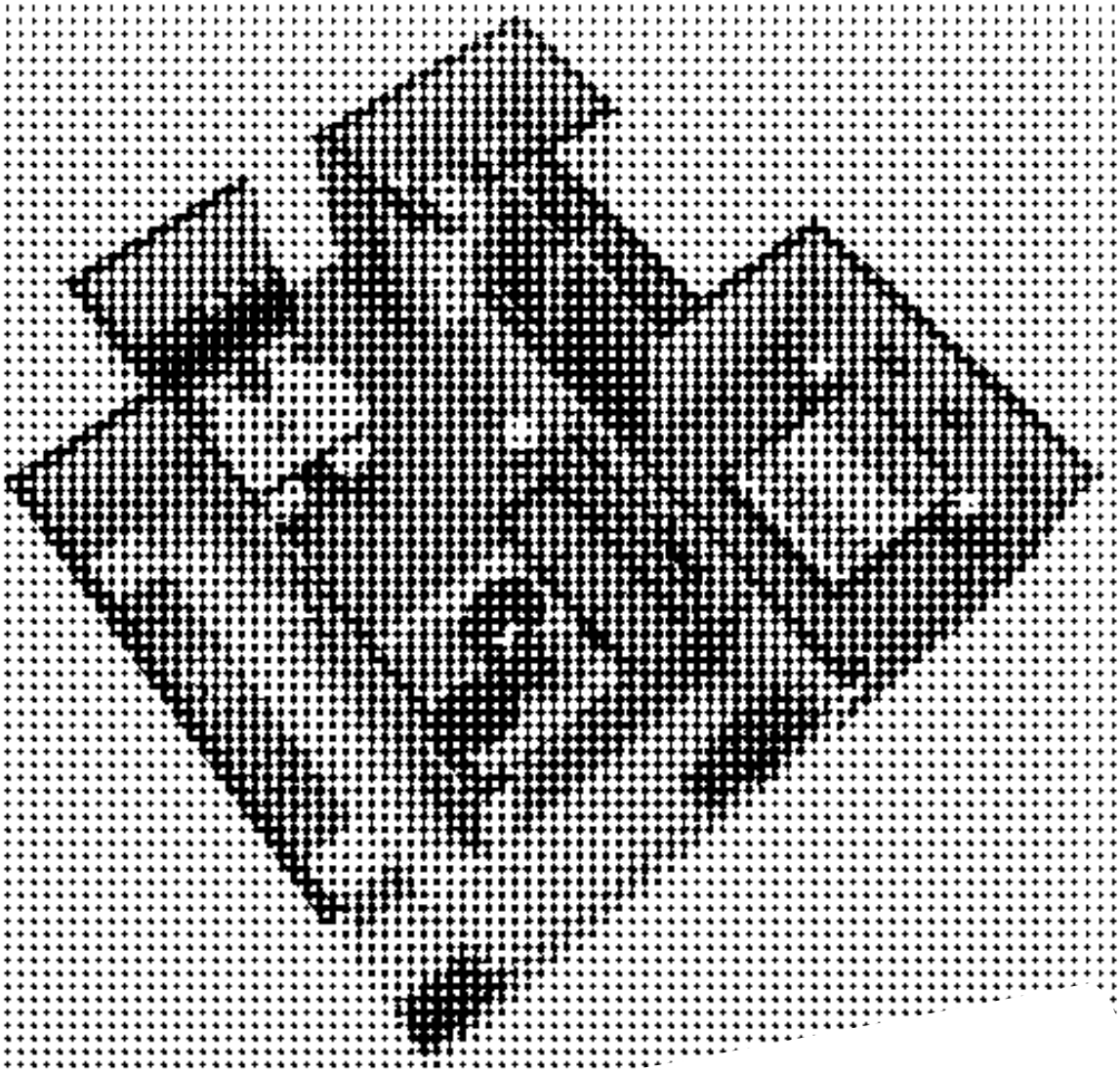
Stadt Zürich
Amt für Hochbauten

08 | 2012



Grundlagen zu einem

Suffizienzpfad Energie

Das Beispiel Wohnen

Fachstelle nachhaltiges Bauen

IMPRESSUM

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,

Amt für Hochbauten,

Fachstelle Nachhaltiges Bauen,

Annette Aumann

Dr. Heinrich Gugerli

Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21

8021 Zürich

Auftragnehmende:

