro Person)				
Wohnen	352	178	277	159
Mobilität	721	673	1030	807
Treibhausgasemissionen (Tonnen CO ₂ pro Person)				
Wohnen	0.00	-0.02	0.03	0.05
Mobilität	1.56	1.28	2.98	1.54

Die Einflussbereiche «Ernährung» und «Konsum» blieben gleich, da die Ergebnisse vollständig von Ott et al. (2014) übernommen wurden. Die Ergebnisse für die Mobilität erscheinen plausibel, da die Freizeitmobilität ein grosser Teil der gesamten Mobilität ausmachen kann. In der Tabelle 5 ist ersichtlich, dass die Anwohnenden der 2000-Watt-Gebäude grosse Strecken mit dem Flugzeug zurücklegen, dieses Verkehrsmittel wird lediglich der Freizeitmobilität angerechnet (Vogel et al. 2017). Bei dem Bereich Wohnen dagegen, wurde erwartet, dass der Wert bei Null liegen muss, da bei der Befragung der Autoren bestätigt wurde, dass im Bereich Wohnen nur die Erstellung und der Betrieb vorhanden ist. Während dies bei den Treibhausgasemissionen relativ genau zutrifft, gibt es bei dem Primärenergiebedarf grosse Abweichungen von bis zu 32% Restmenge. Nach Absprache mit den Autoren wird die Abweichung im Bereich Wohnen auf einen Rechenfehler zurückgeführt und wird dementsprechend weggelassen. Dies muss dennoch in der Diskussion mitberücksichtigt werden.

Der gesamte Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen ohne die Bereiche der Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität, wurde die Summe der Umweltindikatoren für jedes Areals berechnet und darauf basierend der Mittelwert über alle vier Mehrfamilienhäuser ermittelt. Zusätzlich wurde die Differenz der 2000-Watt-Gebäude mit den kleinsten und grössten Auswirkungen zu dem Mittelwert

(siehe Tabelle 15) ermittelt, um die Standardabweichung aller Einflussbereiche von Ott et al. (2014) zu bestimmen.

Tabelle 15: Durchschnittswerte und Minimum/Maximum der Mehrfamilienhäuser ohne Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität

	Primärenergie Watt/Person	Abweichung Watt/Person	Treibhausgas Tonnen/Person	Abweichung Tonnen/Person
Mittelwert	3780		5.97	
Minimum	3484	296	5.05	0.92
Maximum	4756	976	6.70	0.73

Der durchschnittliche Primärenergiebedarf und die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen der vier 2000-Watt-Gebäude sahen wie folgt aus:

Tabelle 16: Durchschnittswerte der verschiedenen Einflussbereiche der Mehrfamilienhäuser

	Primärenergie gesamt Watt/Person	Treibhausgasemissionen Tonnen CO ₂ /Person
Wohnen	0	0
(Freizeit-) Mobilität	808	1.84
Ernährung	878	1.31
Konsum	2094	2.82

Wenn man nun in der Übersichts-Tabelle 7 nachsieht, stellen die Ergebnisse aus der Tabelle 16 die Ergebnisse aus dem Bericht von **Ott et al.** (2014) dar. Der Bereich Wohnen ist Null, weil er nur aus den Bereichen Erstellung und Betrieb besteht.

Die Ergebnisse aus den sieben zertifizierten **2000-Watt-Arealen in Betrieb** für die Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität (siehe Tabelle 7) sind in der Tabelle 10 zu finden.

Für die Berechnung der Endresultate in Kapitel 4.1 wurde die Ergebnisse aus der Tabelle Tabelle 10 und Tabelle 16 aufsummiert.

4 Resultate

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Resultate dieser Arbeit präsentiert und beschrieben. Die vollständigen Werte sind im Anhang beigefügt.

4.1 Ökologischer Fussabdruck heute

Als Erstes wurde der ökologische Fussabdruck der 2000-Watt-Areale zusammen mit Werten der Stadt Zürich und der Schweiz verglichen. Untersucht wurden der gesamte Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen. Die Werte für die Einflussbereiche Ernährung und Konsum sind bei allen 2000-Watt-Arealen dieselben und stammen aus dem Bericht von Ott et al. (2014).

4.1.1 Primärenergiebedarf gesamt

Die Ergebnisse sind in der Abbildung 8 dargestellt. Den tiefsten gesamten Primärenergiebedarf wies ein 2000-Watt-Areal mit 4'496 Watt pro Person auf, während der Schweizer Durchschnitt mit 7'649 Watt pro Person den höchsten Wert ergab. Die 2000-Watt-Areale besaßen eine 27 - 37% resp. 32 - 41% tiefere Bilanz als die Stadt Zürich resp. Schweiz. Für die Areale wurde die Standardabweichung für die Bereiche Ernährung, Konsum und Freizeitmobilität, welche aus dem Bericht von Ott et al. (2014) stammten eingezeichnet. Die Abweichung betrug +548 Watt resp. -456 Watt.

Die Bandbreite für den Bereich Wohnen lag zwischen 546 Watt und 1'148 Watt pro Person. Die Stadt Zürich benötigte 1'710 Watt pro Person, die Schweiz wies den höchsten Wert mit 2'030 Watt pro Person auf. Bei der Mobilität traten die kleinsten Differenzen zwischen den Stadt Züricher / Schweizer Werten zu den 2000-Watt-Arealen auf. Mit den Schweizer Werten als grösster Verursacher (1'407 Watt pro Person) waren die Stadt Zürich und eines der 2000-Watt-Areale an zweiter Stelle mit je ca. 1'167 Watt pro Person. Das Areal mit dem tiefsten Primärenergiebedarf benötigte 898 Watt pro Person. Die Werte für die Ernährung und den Konsum waren für die 2000-Watt-Areale dieselben mit 878 resp. 2'094 Watt pro Person. Diejenigen der Stadt Zürich und der Schweiz lagen bei 1'389 resp. 2'823 Watt pro Person deutlich höher.

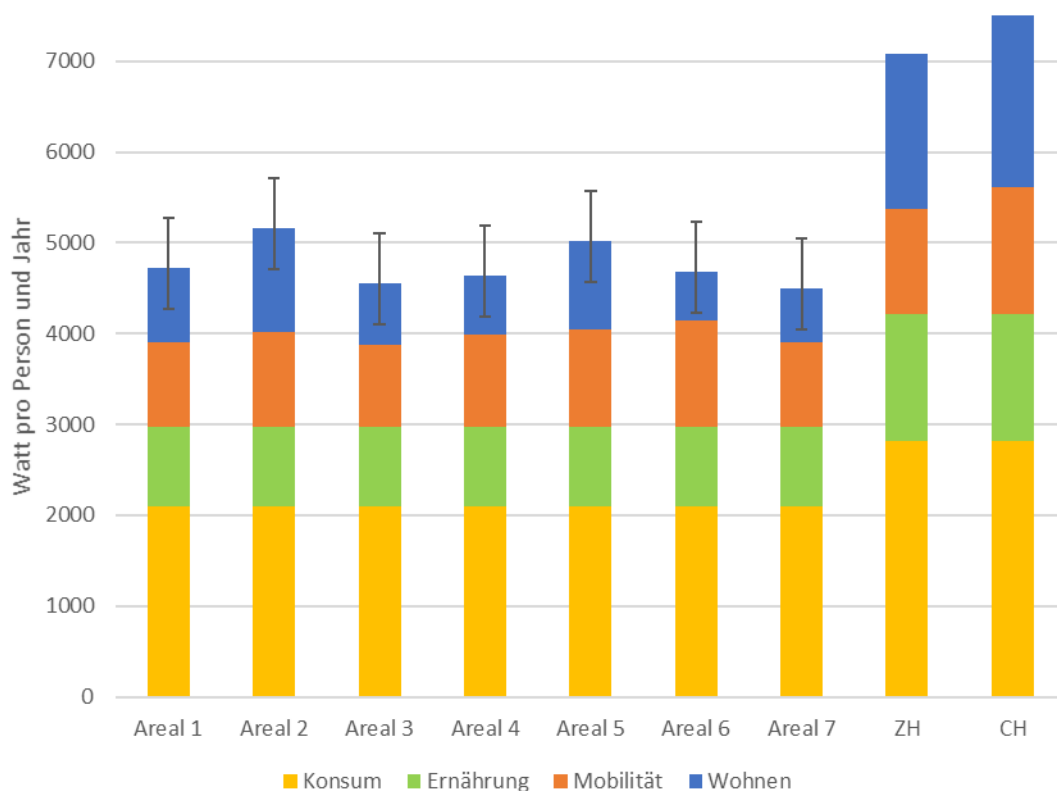


Abbildung 8: Primärenergiebedarf gesamt der 2000-Watt-Areale in Betrieb und Durchschnittswerten der Stadt Zürich und der Schweiz in Watt pro Person und Jahr

Der Bereich Konsum kann mithilfe der Tabelle 6 in Kapitel 3.1 in die verschiedenen Konsumkategorien aufgeteilt werden. Von den 2'094 Watt pro Person war der grösste Verursacher die Möbel und Haushaltwaren mit 513 Watt pro Person, gefolgt von der Kategorie «andere Güter und Dienstleistungen» mit 473 Watt pro Person und der Freizeit und Kultur mit 396 Watt pro Person. Für Restaurant und Hotellerie wurden 320 Watt pro Person benötigt. Die übrigen Kategorien waren die Bildung, die Kleidung und die Kommunikation mit 199, 128 resp. 67 Watt pro Person.

Prozentuale Aufteilung der Bereiche

Anteilmässig wird am meisten Primärenergie für den Bereich Konsum (siehe Abbildung 9) benötigt, mit ca. 40% Anteil am gesamt Primärenergiebedarf. Darauf folgend ist der Bereich Wohnen, welcher jedoch stark schwankt, was auf die verschiedenen Nutzungen auf dem Areal (siehe quantitativer Nachweis Kapitel 2.3) zurückzuführen ist. Die Stadt Zürich und die Schweiz benötigen 24% resp. 27% während bei den 2000-Watt-Arealen dieser Werte zwischen 12% und 22% variiert. Bei der Mobilität haben alle 2000-Watt-Areale einen höheren Anteil am gesamten Betrag als die Stadt Zürich und die Schweiz. Die Stadt Zürich weist den tiefsten Anteil mit 16%, gefolgt von der Schweiz mit 18% auf. Die Anteile der Mobilität am gesamten Primärenergiebedarf der Areale schwankt zwischen 20% und 25%. Bei der Ernährung weisen die Areale einen Anteil von 17% -20% auf. Die Stadt Zürich und die Schweiz weisen einen Bedarf von 20% resp. 18% auf.