Architekturbüro H.R. Preisig

Katrin Pfäffli

Schaffhauserstrasse 21, 8006 Zürich

pfaeffli@hansruedipreisig.ch

ARENA – Arbeitsgemeinschaft Energie-Alternativen

Jürg Nipkow

Schaffhauserstrasse 34, 8006 Zürich

juerg.nipkow@arena-energie.ch

Planungsbüro Jud

Stefan Schneider und Martin Hänger

Gladbachstrasse 33, 8006 Zürich

schneider@jud-ag.ch

Begleitgruppe:

Annette Aumann, Stadt Zürich, Amt für Hochbauten

Markus Feer, Stadt Zürich, Liegenschaftenverwaltung

Dr. Heinrich Gugerli, Stadt Zürich, Amt für Hochbauten

Dr. Martin Lenzlinger, SIA-Kommission 2040

Hansruedi Preisig , Architekturbüro H.R. Preisig

Franz Sprecher, Stadt Zürich, Amt für Hochbauten

Finanzierung:

Rahmenkredite Energieeffizienz und erneuerbare Energien

Download als pdf von
www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen
> Fachinformationen

Zürich, August 2012

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung ... 4
2 Grundlagen ... 7
2.1 Ausgangslage ... 7
2.2 Definition der Begriffe: Suffizienz, Effizienz und Konsistenz ... 7
2.3 Aufbau und Methodik ... 8
2.4 Zur Einordnung der Studie ... 10
3 Einfluss der Personenfläche auf den Energieverbrauch ... 11
3.1 Definition Personenfläche ... 11
3.2 Herleitung Zielwerte im SIA-Effizienzpfad ... 12
3.3 Umrechnung flächenbezogene Zielwerte bei fixen personenbezogenen Zielwerten ... 13
3.4 Auswirkungen auf die Erreichbarkeit der Zielwerte ... 13
3.5 Fazit zu Suffizienzmassnahme "variable Personenfläche" ... 17
4 Einfluss des Nutzerverhaltens im Bereich Betrieb ... 20
4.1 Einfluss des Nutzerverhaltens pro Verwendungszweck ... 20
4.2 Einflusspotenziale über alle Verwendungszwecke ... 26
4.3 Zusammenfassung Nutzereinfluss und Massnahmen ... 32
4.4 Fazit zu Suffizienzmassnahme "variables Nutzerverhalten im Betrieb" ... 33
5 Einfluss des Nutzerverhaltens im Bereich Mobilität ... 35
5.1 Abgrenzung zwischen Effizienz und Suffizienz ... 35
5.2 Einflusspotenzial des Nutzers ... 37
5.3 Potenzial von suffizientem Nutzerverhalten in der Mobilität ... 38
5.4 Einflusspotenzial der Bauherrschaft / Verwaltung (Ausstattung) ... 39
6 Einsparpotenzial durch Suffizienz ... 40
6.1 Suffizienter im Vergleich zu typischem und verschwenderischem Haushalt ... 40
6.2 Einflusspotenzial nach Akteuren und Massnahmen ... 42
6.3 Zielwerterreichung dank Suffizienz ... 44
6.4 Exkurs: Suffizienz-Potenzial bei nicht effizientem Gebäude ... 48
7 Ausblick ... 51
8 Literatur- und Quellenverzeichnis ... 53

1 Zusammenfassung

Suffizienz heisst Genügsamkeit und Zurückhaltung bei den Ansprüchen. Technische Massnahmen zur Energie- und Ressourceneinsparung bewirken in erster Linie Effizienz und Konsistenz (Nutzung erneuerbarer Energien und nachwachsender Rohstoffe, Schliessen der Stoffkreisläufe), sie erleichtern allenfalls suffizientes Verhalten. Suffizienz erfordert jedoch ein Umdenken und Verhaltensänderungen, die im Umfeld der heutigen Konsumgesellschaft mit dem grossem Wohlstand und den vielfältigen Angeboten nicht leicht fallen. In dieser Studie **werden die Konsequenzen von Suffizienz unter der Voraussetzung von bereits ausgeschöpften Möglichkeiten bezüglich Effizienz und Konsistenz betrachtet.** Untersucht wird der Beitrag der Suffizienz zur Einhaltung der Zielwerte des SIA-Effizienzpfades Energie, wobei die Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität einbezogen werden. Bei energieeffizienten Gebäuden mit einem hohem Anteil an erneuerbaren Energien ist, im Gegensatz zu älteren, gar nicht oder wenig wärmegedämmten Bauten, der Bereich Betrieb nicht Hauptverursacher des Gesamtenergieverbrauchs – Erstellung und Mobilität beanspruchen mehr als die Hälfte des gesamten Budgets. Variiert wurden die Personenfläche, das Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität.

Figur 1: Einsparpotenziale durch moderate Suffizienz nach Akteuren. Die %-Angaben beziehen sich auf Einsparungen im Vergleich zu typischem Verhalten und sind bezogen auf die Summe der Primärenergie und der Treibhausgasemissionen aus Erstellung, Betrieb und Mobilität für ein effizientes und konsistentes Gebäude, effiziente Ausstattung, Betriebseinrichtungen und Fahrzeugflotte (Neubau und Umbau)

100% = Zielwert SIA-Effizienzpfad Energie	Wohnflächenverbrauch pro Person	Betrieb Wärme, Lüftung, Beleuchtung, Haushaltgeräte, IKT, Kleingeräte	Mobilität
Erstausstattung Bauherrschaft	Einsparung durch Reduktion Standardpersonenfläche um ein Drittel (entspricht 30m² statt 45m² Wohnfläche pro Person): *15%*	Einsparung durch Wohnungsausstattung (z.B. kleinerer Kühlschrank, verbrauchsabhängige Wärmekostenabrechnung): *2-4%*	Einsparung durch Ausstattung (z.B. reduziertes Parkplatzangebot, Abgabe von Abonnementen für den öffentlichen Verkehr): *2-4%*
Betrieb Verwaltung			
Nutzerverhalten Mietende		Einsparung durch Ausstattung und Nutzerverhalten (z.B. sparsamer Warmwasserverbrauch, suffiziente Ausstattung und Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie IKT): *10-18%*	Einsparung durch Ausstattung und Nutzerverhalten (z.B. kein Personenwagenbesitz, kürzere Distanzen im Freizeitverkehr, Arbeitsweg mit öffentlichem Verkehr): *12-20%*

Die **Variation der Personenfläche** – also der pro Person beanspruchten Energiebezugsfläche – bei gleichbleibendem Energieverbrauch pro Kopf (Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft) zeigt klar: eine geringere Personenfläche erleichtert die Zielerreichung des SIA-Effizienzpfades Energie, eine grosse Personenfläche wirkt erschwerend. Mit einer Reduktion der Standardpersonenfläche (60m^2 Energiebezugsfläche, schweizerischer Durchschnitt) um einen Drittel kann bei der Primärenergie wie auch bei den Treibhausgasemissionen über alle Bereiche eine Einsparung von rund 15% erreicht werden, dies gilt für Neubauten genauso wie für Umbauten. Zusätzlich zu Effizienz und Konsistenz ist dieses Potenzial nicht zu unterschätzen. Suffizienz durch eine Verminderung der Personenfläche lässt sich von Bauherrschaften und Verwaltungen tatsächlich steuern: Im gemeinnützigen Wohnungsbau beispielsweise kann über Belegungsvorschriften lenkend eingegriffen werden. Eine kleinere Personenfläche kann selbstverständlich auch ein freiwilliger oder unfreiwilliger, z.B. durch wirtschaftliche Zwänge bewirkter Entscheid der Nutzerinnen und Nutzer sein.