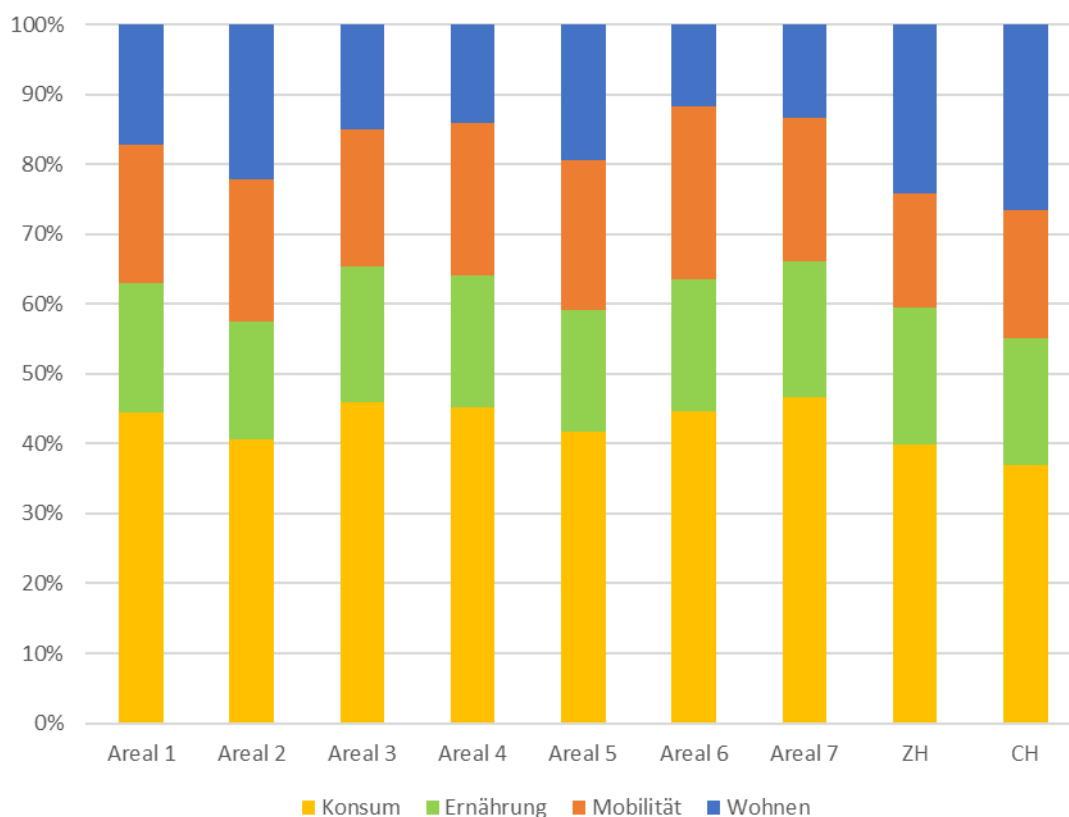


Abbildung 9: Anteile der einzelnen Bereiche an der gesamten Primärenergie

4.1.2 Treibhausgasemissionen

In der Abbildung 10 sind die Ergebnisse dargestellt. Mit Abstand am meisten Emissionen werden durch die Stadt Zürich und Schweiz mit 10.7 resp. 11.3 Tonnen CO₂ pro Person verursacht. Bei den 2000-Watt-Arealen ergab sich eine Spannweite von 6.48 bis zu 7.10 Tonnen CO₂ pro Person. Die Areale besaßen eine 34 - 39% resp. 37 - 43% tiefere Bilanz zu der Stadt Zürich resp. Schweiz. Die Standardabweichung für die Bereiche Ernährung, Konsum und Freizeitmobilität betrug +0.69 resp. -0.92 Tonnen CO₂ pro Person.

Mit 2.73 resp. 3.03 Tonnen pro Person weisen die Stadt Zürich und die Schweiz für den Bereich Wohnen, im Vergleich zu 0.40 bis 0.86 Tonnen CO₂ pro Person der 2000-Watt-Areale, deutlich höhere Treibhausgasemissionen auf. Bei der Mobilität dagegen stehen die Areale mit der Stadt Zürich in gewissen Fällen gleichauf oder sogar höher. Den höchsten Wert weist die Schweiz mit 2.42 t CO₂ pro Person, gefolgt von zwei 2000-Watt-Arealen mit 2.35 t CO₂ resp. mit 2.11 t CO₂ pro Person. Die Stadt Zürich verursacht 2.10 t CO₂ pro Person. Der tiefste Wert verursachte ein zertifiziertes Areal mit 1.92 t CO₂ pro Person. Die Werte für die Ernährung und den Konsum waren für die 2000-Watt-Areale dieselben mit 1.31 resp. 2.82 t CO₂ pro Person. Diejenigen der Stadt Zürich und der Schweiz lagen bei 2.06 resp. 3.80 t CO₂ pro Person.

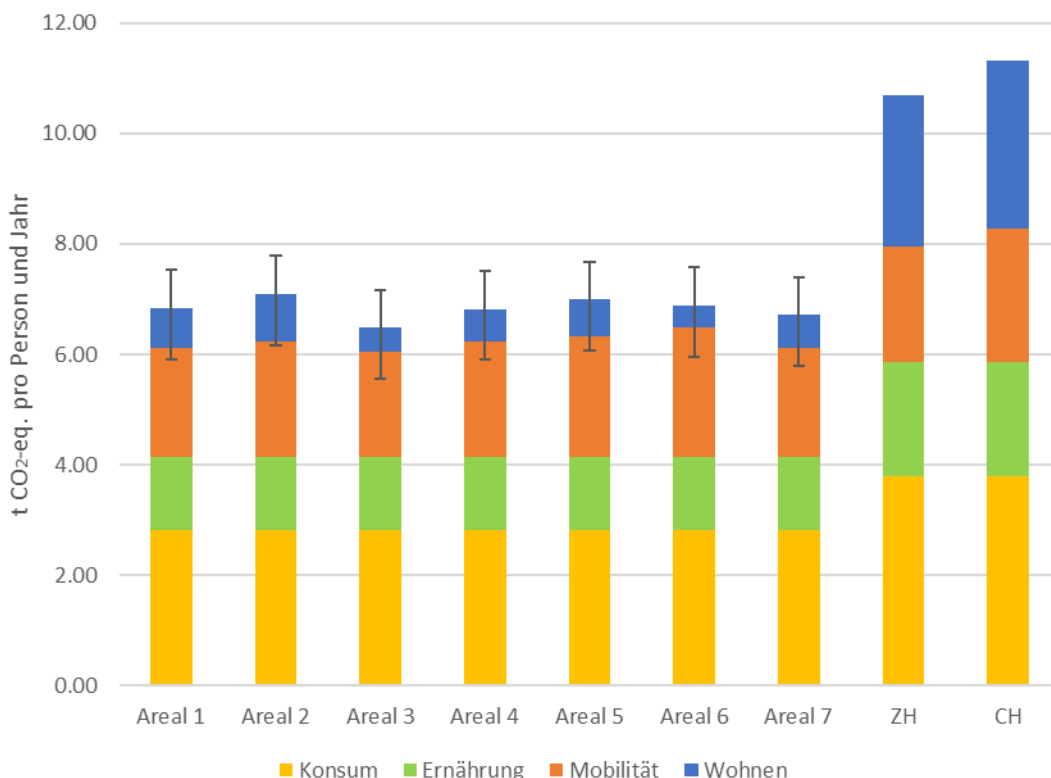


Abbildung 10: Treibhausgasemissionen der 2000-Watt-Areale in Betrieb und Durchschnittswerten der Stadt Zürich und der Schweiz in Tonnen CO₂ pro Person und Jahr

Der Konsumbereich kann mithilfe der Tabelle 6 in Kapitel 3.1 in die verschiedenen Konsumkategorien aufgeteilt werden. Von den 2.82 t CO₂ pro Person war der grösste Verursacher die Möbel und Haushaltwaren mit 0.72 t CO₂ pro Person, gefolgt von der Kategorie Freizeit und Kultur mit 0.58 t CO₂ pro Person und Restaurant/Hotellerie mit 0.53 t CO₂ pro Person. «Andere Güter und Dienstleistungen» benötigten 0.33 t CO₂ pro Person. Die übrigen Kategorien waren die Bildung und Kleidung mit je 0.28 t CO₂ pro Person und die Kommunikation mit 0.10 t CO₂ pro Person.

Prozentuale Aufteilung der Bereiche

Im anteilmässigen Vergleich in Abbildung 11 sind klare Unterschiede zwischen den Arealen und den Stadt Zürich / Schweiz Werten ersichtlich. Bei den 2000-Watt-Arealen schwankt der Anteil Wohnen zwischen 6% und 12% während sich dieser Anteil bei der Stadt Zürich und der Schweiz bei 26% resp. 27% befindet. Dafür liegen die Anteile der Bereiche der Mobilität und des Konsums bei den Arealen höher (im Durchschnitt 31% resp. 40%) als die Stadt Zürich und Schweiz (21% resp. 35%). Der Anteil der Ernährung ist dagegen bei allen gleich gross bei ca. 19%.

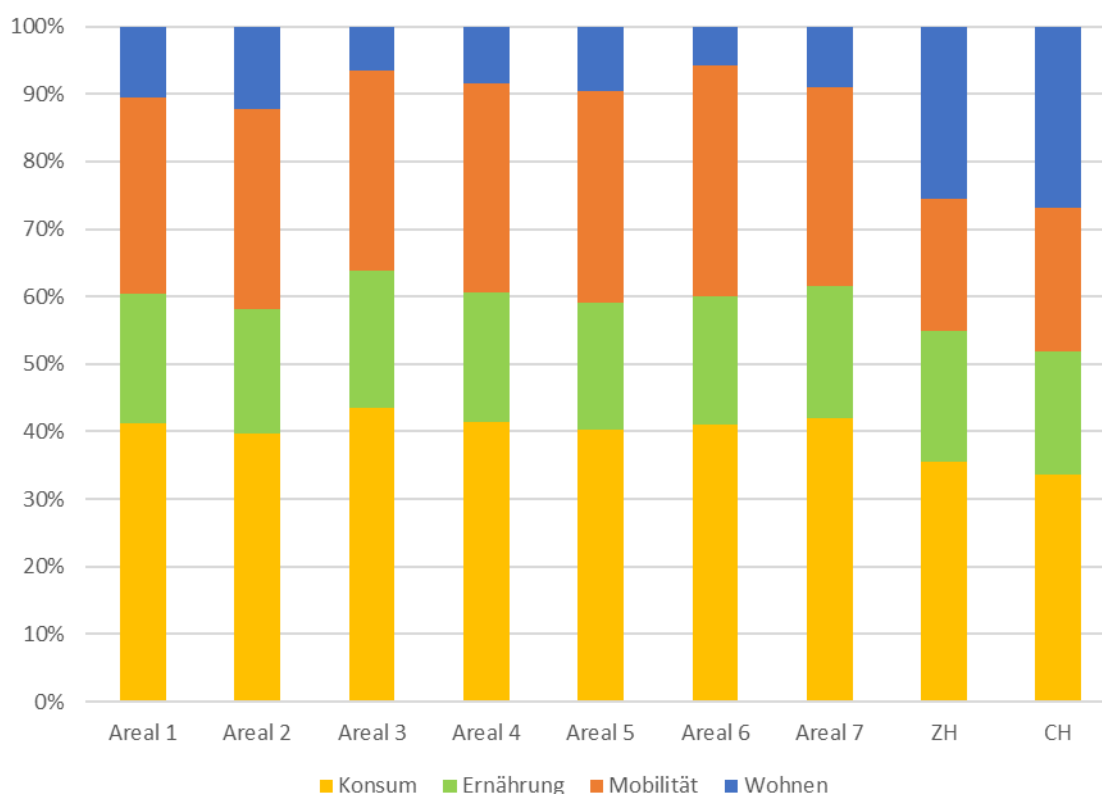


Abbildung 11: Anteil der einzelnen Bereiche an den Treibhausgasemissionen

4.2 Absenkpfad bis 2050 und 2100 für 2000-Watt-Areale

Ausgehend von dem berechneten heutigen ökologischen Fussabdruck wurde der Absenkpfad für ein durchschnittliches 2000-Watt-Areal bis zu dem 2000-Watt und 1 Tonne CO₂ pro Person Ziel berechnet. Der Absenkpfad für die einzelnen Areale ist im Anhang zu finden. Nach dem Bilanzierungskonzept für die 2000-Watt-Gesellschaft lauten die Ziele (siehe Tabelle 2) für Gebäude, Areale, Haushalte und Personen bis 2050; 3'500 Watt pro Person und 2 Tonnen CO₂ pro Person und für das Jahr 2150; 2'000 Watt pro Person und 1 Tonne CO₂ pro Person. Die Aufteilung für die Jahre 2050 und 2150 zeigt die Abnahme der einzelnen Bereiche auf linearer Basis nach SIA 2040 (2017). Die Aufteilung kann in Zukunft auch anders aussehen, dies wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht untersucht.

4.2.1 Primärenergiebedarf gesamt

Zum heutigen Zeitpunkt weist ein durchschnittliches 2000-Watt-Areal in Betrieb einen gesamten Primärenergiebedarf von 4'755 Watt pro Person (Mittelwert der 2000-Watt-Areale aus Abbildung 8) auf. Der Bedarf für die 2000-Watt-Areale muss gegenüber dem heutigen Wert bis 2050 auf 67% reduziert werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität nicht verändert werden. Da diese Werte bereits zum heutigen Zeitpunkt den Richtwerten für das Jahr 2050 entsprechen. Zudem wird für Gebäude mit einer Lebensdauer von 50-60 Jahren gerechnet, somit werden sich diese Werte nicht mehr verändern bis 2050. Für das Jahr 2150 muss der gesamte Primärenergiebedarf auf 42% reduziert werden. Dies bedeutet eine Reduktion um rund einen Drittel bis 2050 resp. drei Fünftel bis 2150.

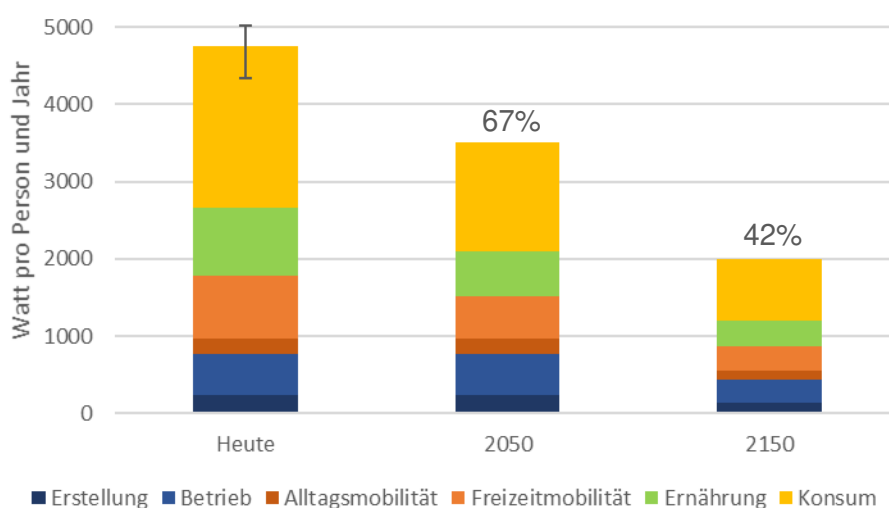


Abbildung 12: Absenkpfad für die 2000-Watt-Areale in Betrieb bezüglich Primärenergiebedarf gesamt

Zum Vergleich wurden auch die Reduktionsfaktoren der Stadt Zürich wie auch der Schweiz berechnet. Bis ins Jahr 2050 müsste die Stadt Zürich ihren aktuellen Bedarf auf 49% und für das Jahr 2150 auf 28% reduzieren. Die Schweiz muss ihren aktuellen Bedarf bis 2050 auf 46% und bis 2150 auf 26% senken.

4.2.2 Treibhausgasemissionen

Zum heutigen Zeitpunkt verursacht das durchschnittliche 2000-Watt-Areal in Betrieb Treibhausgasemissionen von 6.83 t CO₂ pro Person (Mittelwert der 2000-Watt-Areale aus Abbildung 10). Die Emissionen für die 2000-Watt-Areale müssen gegenüber dem heutigen Wert bis 2050 auf 29% reduziert werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität nicht verändert werden. Da diese Werte bereits zum heutigen Zeitpunkt den Richtwerten für das Jahr 2050 entsprechen. Zudem wird für Gebäude mit einer Lebensdauer von 50-60 Jahren gerechnet, somit werden sich diese Werte nicht mehr verändern bis 2050. Für das Jahr 2150 müssen die Treibhausgasemissionen auf 14% reduziert werden. Dies bedeutet eine Reduktion des heutigen Bedarfs auf ca. einen Drittel bis 2050 und auf einen Sechstel bis 2100.

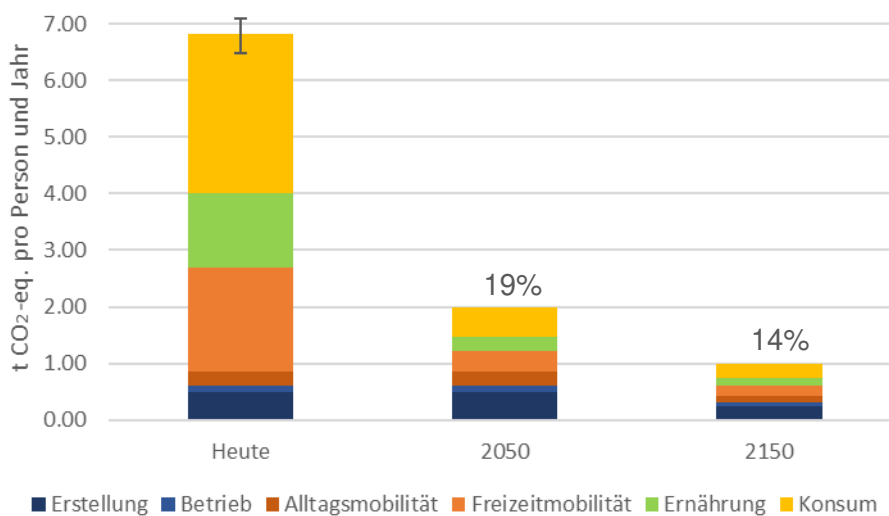


Abbildung 13: Absenkpfad für die 2000-Watt-Areale in Betrieb bezüglich Treibhausgasemissionen

Zum Vergleich wurden auch die Reduktionsfaktoren der Stadt Zürich wie auch der Schweiz berechnet. Bis ins Jahr 2050 müsste die Stadt Zürich ihre Treibhausgasemissionen auf 19% und für das Jahr 2150 auf 9.4% senken. Die Schweiz müsste ihre Emissionen bis 2050 auf 18% resp. 8.8% bis 2150 reduzieren.

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden als Erstes die verschiedenen Einflussbereiche der 2000-Watt-Arealen mit den Stadt Zürich und Schweizer Werten verglichen. Dabei wird vom grössten zum kleinsten Verursacher bei den 2000-Watt-Arealen ausgehend begonnen. Anschliessend werden die Werte der Stadt Zürich mit denjenigen von anderen Städten verglichen, um einen groben Überblick über den Stand zu anderen Ländern zu erhalten. Zum Schluss werden die aufgetretenen Unsicherheiten der Daten in diesem Bericht diskutiert.

5.1 Vergleich 2000-Watt-Areale mit ZH und CH Werte

Der grösste Einflussfaktor stellt der Bereich **Konsum** dar. Dieser besteht aus mehreren verschiedenen Kategorien (siehe Kapitel 2.1.3) mit kleineren Auswirkungen. Dennoch ist jeder Bereich für die Erreichung des 2000-Watt-Gesellschaftsziels essenziell. Der einzige Unterschied zwischen den Konsumauswirkungen zwischen den Arealen, der Stadt Zürich und der Schweiz ist die Höhe der Konsumausgaben pro Monat. Das Verhalten ist somit dasselbe, die Ausgaben in den Arealen sind nur deutlich tiefer. Die höheren Werte der Stadt Zürich und der Schweiz sind zum einen auf die detailliertere Untersuchung zurückzuführen und dass die Anwohnenden, allenfalls nicht alle Ausgaben in den Konsumausgaben berücksichtigt haben. Durch die Verwendung dieser eher simplen Methodik der Skalierung eines Ausgangsverbrauchs auf die Konsumausgaben, sind keine genaueren Möglichkeiten zur Diskussion der Unterschiede möglich.