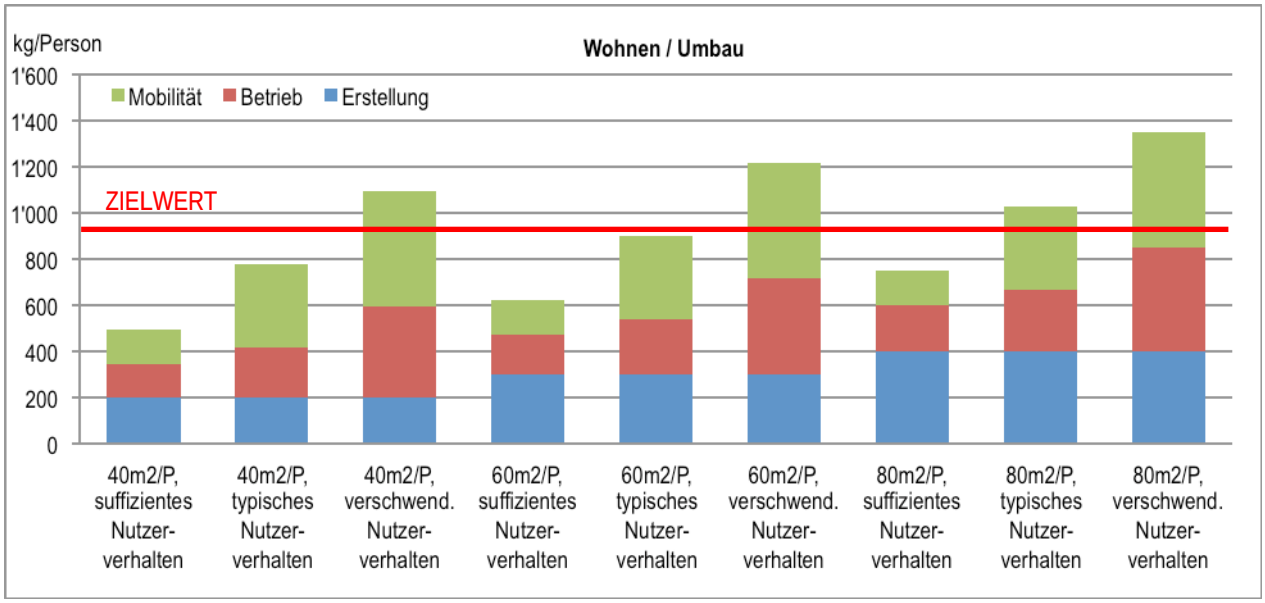
Variables Nutzerverhalten im Betrieb verändert sowohl die personenbezogenen als auch die flächenbezogenen Verbrauchswerte. Damit kann im Bereich Betrieb ein sehr grosses Potenzial erschlossen werden. Bauherrschaften und Verwaltungen können jedoch auf das Nutzerverhalten nur sehr beschränkt Einfluss nehmen, etwa indem die Ausstattung der Wohnungen auf weniger und kleinere Geräte beschränkt wird. Auch technische Massnahmen greifen wenig. Vorschriften oder Regelungen stossen bei Nutzern in der Regel auf wenig Akzeptanz. 2-4% Einsparungen an Primärenergie und Treibhausgasemissionen lassen sich durch die Wohnungsausstattung seitens Bauherrschaft und Verwaltung gegenüber dem typischen Verbrauch realisieren (100% entspricht Zielwerten SIA-Effizienzpfad Energie).

Gefordert sind hauptsächlich die Bewohnerinnen und Bewohner in ihrem alltäglichen Verhalten, bei der Beschaffung von Geräten und mit deren Umgang. Wird Effizienz und Konsistenz vorausgesetzt, so verschiebt sich die Bedeutung der einzelnen Verwendungszwecke deutlich in Richtung der stromverbrauchenden Betriebseinrichtungen und der Beleuchtung. Am grössten ist der Einfluss der Nutzerinnen und Nutzer auf den Haushaltstromverbrauch. Das Spektrum aufgrund unterschiedlichen Nutzerverhaltens ist erstaunlich: der "verschwenderische" Haushalt verbraucht gut fünf Mal soviel Strom wie der "moderat suffiziente" Haushalt. Auch beim Warmwasserverbrauch ist der Einfluss des Nutzers gross. Das Potenzial von Suffizienz ist allerdings fast in allen Bereichen kleiner, als das Potenzial für einen Mehrverbrauch durch verschwenderisches Verhalten. Das hängt unter anderem damit zusammen, dass in Normen und Regelwerken zugrunde gelegte Werte für Standardnutzungen bewusst tief angesetzt sind. Durch eine moderat suffiziente Haltung, die der Maxime "weniger ist mehr" folgt, können ohne wesentliche Komforteinbussen im Umbau wie auch Neubau bei der Primärenergie rund 18% eingespart werden. Bei den Treibhausgasemissionen sind die Einsparungen kleiner und liegen bei rund 10% (100% entspricht Zielwerten SIA-Effizienzpfad Energie).