Der zweitgrösste Bereich stellt die gesamte **Mobilität** dar. Die 2000-Watt-Areale verbrauchten beinahe gleich viel (in manchen Fällen auch mehr) Primärenergie wie auch Treibhausgasemissionen als die Stadt Zürich. Dabei benötigt die Freizeitmobilität im Durchschnitt 80% des gesamten Primärenergiebedarfs der Mobilität. Bei den Treibhausgasemissionen sind es 93% Anteil der Freizeitmobilität. Laut Tabelle 5 haben die Personen der Stadt Zürich ca. 30% und die Schweiz mit beinahe 45% mehr Kilometer im Auto als die 2000-Watt-Gebäude zurückgelegt. Die 2000-Watt-Areale sind oft zu Fuss, per Velo und mit den öffentlichen Verkehrsmitteln unterwegs. Sie kompensieren ihre gute Bilanz jedoch mit den zurückgelegten Kilometer per Flugzeug (siehe Tabelle 5). Dies ist auf den oftmals guten Anschluss an den öffentlichen Verkehr sowie die Fussgänger- und Velofreundlichkeit auf und um das Areal zurückzuführen. Es ist möglich, dass sich die Anwohnenden als Belohnung für das nachhaltige Leben das ganze Jahr hindurch, einen Flug in die Ferien erlauben und dadurch ihre Bilanz gleich hoch ausfällt wie diejenige der Stadt Zürich. Für die Alltagsmobilität spielt die Zertifizierung der 2000-Watt-Areale eine wichtige Rolle. Durch zusätzliche Nutzungen auf dem Areal, neben dem Wohnen, wie Büro, Restaurant oder Verkaufsgeschäfte wird die Alltagsmobilität zusätzlich klein gehalten, da kürzere Strecken zurückgelegt werden müssen. Es

zeigt sich auch, dass die Anwohnenden von 2000-Watt-Arealen vermehrt auf umweltverträglichere Verkehrsmittel setzen und dadurch ihren Verbrauch senken können.

Der Drittgrösste Verursacher ist die **Ernährung**, welche im Vergleich zu der Stadt Zürich und Schweiz deutlich tiefer liegt. Dies ist auf den niedrigeren Konsum von Fleisch und Milchprodukten zurückzuführen. Zudem achten die Anwohnenden auf saisonale und regionale Produkte bei ihrem Einkauf. Dies wird vermutlich durch die kontinuierliche Kommunikation der Arealverantwortlichen mit ihren Anwohnenden über 2000-Watt-Gesellschaft relevante Themen unterstützt. Zudem ist es möglich, dass die Anwohnenden auch einfach durch die Tatsache, dass sie in einem 2000-Watt-Areal oder Gebäude wohnen, einen bewussteren oder nachhaltigeren Umgang an den Tag legen.

Die kleinsten Umweltauswirkungen werden bei den 2000-Watt-Arealen durch den Bereich **Wohnen** verursacht. Während der Primärenergiebedarf des Wohnens etwas höher als derjenige der Ernährung ist, liegt der Bereich Wohnen bei den Treibhausgasemissionen am tiefsten. Im Kapitel 1.1 wurde die Reduktionsziele der Treibhausgasemissionen in der Schweiz erwähnt. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen auf, dass die Treibhausgasemissionen im Bereich des Wohnens (Erstellung und Betrieb) um bis zu 84% gesenkt werden konnten. Dies weil durch den SIA Effizienzpfad Energie die Zwischenziele für das Jahr 2050 bereits erreicht werden.

5.2 Vergleich zu Referenzwerten

In diesem Kapitel werden verschiedene Aspekte dieser Arbeit zu Referenzwerten (siehe Kapitel 2.6) verglichen und diskutiert. In der Abbildung 14 sind die verschiedenen Quellen und ihre Auswirkungen aufgezeigt. Manche Quellen haben den Primärenergiebedarf nicht untersucht.

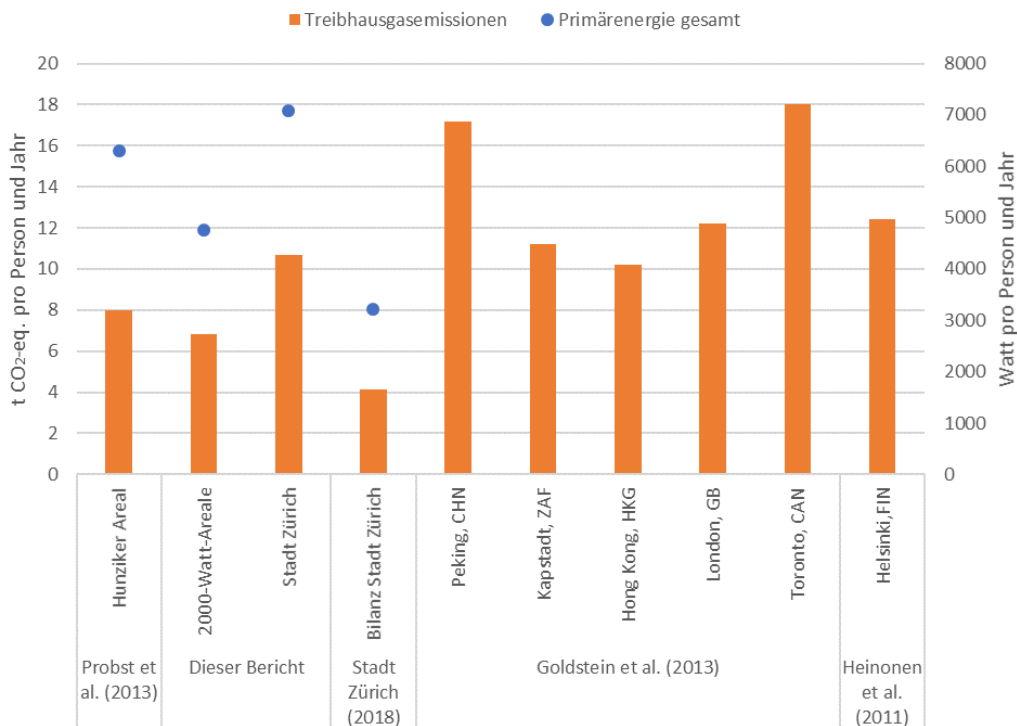


Abbildung 14: Vergleich der Resultate zu Referenzwerten

Bericht über das 2000-Watt-Areal «Hunzikerareal»

Im Jahr 2014 untersuchte die Baugenossenschaft «mehr als wohnen» die Umweltauswirkungen von potenziellen Anwohnenden des Hunzikerareals, welches bereits als «2000-Watt-Areal in Entwicklung» zertifiziert worden war. Dabei wurden 6'299 Watt pro Person und 8.0 Tonnen CO₂ pro Person bilanziert (siehe Abbildung 14). Die höheren Werte des Referenzberichts könnten sich dadurch erklären lassen, dass im Bereich Konsum mehr Faktoren berücksichtigt wurden. So wurden beispielsweise im Bericht von Ott et al. (2014) die Gesundheitskosten ausgelassen, welche im Bericht von «mehr als wohnen» 825 Watt resp. 0.90 t CO₂ pro Person ausmachten. Zudem konnten für die Berechnung nur Annahmen zu dem Freizeitmobilität, Ernährung und Konsum der Bewohner gemacht werden. Die SIA Effizienzpfad Energie Werte für die Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität wurden mithilfe von Standardpersonenflächen berechnet. Auch für den Bericht von «mehr als wohnen» diente der Bericht von Jungbluth und Itten (2012) als Grundlage.

Primärenergie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Zürich

Die Stadt Zürich weist jedes Jahr ihre eigene Primärenergie- und Treibhausgasbilanz aus. Laut dieser Bilanz verursachen die Bewohner und Bewohnerinnen der Stadt Zürich im Jahr 2018 insgesamt 3'216 Watt pro Person und 4.16 Tonnen CO₂ pro Person (siehe Abbildung 14). Dies würde bedeuten, dass die Stadt Zürich, welche die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft bereits bis 2050 erreichen möchte, auf sehr gutem Weg ist. Dabei nicht berücksichtigt ist jedoch die Import-Export-Differenz der grauen Energie und den grauen Treibhausgasemissionen der Güter und Dienstleistungen. Die Differenz zu der Gesamtkonsumbetrachtung von 3'872 Watt pro Person und 6.53 Tonnen CO₂ pro Person ist immens. Es stellt sich nun die Frage, mit welchen Werten die Stadt Zürich die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft verfolgen. Denn die Differenz ist gross und unter Einbezug der grauen Energie und Treibhausgasemissionen ist die Stadt Zürich noch weit von einer 2000-Watt-Gesellschaft entfernt.

Vergleich mit anderen Städten

Im Vergleich zu anderen Grossstädten steht die Stadt Zürich mit ihren 10.69 Tonnen CO₂ pro Person wiederum gut da. In der Abbildung 14 sind sechs weitere Grossstädte abgebildet mit ihren jeweiligen Treibhausgasemissionen. Die Werte von Peking, Kapstadt, Hong Kong, London und Toronto stammen von Goldstein et al. (2013), diejenigen für Helsinki von Heinonen und Junnila (2011). Die Stadt Zürich schneidet dabei nach Hong Kong mit 10.2 Tonnen CO₂ pro Person am zweitbesten ab. Die Stadt, welche von der Bewohnergrösse am nächsten an Zürich kommt, ist die Stadt Helsinki mit 12.4 Tonnen CO₂ pro Person. Mit Abstand am meisten verbrauchen die Städte Peking, mit 17.2 Tonnen CO₂ pro Person, und Toronto, mit 18.0 Tonnen CO₂ pro Person. Kapstadt verursacht Treibhausgasemissionen von 11.2 Tonnen CO₂ pro Person und London 12.2 Tonnen CO₂ pro Person. Die Auswirkungen hängen jedoch auch von den geografischen Verhältnissen in den jeweiligen Regionen ab. Es muss noch angemerkt werden, dass sich die Bilanzierungskonzepte von Land zu Land unterscheiden, da auch die CO₂-Reduktionsziele unterschiedlich sind.

5.3 Datenqualität

Eine solche Untersuchung, wie im Rahmen dieser Arbeit, deckt auch Unsicherheiten auf. Diese resultieren hauptsächlich aus der Auswertung des Berichts von Ott et al. (2014) über die Erfolgskontrolle von 2000-Watt-Gebäuden. Der in Tabelle 14 beschriebene **Rechenfehler beim gesamten Primärenergiebedarf**, ist eine grosse Unsicherheit. Der Abweichung hat mit einer Restmenge von bis zu 400 Watt pro Person, einen signifikanten Einfluss auf das Resultat.

Im Bereich des **Konsums** wurden die Auswirkungen der Anwohnenden aufgrund ihrer Ausgaben pro Monat für die genannten Konsumteile in Kapitel 2.1.3 betrachtet. Von den monatlichen Ausgaben der befragten Schweizerinnen und Schweizer wurden anschliessend die resultierenden

Umweltauswirkungen skaliert. Somit gibt es keine Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Konsumbereiche, lediglich die Ausgabesumme ist bestimmend. Da der Konsum der Anwohnenden der betrachteten Mehrfamilienhäuser aus dem Bericht von Ott et al. (2014) im Durchschnitt bei 740 CHF pro Person und Monat lag, sind auch die Auswirkungen tiefer als diejenigen der Stadt Zürich und Schweiz (1'000 CHF). Der Bericht von Jungbluth und Itten (2012) ist die Grundlage für die Umweltauswirkungen der Stadt Zürich und Schweiz. Die Werte für die «übrigen Konsumangaben» sind bei Jungbluth und Itten (2012) grösser, weil im Bericht einige Kategorien mehr berücksichtigt wurden. So wurden zusätzlich die Gesundheitskosten, öffentliche Sicherheit (Bsp. Polizei, Feuerwehr, Militär) und öffentliche Dienstleistungen (Bsp. Organisation von Wahlen) berücksichtigt. Zudem ist es möglich, dass die Befragten einige Aspekte ausser Acht gelassen haben.

Eine grosse Unsicherheit ist die **Repräsentativität der Umfrageteilnehmer**. In einigen Gebäuden, welche an der Umfrage teilnahmen, wohnen nur wenige Leute (Segantinistrasse: 16 Anwohnende total; 5 nahmen an Umfrage teil). Diese haben jedoch einen Einfluss von 1/4 auf das Gesamtergebnis, welcher als Durchschnittswert für die 2000-Watt-Areale verwendet wurde. Es gab nur ein einziges Gebäude, welches über 100 Bewohner und Bewohnerinnen hatte (abgesehen von der Leimbachstrasse, welche in diesem Bericht nicht weiter berücksichtigt wurde). Bei den 2000-Watt-Arealen beläuft sich die Bewohnerzahl von 190 bis zu 2'160 Bewohnern. Die Stadt Zürich hat ca. 400'000 Einwohner und die Schweiz 8.42 Millionen. Mit stetiger Zunahme der Datenmenge wird auch das Ergebnis genauer und aussagenkräftiger. Im Sinne der 2000-Watt-Areal Zertifizierung gehört eine gesellschaftliche und soziale Durchmischung zu jedem Areal, wodurch man hinterfragen muss, ob der Schweizerdurchschnittswert, abgesehen von dem Bereich Wohnen, dem realen Wert des ökologischen Fussabdrucks der 2000-Watt Bewohner nicht näher kommt. Andererseits sollten die Anwohnenden der 2000-Watt-Areale durch regelmässige Veranstaltungen und Informationsaustausch über einen sorgsameren Umgang informiert sein, was sich direkt in einem kleineren ökologischen Fussabdruck widerspiegeln könnte.

Die **Vergleichswerte** für die Stadt Zürich sowie für die Schweiz stammen aus dem Bericht von Jungbluth und Itten (2012), welche teilweise Daten vom Jahr 2005 verwendeten. Abgesehen von dem Bereich Mobilität, wurde keiner dieser Werte aufgrund von Verhaltensänderungen angepasst. Bei den Konsumausgaben wurde nur das Budget erhöht oder gesenkt aber das Verhalten blieb dasselbe.

Die **Personenflächen** für 2000-Watt-Areal in pro m² EBF können in den Arealen stark schwanken und haben einen grossen Einfluss auf die Bereiche der Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität. Mehr Informationen zu diesem Thema ist im Bericht von Pfäffli et al. (2012) über «Grundlagen zu einem Suffizienzpfad Energie - Das Beispiel Wohnen» zu finden. Dort wurden die Einflüsse von verschiedenen Personenflächen und Verhalten untersucht.

Zudem muss als letztes noch erwähnt werden, dass Anwohnenden bei Befragungen sich oftmals lieber sich von der besseren Seite zeigen und sich ein wenig überschätzen, als sie tatsächlich sind. Zudem ist es auch möglich, dass Personen welche ein weniger umweltfreundliches Verhalten aufweisen, die Befragung lieber nicht beantworten. Während solche die denken ein umweltfreundliches Verhalten haben, grosse Interesse an einem solchen Fragebogen aufweisen.

6 Empfehlungen und mögliche Massnahmen

Diese Arbeit soll den 2000-Watt-Areal Trägerschaften nicht nur den heutigen ökologischen Fussabdruck und den Absenckpfad zur Erreichung der 2000-Watt-Gesellschaft aufzeigen. Sie soll auch herausheben, in welchen Bereichen die grössten Verbesserungspotentiale liegen und damit Verbunden mögliche Massnahmen zur Erreichung dieser Ziele beleuchten.

Reduktionsziele pro Jahr

Aus den Resultaten in Kapitel 4 ist ersichtlich, dass der Weg zum Zwischenziel 2050 auch für 2000-Watt-Areale noch weit ist. Zur Erreichung dieses Ziels müssen die Areale ihren heutigen Primärenergiebedarf um 33% (siehe Abbildung 12) senken. Das ergibt eine jährliche Senkung des Primärenergiebedarf um 0.8%. Um die Treibhausgasemissionen bis ins Jahr 2050 auf den Zielwert zu bringen, ist eine Reduktion von 81% der heutigen Emissionen (siehe Abbildung 13) notwendig. Dies entspricht einer Senkung von 2.3% pro Person und Jahr.

Grösstes Potential

Aus dem Kapitel 5.1 wird ersichtlich, dass die Bereiche mit dem grössten Potential diejenigen sind, welche hauptsächlich durch individuelle Entscheidungen der Anwohnenden beeinflusst werden. Dass die Entscheidungen der einzelnen Personen zur Minderung der Klimaerwärmung beitragen kann, hat Girod et al. (2014) gezeigt.

6.1 Mögliche Massnahmen zur Reduktion des ökologischen Fussabdruckes

In diesem Kapitel werden mögliche Massnahmen aufgelistet, welche zur Reduktion des ökologischen Fussabdruckes führen könnten. Dies ist keine abschliessende Liste, sondern eine persönliche Auswahl an Möglichkeiten.

Die Transformation zur 2000-Watt-Gesellschaft benötigt grosse Veränderungen in der Gesellschaft, ein Umdenken muss stattfinden. Kürzere Transportwege, weniger motorisierter Individualverkehr, Bevorzugung von nachhaltigen Produkten, stark reduzierter Fleisch- und Tierproduktkonsum und andere Massnahmen setzen eine Veränderung der Gewohnheiten der Bevölkerung voraus. Gewohnheiten zu ändern ist eine schwierige Aufgabe, weshalb der Prozess von Seiten des Staates, der Städte, Gemeinden oder eben den Besitzern von Arealen gefördert und unterstützt werden muss. Im Rahmen der Zertifizierung für die 2000-Watt-Areale wurde in verschiedenen Arealen bereits einiges erreicht. So haben gewisse Areale ihre Anwohnenden zum Verzicht auf ein eigenes Auto gebracht. In manchen Fällen auf freiwilliger Basis in anderen Fällen durch Vorschriften. Dies sind verschiedene Formen des Nudging.

Nudges sind Massnahmen, welche die Entscheidungen einer Person in eine gewünschte Richtung beeinflussen können. Dabei gibt es verschiedene Varianten: Man kann eine Entscheidung erleichtern oder manipulieren und man kann das Verhalten beeinflussen oder manipulieren (Montanari et al. 2017). Ein Beispiel ist die automatische Verlängerung des Generalabonnements der SBB. In der folgenden Tabelle werden verschiedene Massnahmen aufgezeigt. Ein Teil davon wurde dem Bericht «Nudges als Beitrag zur Erreichung der 2000-Watt-Gesellschaft» von Montanari et al. (2017) entnommen und für 2000-Watt-Areal Besitzer angepasst und erweitert. Dies ist nur ein kleiner Teil von möglichen Verbesserungsansätzen individueller Verhaltensweisen. Anwohnende, welche sich mit dem Thema gerne umfassender informieren möchten, finden einiges an Literatur, wie zum Beispiel das Ratgeber Buch «Dein Weg zur Nachhaltigkeit. 350 praktische Tipps für den Alltag» von Florian Schreckenbach.

Tabelle 17: Massnahmen zur Reduktion der Umweltauswirkungen von Anwohnenden.

Nudge	Ziel	Beschreibung
Tipps und Tricks rund ums Leben der 2000-Watt-Gesellschaft	Aufklärung der Anwohnenden zu den verschiedenen Themen der 2000-Watt-Gesellschaft Thematik	Regelmässige Veranstaltungen zu einzelnen Themen der 2000-Watt-Gesellschaft veranstalten, wobei den Anwohnenden interaktiv oder durch spannende Vorträge sensibilisiert werden. Dabei sollen die Anwohnenden sich praktische Tipps holen, was sie persönlich tun und verändern können. Mögliche Themen: Energie- und Wasserreduktion, nachhaltige Ernährung. Eine Person einzuladen, die bereits heute versucht ein 2000-Watt-Leben zu führen, wäre eine weitere Möglichkeit das Thema fassbarer zu machen.
Wettbewerbe	Senkung des Energie- und Wasserverbrauchs Gesunde Ernährungswochen einfügen	<ul style="list-style-type: none"> - Über eine Areal-App kann man seinen aktuellen Stand von Energie- und Wasserverbrauch im Vergleich zu den anderen Anwohnenden sehen, evtl. sogar Vergleich der Areale möglich, mit einem Preis für das Gewinner Areal. - Fleischfreie Woche organisieren mit Unterstützung für fleischfreie Menüs, wenn gemeinsame Küche vorhanden dann

Nudge	Ziel	Beschreibung
		Unterstützung bei der Zubereitung anbieten.
Probetickets oder Vergünstigungen	Nutzung des öffentlichen Verkehrs wie auch der Nutzung lokaler/saisonalen Produkten bestärken	<ul style="list-style-type: none"> - Probetickets oder Vergünstigungen für Tickets resp. Abos des öffentlichen Verkehrs anbieten - Lokale Läden auf dem Areal oder in der Nähe mit lokalem Gemüse und Früchte mit Coupons oder Vergünstigungen unterstützen
Fahrkosten aufzeigen	Förderung des ÖV, Reduktion des MIV	Durch Aufzeigen der realen Kosten einer Autofahrt mit denjenigen von öffentlichen Verkehrsmitteln als Alternative aufzeigen und den Bewohnern bewusst machen, dass das Auto in den meisten Fällen gar nicht günstiger ist als der ÖV ist. Im Areal-App ein Online Fahrplan für Züge und Busse bereits aufnehmen.
Nachhaltige Konsumgüter auf dem Areal anbieten	Nachhaltiger Konsum von Lebensmitteln und Produkten	Im Restaurant werden Gerichte aus nachhaltigen Lebensmitteln angeboten. Kleinere Teller bei Selbstbedienungsbuffet anbieten. Bewusst weniger und kleinere Fleischportionen anbieten. Möglichkeit zum Essensreste mit nach Hause nehmen schaffen.
Nachhaltige Landwirtschaft fördern	Mehr regionale und saisonale Produkte konsumieren	Die Idee einer sogenannten Gemüsegenossenschaft ist, dass jeder Anwohnende beim Gärtnern ein wenig mithilft und dafür regelmässig faires und ökologisches Gemüse aus der Region erhält. Die Gemüsegenossenschaft «meh als gmües» wurde für die Anwohnenden des Hunzikerareals entwickelt, ist jedoch so stark gewachsen, dass es mittlerweile auch für