Über **variables Nutzerverhalten in der Mobilität** kann ein grosses Potenzial erschlossen werden. Die Akzeptanz von Massnahmen zur Effizienz und solcher zur Suffizienz ist im Bereich Mobilität sehr unterschiedlich: was von den einen als Komfortgewinn geschätzt wird, wie beispielsweise das Wohnen in einer autoarmen Siedlung (verbunden mit der Möglichkeit zu Fuss, mit dem Fahrrad oder mit dem öffentlichen Verkehr die alltägliche Mobilität bewältigen zu können), bedeutet für andere ein unannehmbarer Verzicht. Suffizienz in der Alltagsmobilität wird, insbesondere in städtischen Gebieten, heute bereits gelebt und findet eine wachsende Anzahl freiwilliger Anhänger. Eine geringere Verfügbarkeit von Personenwagen, reduzierte Distanzen im alltäglichen Freizeitverkehr und konsequent mit dem öffentlichen Verkehr bewältigte Arbeitswege führen im Vergleich zu einem typischen Mobilitätsverhalten zu einer Halbierung des Primärenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Bereich Mobilität. Bezogen auf die Zielwerte des SIA-Effizienzpfades Energie ergibt sich damit ein Einsparpotenzial von 12% bei der Primärenergie und sogar 20% bei den Treibhausgasemissionen.

Eine Kombination der Potenziale aus den drei untersuchten Variablen Personenfläche, Nutzerverhalten im Betrieb und Nutzerverhalten in der Mobilität erschliesst die Bedeutung von Suffizienz: Selbst in einem effizienten und konsistenten Gebäude mit Geräten der besten Effizienzklasse lassen sich durch moderate Suffizienz der **Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen fast halbieren (-45%)**.

Figur 2: Treibhausgasemissionen pro Person bei variabler Personenfläche und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität bei einem Umbau in der Kernstadt mit sehr guter Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr.



Die Erreichung des Etappenziels der 2000-Watt-Gesellschaft wird durch Suffizienz deutlich vereinfacht. Anders gesagt: wenn alle Potenziale ausgeschöpft werden (Effizienz, Konsistenz und Suffizienz) lässt sich die 2000-Watt-Gesellschaft deutlich schneller verwirklichen, als nur mit Effizienz und Konsistenz. Dazu müssen aber alle beteiligten Akteure, also auch die Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden, ihren Beitrag leisten. Gefordert ist die zurückhaltende Inanspruchnahme von Gütern und Dienstleistungen, welche mit einem relevanten Energieverbrauch verbunden sind. Suffizienz kann nicht verordnet werden. Sie kann gefördert werden, z.B. durch Angebote von ressourcensparenden Gütern und Dienstleistungen und sie kann gelenkt werden durch Belegungsvorschriften für einzelne Wohnsiedlungen, den Verzicht auf Parkplätze bei einzelnen Siedlungen, durch Abgaben und selbstverständlich durch umfassende und stetig wiederholte Information.

In einem Exkurs werden die Folgen untersucht, wenn im Bestand auf Effizienz und Konsistenz verzichtet und nur auf moderate Suffizienz gesetzt wird. In diesem Fall können die Zielwerte des SIA Effizienzpfades nicht erreicht werden. Nichtsdestotrotz kann aber auch im nicht effizienten Bestand durch moderate Suffizienz ein sehr hohes Reduktionspotenzial bei der Primärenergie und bei den Treibhausgasemissionen von rund 40% gegenüber einer typischen Nutzung erreicht werden. Unter Berücksichtigung der Faktoren Zeit und Wirtschaftlichkeit ist dieses Potenzial von grosser Bedeutung.