Nudge	Ziel	Beschreibung
		Aussenstehende zur Verfügung steht (Genossenschaft meh als gmües 2019).
Haushaltskompost anbieten	Abfälle reduzieren	Ein sogenannter Bokashi- oder Wurm-Kompost können die meisten organischen Abfälle ohne Probleme verarbeiten, dadurch könne die Abfallmengen reduziert werden, und der entstandene Hummus kann auf den Grünflächen oder in den eigenen Topfpflanzen verwendet werden. Ein grosser Vorteil ist, dass man den Kompost bei sich in der Wohnung hat und die Komposte geruchsfrei sind. Beispiel wäre, dass das Areal pro Haushalt einen Bokashi- oder Wurm-Kompost zur Verfügung stellt und dieser entgegennimmt, wenn er voll ist. Dadurch ist eine einfache Handhabung garantiert. Wichtig ist, dass den Anwohnenden aufgezeigt wird, dass dieser Kompost keine Gerüche verursacht.
Erinnerungs-SMS	Anwohnende auf übermässigen Konsum hinweisen	Bei überdurchschnittlichem Verbrauch für Heizenergie oder Wasser, oder falls beispielsweise eine Kälteperiode kommt, per SMS oder Areal-App als Erinnerung den Bewohnern Tipps zustellen, mit welchen Massnahmen sie ihren Verbrauch reduzieren können.
Areal-App	Austausch und Informationsplattform, Energieverbrauchsreduktion	Eine Smartphone-App, mit welcher die Anwohnenden über aktuelle Veranstaltungen auf dem Areal informiert werden und sich auch gleich untereinander austauschen können. Zudem können die eigenen Verbrauchswerte eingesehen werden. Es könnten in regelmässigen Zeitabständen oder bei speziellen Bedingungen, Tipps zu einem

Nudge	Ziel	Beschreibung
		effizienten Umgang für Energie und Wasser abgegeben werden.
Ferienziel	Auf Flugzeugflüge verzichten	Werbung für Ferien in der Schweiz oder der nahen Umgebung anbieten. Aufzeigen das Kurzflugstrecken meistens nicht schneller als ÖV sind mit Anreise, Einchecken, Fliegen und Auschecken. Zudem die Preisunterschiede aufzeigen, je früher man bucht desto billiger die Fahrt auch im Bus oder Zug. Falls (Langstrecken-) Flüge doch nötig sind, Anwohnende aufklären über Kompensationsmöglichkeiten.

Wichtig ist bei der Umsetzung der Massnahmen einige Dinge zu beachten. So ist es wichtig, dass man die Menschen nicht mit zu viel Veränderungen auf einmal überfordert. Ansonsten kann bei den Bewohnern ein Zustand der Abweisung auftreten, wobei sie die Massnahmen direkt abweisen. Bei dem Wort «müssen» entsteht in den meisten Fällen auch gleich eine gewisse Abneigung, da man sich nicht zu stark einschränken lassen möchte. Am besten gelingt die Adaption der Massnahmen, wenn die Anwohnenden selber darauf kommen oder ihnen eine Alternative oder neue Gewohnheit lernt. Dadurch entsteht kein Druck des «Müssens» und es entsteht keine Angst des Scheiterns. Zudem wird auch das Erfolgsgefühl verstärkt, wenn man aus eigener Kraft ein Ziel erreicht. Es wird in den Zeitungen, im Fernsehen, etc. oftmals von all den möglichen Massnahmen zur Nachhaltigkeit gesprochen. Viele Menschen können mit diesen Massnahmen jedoch nicht viel anfangen, da sie keine Referenz oder messbare Zielwerte kennen. Orientierungshilfen, wie z.B. eine Areal-App mit Energieverbrauchswerten machen den Fortschritt sichtbar und können sogar einen spielerischen Ehrgeiz zur Verbesserung der individuellen Verhaltensweisen anspornen.

7 Schlussfolgerungen

Die 2000-Watt-Areale in Betrieb sind auf einem guten Weg zur Erreichung des Zwischenziels von 2050. Der ökologische Fussabdruck der Areale zeigt einen deutlichen Unterschied zu den Werten der Stadt Zürich und Schweiz auf. Bei der gesamten Primärenergie wies das Areal mit dem tiefsten Bedarf 4'496 Watt pro Person auf. Im Durchschnitt erzielten die 2000-Watt-Areale einen um ein Drittel tieferen Bedarf als die Stadt Zürich. Bei den Treibhausgasemissionen verursachte das Areal mit dem tiefsten Wert 6.48 Tonnen CO₂ pro Person. Wie beim Primärenergiebedarf, waren die Emissionen um einen Drittel tiefer als die der Stadt Zürich. Somit konnte bereits die erste Forschungsfrage beantwortet werden.

Von der Erreichung einer 2000-Watt-Gesellschaft sind leider auch die 2000-Watt-Areale noch weit entfernt. Bei der Primärenergie ist eine Senkung des Bedarfs um einen Drittel nötig. Für die Treibhausgasemissionen sind noch mehr als 80% der Emissionen einzusparen. Mit dem Fokus des Pariser Klimaabkommens auf den Treibhausgasemissionen, müssen grosse Anstrengungen unternommen werden, möchte die Schweiz ihre Reduktionsziele bis 2050 einhalten. Dass es möglich ist, hat der Bereich des Wohnens gezeigt (>80% Einsparung an Treibhausgasemissionen). Es stellt sich nun aber die Frage, ob sich die Reduktionsziele nur über Vorschriften wie dem SIA Effizienzpfad Energie erreichen lassen oder ob auch die Verhaltensänderungen, wie die in Kapitel 6.1 beschriebenen Massnahmen, benötigt werden. Das veränderte Verbrauchentscheidungen ein grosses Potential mit sich bringen, wurde von Girod et al. (2014) aufgezeigt. Der Schweizer Bundesrat hat Ende August 2019 beschlossen bis ins Jahr 2050 die Treibhausgasemission auf Netto-Null zu reduzieren. Aufgrund dieses Beschlusses wird momentan eine neue Klimastrategie ausgearbeitet. Das Ziel von Netto-Null wird die jährlichen Reduktionsziele für die 2000-Watt-Areale beachtlich verschärfen. Somit ist es wichtig, mit Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen sofort zu beginnen. Ansonsten wird der Absenkpfad zum Jahr 2050 hin immer steiler werden.

Der Einflussbereich mit dem grössten ökologischen Fussabdruck ist der Konsum. Im Rahmen der durchgeführten Umfrage von Ott et al. (2014) waren die Konsumausgaben pro Monat mit den Umweltauswirkungen gekoppelt. Dieses Vorgehen stimmt mit den Studien von Bassetti et al. (2013) und Knight und Schor (2014) überein, welche den Zusammenhang zwischen Einkommen und Umweltauswirkungen beschreiben. Auf der positiven Seite zeigt die Studie von Bruderer-Enzler und Diekmann (2019), dass das Umweltbewusstsein einen gleich grossen Einfluss wie das Einkommen auf die Treibhausgasemissionen hat, was sich auch in den Ergebnissen dieser Arbeit widerspiegelt. Die 2000-Watt-Areal Anwohnenden hatten einen geringeren ökologischen Fussabdruck im Bereich des Konsums als die Vergleichswerte aus der Stadt Zürich und der Schweiz. Die Studie von Girod

und Haan (2010) hat ebenfalls aufgezeigt, dass mit höherem Einkommen nicht zwingend mehr, sondern lediglich qualitativ bessere Produkte konsumiert werden.

Die Aufgabe von 2000-Watt-Areal Trägerschaften ist es, die Anwohnenden bei ihrem Weg in eine nachhaltige Zukunft kontinuierlich zu unterstützen und ihnen mittels sogenannten Nudges ökologische Entscheidungen und Verhaltensweisen näher zu bringen. Dabei geht es auch um den Ausbruch aus der Komfortzone der einzelnen Bewohner und Bewohnerinnen, was nicht von heute auf morgen bewältigt werden kann. Zudem muss man die Entwicklung der jeweiligen Person mit zunehmendem Alter oder veränderten Lebens- und Arbeitssituation berücksichtigen. Durch regelmässige Veranstaltungen zu wichtigen Themen wie der Ernährung oder der Mobilität, bei denen möglichen Alternativen zu dem bisherigen Verhalten aufgezeigt und durch Spiel (Energie- und Wasserwettbewerb) oder Events (gesunde Ernährungswoche) in einem sicheren Rahmen getestet werden.

Schlussendlich wird jeder einzelne von uns mit seinen Verhaltensentscheidungen im täglichen Leben die Zukunft unseres Klimas beeinflussen. Ob beim Weg zur Arbeit oder der Menüwahl beim Mittagessen. Wir entscheiden, wie gross wir unseren Fussabdruck gestalten. Man muss jedoch auch hinterfragen, inwiefern unser derzeitiges Wirtschaftssystem zu einem raschen Umstieg zur Nachhaltigkeit beitragen kann. Mit der aktuellen Konsumgesellschaft ist eine Zielerreichung in weiter Ferne.

Als Bewohner der Schweiz nehmen wir für viele andere Länder eine Vorreiterrolle ein. Die Länder folgen unserem Vorbild und streben unseren Wohlstand an. Wenn wir mit einem guten Beispiel vorangehen, können wir trotz unserer geringen Landesgrösse einen grossen Einfluss auf die Rettung unseres Klimas haben.

7.1 Forschungsbedarf / Ausblick

Ein wichtiger Schritt, folgend auf diese Arbeit, wäre eine neue Untersuchung des genauen Verhaltens der 2000-Watt-Anwohnenden zu starten. Diese könnte beispielsweise über eine App verlaufen, bei welcher man all seine Tätigkeiten festhalten kann oder über einen analogen Umfragebogen. Aufgrund mangelnder durchgeführter Arbeiten in den letzten 5-10 Jahren, wäre eine Neuuntersuchung ein wichtiger Schritt. Dies gilt auch für die Werte der Stadt Zürich oder der Schweiz, da in den letzten Jahren eine positive Entwicklung in Richtung der Nachhaltigkeit stattgefunden hat. Die Ausarbeitung von weiteren Massnahmen mitsamt Berechnung der dadurch möglichen Einsparungen an Primärenergie und Treibhausgasemissionen könnte im Rahmen einer weiteren Arbeit abgedeckt werden.