Die Herleitung von Massnahmen zur Umsetzung und Motivation steht nicht im Zentrum dieser Studie. Es handelt sich hier vielmehr um eine Grundlagenarbeit: moderat suffizientes Verhalten im Wohnbereich wird erstmals konkret beschrieben und das Reduktionspotenzial an Primärenergie und Treibhausgasemissionen differenziert quantifiziert. Damit leistet diese Studie einen Schritt hin zur Versachlichung der Diskussion um Suffizienz und deren notwendiges Ausmass. Sie ermöglicht auch, die bereits geplanten und realisierten Schritte von Bauherrschaften und Verwaltungen in Richtung Suffizienz zu würdigen. Nicht zuletzt ermöglicht die Studie Nutzerinnen und Nutzern, ihr eigenes Verhalten im Vergleich zum typischen, moderat suffizienten und verschwenderischen Verhalten einzuordnen.

2 Grundlagen

2.1 Ausgangslage

Mit dem *SIA-Effizienzpfad Energie* [1] liegt ein Instrument vor, das die Zielerreichung der 2000-Watt-Gesellschaft im Gebäudebereich aufzeigt. Dabei liegt der Schwerpunkt bei der Umsetzung technischer Lösungen zu Energieeffizienz und Nutzung von erneuerbaren Energien (Effizienz und Konsistenz). Ausgeblendet bleibt das Nutzerverhalten, welches einen entscheidenden Einfluss auf die Zielerreichung hat. Es ist abzusehen, dass Suffizienz (also Genügsamkeit in der Energienutzung) in Zukunft vermehrt gefordert wird. Während bei der Energieeffizienz und Konsistenz die Parameter und der Einfluss verschiedener Massnahmen ausreichend bekannt sind, fehlen im Bereich der Suffizienz die Grundlagen weitgehend.

Dem SIA-Effizienzpfad Energie sind ein standardisierter Flächenverbrauch pro Person (Personenfläche) und ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde gelegt. Abweichungen von diesen Standardannahmen haben sehr grosse Auswirkungen auf den effektiven Energieverbrauch und auf die Erreichbarkeit der personenbezogenen Zielwerte der 2000-Watt-Gesellschaft. Es wird vermutet, dass die wichtigsten Grössen im Bereich der Suffizienz ein reduzierter Flächenverbrauch pro Person, das Nutzerverhalten im Betrieb (z.B. bezüglich Raumtemperaturen, Lüftungsverhalten, Warmwasserbedarf, Gerätedichte und -nutzung) und das Mobilitätsverhalten (zurückgelegte Distanzen, Modal-Split) sind.

In dieser Studie sollen Anhaltspunkte dafür gefunden werden, welche Reduktion an Primärenergie und Treibhausgasemissionen durch Suffizienz-Massnahmen erschlossen werden kann. Betrachtet wird ausschliesslich die Gebäudekategorie Wohnen (Neubau und Umbau).

Diese Studie stützt sich auf Normen und Merkblätter des SIA und insbesondere auch auf Arbeiten, welche im Amt für Hochbauten der Stadt Zürich zum Thema bereits erstellt wurden. Die Angaben finden sich im Literatur- und Quellenverzeichnis am Ende dieses Dokuments.

2.2 Definition der Begriffe: Suffizienz, Effizienz und Konsistenz

Suffizienz heisst Genügsamkeit, Bescheidenheit und Zurückhaltung bei den Ansprüchen an die Ressourcen (Güter und Dienstleistungen). Suffizienz ist damit nicht durch technische Massnahmen zu erreichen, sondern erfordert ein Umdenken, Verhaltensänderungen beim Individuum (gefördert zum Beispiel über einen Wertewandel in der Gesellschaft), sowie allenfalls bewusstes Sparen (sei es aus finanziellen oder aus ideologischen Gründen). Beschränkung bedeutet in der Regel auch einen gewissen Komfortverzicht, wobei das, was unter "Komfort" verstanden wird ebenfalls einem Wandel unterworfen und individuell geprägt ist. Eine Schwierigkeit in diesem Umfeld ist die Tatsache, dass die technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen in der Tendenz ständig neue Bedürfnisse erschliessen und bestehende Bedürfnisse zu Selbstverständlichkeiten werden, welche nicht mehr hinterfragt werden.