8 Literaturverzeichnis

- BAFU, Bundesamt für Umwelt. 2018. «Das Übereinkommen von Paris». 21. August 2018. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/klima--internationales/das-uebereinkommen-von-paris.html>.
- Bassetti, Thomas, Nikos Benos, und Stelios Karagiannis. 2013. «CO2 Emissions and Income Dynamics: What Does the Global Evidence Tell Us?» *Environmental and Resource Economics* 54 (1): 101–25. <https://doi.org/10.1007/s10640-012-9583-1>.
- BFS, Bundesamt für Statistik. 2019. «Input-Output Tabellen». Bundesamt für Statistik. 2019. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/volkswirtschaft/input-output.html>.
- Bruderer Enzler, Heidi, und Andreas Diekmann. 2019. «All Talk and No Action? An Analysis of Environmental Concern, Income and Greenhouse Gas Emissions in Switzerland». *Energy Research & Social Science* 51 (Mai): 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.01.001>.
- Bundesamt für Statistik. 2019. «Bundesamt für Statistik». 2019. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home.html>.
- Colourbox. 2018. «Natur, leben, planet | Stock-Vektor». Colourbox. 25. Januar 2018. <https://www.colourbox.de/vektor/natur-leben-planet-vektor-30838044>.
- Deutch, John. 2017. «Decoupling Economic Growth and Carbon Emissions». *Joule* 1 (1): 3–5. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2017.08.011>.
- EnergieSchweiz. 2019. «Das 2000-Watt-Areal». 2000-Watt-Areale. 2019. <https://www.2000watt.swiss/>.
- EnergieSchweiz für Gemeinden. 2017. «Handbuch zum Zertifikat 2000 Watt Areal». <https://www.2000watt.swiss/bibliothek.html>.
- EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, und Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein SIA Zurich. 2014. «Bilanzierungskonzept». Energiestadt. September 2014. <https://www.local-energy.swiss/profibereich/profi-instrumente/2000-watt-gesellschaft/bilanzierungskonzept.html>.
- Genossenschaft meh als gmües. 2019. «meh als gmües | Über uns». 23. Oktober 2019. <https://www.mehalsgmues.ch/ueber-uns>.
- Gesundheits- und Umweltdepartement, Stadt Zürich. 2019. «2000-Watt-Indikatoren». 16. Februar 2019. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/2000-watt-indikatoren.html.
- Girod, Bastien, und Peter De Haan. 2010. «More or Better? A Model for Changes in Household Greenhouse Gas Emissions Due to Higher Income». *Journal of Industrial Ecology* 14 (1): 31–49. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00202.x>.
- Girod, Bastien, Detlef Peter van Vuuren, und Edgar G. Hertwich. 2014. «Climate Policy through Changing Consumption Choices: Options and Obstacles for Reducing Greenhouse Gas Emissions». *Global Environmental Change* 25 (März): 5–15. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.01.004>.

-
- Goldstein, Benjamin, Morten Birkved, Maj-Britt Quitzau, und Michael Hausschild. 2013. *Quantification of Urban Metabolism through Coupling with the Life Cycle Assessment Framework: Concept Development and Case Study*. Bd. Volume 8. Environmental Research Letters, Number 3. IOP Publishing Ltd. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/3/035024>.
- Heinonen, Jukka, und Seppo Junnila. 2011. «Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas». 6. Environmental Research Letters. Finland: IOP PUBLISHING. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/6/1/014018>.
- IPCC. 2018. «Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above preindustrial 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». Genf, Schweiz: World Meteorological Organization. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- Jungbluth, Niels, und René Itten. 2012. «Umweltbelastungen des Konsums in der Schweiz und in der Stadt Zürich». 8. Energieforschung Stadt Zürich.
- Jungbluth, Niels, Carsten Nathani, Matthias Stucki, und Marianne Leuenberger. 2011. «Environmental Impacts of Swiss Consumption and Production. A combination of input-output analysis with life cycle assessment.» Environmental studies no. 1111. Bern: Federal Office for the Environment.
- Kaspar, Dominik. 2014. «Internationalisierung der 2000-Watt-Gesellschaft für Immobilien». Masterarbeit. Konstanz: Hochschule Konstanz für Technik, Wirtschaft und Gestaltung; Fakultät Bauingenieurwesen; Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen.
- KBOB, Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren, eco-bau, und IPB. 2018. «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016». 1. Juni 2018. https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html.
- Knight, Kyle W., und Juliet B. Schor. 2014. «Economic Growth and Climate Change: A Cross-National Analysis of Territorial and Consumption-Based Carbon Emissions in High-Income Countries». *Sustainability* 6 (6): 3722–31. <https://doi.org/10.3390/su6063722>.
- Montanari, Daniel, Stephanie Bade, Stefan von Grünigen, und Kathrin Koebel. 2017. «Nudges als Beitrag zur Erreichung der 2000-Watt-Gesellschaft». Themenbereich Haushalte 36. Forschungsprojekt FP-1.13. Zürich: Energieforschung Stadt Zürich. <https://www.econcept.ch/de/projekte/nudges-als-beitrag-zur-erreichung-der-2000-watt-gesellschaft/>.
- Ott, W., R. Frischknecht, M. Kärcher, M. Grütter, A. Baumgartner, R. Itten, und N. Cemy. 2014. «Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude». Forschungsprojekt FP-2.5 Bericht Nr. 14. Energieforschung Stadt Zürich. <https://www.energieforschung-zuerich.ch/index.php?id=26#c422>.
- Pfäffli, Katrin, Jürg Nipkow, Stefan Schneider, und Martin Hänger. 2012. «Grundlagen zu einem Suffizienzpfad Energie - Das Beispiel Wohnen». Zürich: Stadt Zürich - Amt für Hochbauten, Fachstelle Nachhaltiges Bauen. www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen.

-
- Probst, Matthias. 2014. ««mehr als wohnen» und die 2000-Watt-Gesellschaft - Personenbezogene Ökobilanz und Massnahmen». Band 10. Schriftenreihe WBG, Dokumentationsstelle Forschung und Innovation. wohnbaugenossenschaften schweiz, regionalverband zürich.
- SIA Zurich, Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein. 2017. *SIA-Effizienzpfad Energie*. Bd. SNR 592040:2016 de.
- Vogel, Urs, Nicola Nübold, und Stefan Schneider. 2017. «Monitoring-Standard für Gebäude und Areale». <https://www.2000watt.swiss/bibliothek.html>.
- Wang, Qiang, und Shasha Wang. 2019. «Decoupling Economic Growth from Carbon Emissions Growth in the United States: The Role of Research and Development». *Journal of Cleaner Production* 234 (Oktober): 702–13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.174>.
- «Zertifizierungsunterlagen der 2000-Watt-Areale». 2019.

9 Abbildungsverzeichnis

Titelbild (Colourbox 2018)	
Abbildung 1: Gesamte globale Netto-CO ₂ -Emissionen (IPCC 2018)	8
Abbildung 2: Unterschied Nutz-, End- und Primärenergie (Mevenkamp 2019)	12
Abbildung 3: 2000-Watt Ziele und berücksichtigte Bereiche des SIA Effizienzpfades nach SIA Zurich (2014) (EnergieSchweiz für Gemeinden 2017)	14
Abbildung 4: 2000-Watt Ziele und berücksichtigte Bereiche des SIA Effizienzpfades nach Ott et al. (2014).....	15
Abbildung 5: 2000-Watt Ziele und berücksichtigte Bereiche des SIA Effizienzpfades nach Kaspar (2014).....	15
Abbildung 6: Zusammenhang der 2000-Watt-Gesellschaft mit dem SIA Effizienzpfad Energie und dem 2000-Watt-Areal Zertifikat.....	22
Abbildung 7: Systembild für die Untersuchung der gesamten Umweltauswirkungen eines 2000- Watt-Areal-Bewohners mit Vergleich zu der Grenze der Stadt Zürich.....	29
Abbildung 8: Primärenergiebedarf gesamt der 2000-Watt-Areale in Betrieb und Durchschnittswerten der Stadt Zürich und der Schweiz in Watt pro Person und Jahr.....	36
Abbildung 9: Anteile der einzelnen Bereiche an der gesamten Primärenergie	37
Abbildung 10: Treibhausgasemissionen der 2000-Watt-Areale in Betrieb und Durchschnittswerten der Stadt Zürich und der Schweiz in Tonnen CO ₂ pro Person und Jahr.....	38
Abbildung 11: Anteil der einzelnen Bereiche an den Treibhausgasemissionen	39
Abbildung 12: Absenkpfad für die 2000-Watt-Areale in Betrieb bezüglich Primärenergiebedarf gesamt	40
Abbildung 13: Absenkpfad für die 2000-Watt-Areale in Betrieb bezüglich Treibhausgasemissionen	41
Abbildung 14: Vergleich der Resultate zu Referenzwerten	44
Abbildung 15: Vollständige Resultate für den ökologischen Fussabdruck des gesamten Primärenergiebedarfs	63
Abbildung 16: Vollständige Resultate für den ökologischen Fussabdruck der Treibhausgasemissionen.....	63

Abbildung 17: Vollständige Resultate des Absenkpades eines durchschnittlichen 2000-Watt-Areals für den gesamten Primärenergiebedarfs	64
Abbildung 18: Vollständige Resultate des Absenkpades eines durchschnittlichen 2000-Watt-Areals für die Treibhausgasemissionen.....	64
Abbildung 19: Absenkpfade für die einzelnen 2000-Watt-Areale sowie die Stadt Zürich und Schweiz für den gesamten Primärenergiebedarf	65
Abbildung 20: Absenkpfade für die einzelnen 2000-Watt-Areale sowie die Stadt Zürich und Schweiz für die Treibhausgasemissionen.....	65