Typische Handlungsfelder für Suffizienz im Wohnbereich sind:

- Raumbedarf (Wohnfläche pro Person)
- Komfortansprüche zur Raumlufttemperatur im Winter und im Sommer
- Verwendung von Warmwasser, z.B. beim Duschen/Baden
- Beschaffung und Betrieb von Geräten

Suffizienz kann nicht verordnet werden. Sie kann teilweise gefördert werden, z.B. durch Belegungsvorschriften für einzelne Wohnsiedlungen, durch Verzicht auf Parkplätze bei einzelnen Siedlungen, durch Lenkungsabgaben etc.

Auch den Verzicht auf eine weitere, im Trend liegende Steigerung der Ansprüche, z.B. bei der Personenfläche oder den täglich zurückgelegten Distanzen, kann man als Suffizienz verstehen.

Wenn Suffizienz beim Stromverbrauch in Haushalten betrachtet wird, ist die Einflussnahme sowohl bei der Nutzung von Geräten als auch bei der Ausstattung mit Geräten möglich – dies ist insbesondere bei der Beleuchtung und den Betriebseinrichtungen relevant.

Für das Verständnis wichtig ist eine klare Unterscheidung zwischen Effizienz und Konsistenz sowie Suffizienz. Effizienzmassnahmen reduzieren den Energiebedarf, ohne die entsprechende Dienstleistungen zu beeinträchtigen und ohne dass damit ein Komfortverzicht für die Benutzer einhergeht. Es ist im Gegenteil so, dass Massnahmen zur Energieeffizienz oft zu einer Komfortsteigerung führen.

Beispiele zu Energieeffizienz:

- Gut wärmegedämmte Gebäudehülle
- Energieeffiziente Geräte und Anlagen, z.B. Heizung mit gutem Nutzungsgrad
- Energieeffiziente Haushaltgeräte, z.B. ein energieeffizienter Kühlschrank
- Energieeffiziente Beleuchtung, z.B. Energiesparlampe und LED statt Glühbirne

Konsistenzmassnahmen beinhalten die Nutzung erneuerbarer Energien und nachwachsender Rohstoffe sowie das Schliessen der Stoffkreisläufe.

Beispiele zu Konsistenz:

- Einsatz erneuerbarer Energieträger im Wärmebereich (z.B. Biogas, Holz, Umweltwärme) und bei der Elektrizität (z.B. Wasserkraft, Solar- und Windstrom)
- Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen, z.B. Holz
- Schliessen von Stoffkreisläufen durch Wiederverwendung von Bauteilen oder Nutzung von Sekundärrohstoffen, z.B. Recyclingbeton

Für diese Studie wird für die Elektrizität vom CH-Verbrauchermix ausgegangen.

Suffizienz, und mehr noch deren Gegenteil, sind Begriffe, welche in ihrer Interpretation und Ausprägung einen grossen Spielraum offen lassen. Es interessieren in der vorliegenden Studie nicht die Extreme: also etwa wie viel Energie eine Person noch brauchen würde, wenn sie quasi in einer Höhle wohnen und Licht und Wärme an einer Feuerstelle sucht. **Suffizienz wird in diesem Bericht in einer moderaten Ausprägung** verstanden. Die in diesem Bericht als *suffizient* bezeichnete Person wohnt in einer attraktiven Stadtwohnung mit etwas weniger Wohnfläche, aber ausgestattet mit Allem, was heute in der Schweiz zum üblichen Standard gehört. "Weniger ist mehr" ist ihre Einstellung, und so verzichtet sie im Alltag auf Dinge, auf welche zu verzichten auch Lebensqualität bedeuten kann. Ähnliches gilt für die gegenteilige Haltung, die in diesem Bericht als *verschwenderisch* bezeichnet wird. Auch hier wären selbstverständlich viel extremere Haltungen möglich, als in den folgenden Überlegungen zugrunde gelegt. Sowohl der suffiziente als auch der verschwenderische Haushalt, wie sie in diesem Bericht beschrieben werden, sind in der Schweiz heute Realität und keine Utopien.