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ist- und Zielwerten für die 2000-Watt-Gesellschaft der Schweiz, Kantone, Regionen, Städte, Gemeinden mit den Reduktionsfaktoren (grün) ausgehend vom Jahr 2005 (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014)	13
Tabelle 2: Ist- und Zielwerte für die 2000-Watt-Gesellschaft von Gebäuden, Arealen, Haushalten und Personen (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014)	14
Tabelle 3: Wichtigste Parameter des SIA Effizienzpfad Energie	17
Tabelle 4: Anwendungsbeispiel zur Berechnung des Zielwerts eines 2000-Watt-Areals mit verschiedenen Gebäudekategorien	18
Tabelle 5: Durchschnittliche Personenkilometer pro Jahr der untersuchten 2000-Watt-Gebäude (ohne Leimbachstrasse), Stadt Zürich und Schweiz (Ott et al. 2014).....	26
Tabelle 6: Aufteilung des Konsumbereiche für die Primärenergie gesamt und Treibhausgasemissionen nach Jungbluth und Itten (2012).....	27
Tabelle 7: Übersicht der vorhandenen Konsumbereiche in den beiden Hauptquellen	30
Tabelle 8: Primärenergiegesamt und Treibhausgasemissionen der 4 Mehrfamilienhäuser in MJ resp. kg CO ₂ pro m ² (Ott et al. 2014)	30
Tabelle 9: Primärenergie gesamt und Treibhausgasemissionen der 4 Mehrfamilienhäuser in Watt resp. Tonnen CO ₂ pro Person	31
Tabelle 10: Primärenergiegesamt und Treibhausgasemissionen der 2000-Watt-Areale in Betrieb in Watt resp. Tonnen CO ₂ pro Person (Zertifizierungsunterlagen der 2000-Watt-Areale 2019)	32
Anschliessend wurden dem Bericht von Ott et al. (2014) die Gesamtergebnisse für den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen entnommen (siehe 11).....	32
Tabelle 12: Die gesamten Umweltauswirkungen der 4 Mehrfamilienhäuser in Watt resp. Tonnen CO ₂ pro Person (Ott et al. 2014).....	32
Um die Resultate aus der 13 für die 2000-Watt-Areale anwenden zu können, mussten die Anteile für die Erstellung und Betrieb (siehe Tabelle 9) dem Bereich «Wohnen» (siehe Tabelle 10) und die Alltagsmobilität dementsprechend dem Bereich «Mobilität» subtrahiert werden. Dies ergab die folgenden Ergebnisse:.....	33
Tabelle 14: Ergebnis von der Subtraktion der Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität aus Tabelle 9 von den Einflussbereichen «Wohnen» und «Mobilität» aus der Tabelle 12	33

Tabelle 15: Durchschnittswerte und Minimum/Maximum der Mehrfamilienhäuser ohne Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität	34
Tabelle 16: Durchschnittswerte der verschiedenen Einflussbereiche der Mehrfamilienhäuser	34
Tabelle 17: Massnahmen zur Reduktion der Umweltauswirkungen von Anwohnenden.....	49
Tabelle 18: Berechnung der Konsumaufteilung	66

11 Anhang

Anhang A – Vollständige Resultate des ökologischen Fussabdrucks

Anhang B – Vollständige Resultate des Absenkpades eines durchschnittlichen 2000-Watt-Areals

Anhang C – Absenkpfade für die einzelnen 2000-Watt-Areale

Anhang D – Berechnung der Anteile der Konsumkategorien

Anhang E - Plagiatserklärung

Anhang A – Vollständige Resultate des ökologischen Fussabdrucks

Primärenergiebedarf gesamt									
Watt pro Person	Areal 1	Areal 2	Areal 3	Areal 4	Areal 5	Areal 6	Areal 7	ZH	CH
Wohnen	810	1148	682	656	976	546	598	1710	2030
Mobilität	939	1045	898	1014	1077	1167	926	1166	1407
Ernährung	878	878	878	878	878	878	878	1389	1389
Konsum	2094	2094	2094	2094	2094	2094	2094	2823	2823
Total	4721	5166	4552	4643	5025	4686	4496	7088	7649
Standardabweichung									
Min.	456	456	456	456	456	456	456		
Max.	548	548	548	548	548	548	548		

Abbildung 15: Vollständige Resultate für den ökologischen Fussabdruck des gesamten Primärenergiebedarfs

Treibhausgasemissionen									
Tonnen CO ₂ pro Person	Areal 1	Areal 2	Areal 3	Areal 4	Areal 5	Areal 6	Areal 7	ZH	CH
Wohnen	0.71	0.86	0.43	0.58	0.67	0.40	0.60	2.73	3.03
Mobilität	1.99	2.10	1.92	2.11	2.19	2.35	1.98	2.10	2.42
Ernährung	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	2.06	2.06
Konsum	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	3.80	3.80
Total	6.84	7.10	6.48	6.82	6.99	6.88	6.71	10.69	11.31
Standardabweichung									
Min.	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92		
Max.	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69		

Abbildung 16: Vollständige Resultate für den ökologischen Fussabdruck der Treibhausgasemissionen

Anhang B – Vollständige Resultate des Absenkpades eines durchschnittlichen 2000-Watt-Areals

Primärenergiebedarf gesamt			
Watt pro Person	Heute	2050	2150
Erstellung	232	232	133
Betrieb	541	541	309
übriges Wohnen	0	0	0
Alltagsmobilität	201	201	115
Freizeitmobilität	808	540	308
Ernährung	878	587	335
Konsum	2094	1399	799
Total	4755	3500	2000

Abbildung 17: Vollständige Resultate des Absenkpades eines durchschnittlichen 2000-Watt-Areals für den gesamten Primärenergiebedarfs

Treibhausgasemissionen			
t CO ₂ pro Person	Heute	2050	2150
Erstellung	0.48	0.48	0.24
Betrieb	0.12	0.12	0.06
übriges Wohnen	0.00	0.00	0.00
Alltagsmobilität	0.25	0.25	0.13
Freizeitmobilität	1.84	0.35	0.18
Ernährung	1.31	0.25	0.13
Konsum	2.82	0.54	0.27
Total	6.83	2.00	1.00

Abbildung 18: Vollständige Resultate des Absenkpades eines durchschnittlichen 2000-Watt-Areals für die Treibhausgasemissionen

Anhang C – Absenkpfade für die einzelnen 2000-Watt-Areale

Primärenergiebedarf gesamt									
Watt pro Person	Areal 1	Areal 2	Areal 3	Areal 4	Areal 5	Areal 6	Areal 7	ZH	CH
Wohnen	810	1148	682	656	976	546	598	1710	2030
Mobilität	939	1045	898	1014	1077	1167	926	1166	1407
Ernährung	878	878	878	878	878	878	878	1389	1389
Konsum	2094	2094	2094	2094	2094	2094	2094	2823	2823
Total	4721	5166	4552	4643	5025	4686	4496	7088	7649
Zielwert bis 2050:					3500	Watt pro Person			
Reduktionsfaktoren	0.74	0.68	0.77	0.75	0.70	0.75	0.78	0.49	0.46
Wohnen	600	778	524	495	680	408	465	844	929
Mobilität	696	708	690	765	750	872	721	576	644
Ernährung	651	595	675	662	612	656	684	686	636
Konsum	1553	1419	1610	1579	1459	1564	1630	1394	1292
Total	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Zielwert bis 2100:					2000	Watt pro Person			
Reduktionsfaktoren	0.42	0.39	0.44	0.43	0.40	0.43	0.44	0.28	0.26
Wohnen	343	445	300	283	388	233	266	483	531
Mobilität	398	405	394	437	428	498	412	329	368
Ernährung	372	340	386	378	350	375	391	392	363
Konsum	887	811	920	902	834	894	932	797	738
Total	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

Abbildung 19: Absenkpfade für die einzelnen 2000-Watt-Areale sowie die Stadt Zürich und Schweiz für den gesamten Primärenergiebedarf

Treibhausgasemissionen									
t CO ₂ pro Person	Areal 1	Areal 2	Areal 3	Areal 4	Areal 5	Areal 6	Areal 7	ZH	CH
Wohnen	0.73	0.88	0.44	0.60	0.68	0.42	0.62	2.73	3.03
Mobilität	1.99	2.10	1.92	2.11	2.19	2.35	1.98	2.10	2.42
Ernährung	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	2.06	2.06
Konsum	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	3.80	3.80
Total	6.84	7.10	6.48	6.82	6.99	6.88	6.71	10.69	11.31
Zielwert bis 2050:					2	Tonnen CO₂ pro Person			
Reduktionsfaktoren	0.29	0.28	0.31	0.29	0.29	0.29	0.30	0.19	0.18
Wohnen	0.21	0.25	0.14	0.18	0.20	0.12	0.18	0.51	0.54
Mobilität	0.58	0.59	0.59	0.62	0.63	0.68	0.59	0.39	0.43
Ernährung	0.38	0.37	0.41	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.36
Konsum	0.83	0.79	0.87	0.83	0.81	0.82	0.84	0.71	0.67
Total	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Zielwert bis 2100:					1	Tonnen CO₂ pro Person			
Reduktionsfaktoren	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.09	0.09
Wohnen	0.11	0.12	0.07	0.09	0.10	0.06	0.09	0.26	0.27
Mobilität	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.34	0.30	0.20	0.21
Ernährung	0.19	0.18	0.20	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.18
Konsum	0.41	0.40	0.44	0.41	0.40	0.41	0.42	0.36	0.34
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Abbildung 20: Absenkpfade für die einzelnen 2000-Watt-Areale sowie die Stadt Zürich und Schweiz für die Treibhausgasemissionen

Anhang D – Berechnung der Anteile der Konsumkategorien

Im Bericht von (Jungbluth und Itten 2012) sind die Anteile aller Kategorien des Gesamtkonsums Anteilsmässig an den verschiedenen Umweltindikatoren aufgelistet. Um nur die Anteile der Konsumkategorien an im Bereich «Konsum» herauszufinden, wurden als erstes die Konsumkategorien mitsamt ihren Anteilen an dem Gesamtkonsum (hellblaue Spalte in Tabelle 18) herausgelesen. Anschliessend wurde ausgehend von dem TOTAL-Anteil an dem Gesamtkonsum, die jeweiligen Anteile der Kategorien an den 38% berechnet mittels Dreisatzes (rote Spalte in Tabelle 18).

Tabelle 18: Berechnung der Konsumaufteilung

Kategorien	PE gesamt	Anteil Konsum	THGE	Anteil Konsum
Bekleidung	2.3%	6.1%	2.8%	9.8%
Möbel und HH-waren	9.3%	24.5%	7.3%	25.4%
Kommunikation	1.2%	3.2%	1.0%	3.5%
Freizeit & Kultur	7.2%	18.9%	5.9%	20.6%
Bildung	3.6%	9.5%	2.9%	10.1%
Gastgewerbe	5.8%	15.3%	5.4%	18.8%
Verbleibende Nachfrage	8.6%	22.6%	3.4%	11.8%
TOTAL	38.0%	100.0%	28.7%	100.0%

Anhang E – Plagiatserklärung

Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urhebererschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Zürich, 23.10.2019

Unterschrift:

B. Hermus

Das Original dieses Formulars ist bei der ZHAW-Version aller abgegebenen Bachelorarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.