2.3 Aufbau und Methodik

Die vorliegende Studie klärt und quantifiziert das Potenzial von Suffizienz in den Bereichen Erstellung (Graue Energie), Betrieb und standortabhängige Alltagsmobilität. Die methodische Grundlage bildet eine gesamtenergetische Betrachtung, wie sie im Rahmen des SIA-Effizienzpfads Energie erarbeitet wurde und welche auch den methodischen Zusammenhang zur 2000-Watt-Gesellschaft herstellt. Entscheidende Grössen bilden der Primärenergieverbrauch und die klimarelevanten Treibhausgasemissionen.

Auf der Grundlage erster Hypothesen wurde das Potenzial einzelner Massnahmen quantifiziert. Im Bereich Erstellung führen rechnerische Kontrollen gemäss Merkblatt *Graue Energie von Gebäuden* [2] zur Absicherung der Hypothesen. Im Bereich Betrieb führt insbesondere die Auswertung des typischen Stromverbrauchs in unterschiedlichen Haushalten zu einem differenzierten Bild über die Potenziale, welche – zusätzlich zu Energieeffizienz und Konsistenz – durch Suffizienz erschlossen werden können. Im Bereich Mobilität gelingt die Quantifizierung dank der im

Rahmen des Merkblatts *Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort* [3] erarbeiteten Methodik.

Auch wenn diese Studie unter dem Titel von Suffizienz steht, so wird doch auch das Potenzial eines gegenteiligen Verhaltens, nämlich eines verschwenderischen Verhaltens, beleuchtet. Massnahmen zur Motivation zu mehr Suffizienz und zur Umsetzung von Suffizienz sind nicht im Zentrum dieser Studie. Hinweise dazu finden sich in der Studie zum Nutzerverhalten [8] und im Projekt *Energieforschung Stadt Zürich* [4].

Die Untersuchungen basieren auf einem Mehrfamilienhaus an einem sehr gut mit dem öffentlichen Verkehr erschlossenen Standort in einer Kernstadt. Das Gebäude hat eine für städtische Gebiete typische Grösse und hat eine kompakte Gebäudeform. Im Bereich Erstellung erfüllt es die Richtwerte des SIA-Effizienzpfads Energie. Im Betrieb wird beim Neubau von einem Heizwärmebedarf in der Grössenordnung des Standards Minergie ausgegangen, beim Umbau von einem Heizwärmebedarf entsprechend dem Standard für Modernisieren nach Minergie. Die Wohnungen entsprechen dem heute üblichen Ausbaustandard. Sämtliche Haushaltgeräte und auch die Beleuchtung entsprechen der besten Energieeffizienzklasse. Die Bewohnerinnen und Bewohner des Gebäudes verfügen über eine durchschnittliche Wohnfläche. Ihr Mobilitätsverhalten ist für einen städtischen Standort typisch.

Kapitel 3 untersucht das Potenzial bei **variabler Personenfläche**. Es wird von einem fixen personenbezogenen Energieverbrauch ausgegangen, d.h. die Zielwerte pro Person bleiben gleich. Bei der Umrechnung auf flächenbezogene Werte spielt die Personenfläche eine zentrale Rolle. Die Auswirkungen in den einzelnen Bereichen des SIA-Effizienzpfades [1] werden erfasst.

Kapitel 4 untersucht das Potenzial bei **variablem Nutzerverhalten im Bereich Betrieb .** Die Auswirkungen des Nutzerverhaltens werden für alle Verwendungszwecke im Bereich Betrieb untersucht. Die wichtigsten Einflussgrössen werden identifiziert und ihre Sensitivität eingeschätzt. Dabei wird jeweils unterschieden zwischen Massnahmen, die im Einflussbereich von Bauherrschaften oder Verwaltungen liegen und jenen, die im Einfluss der Nutzerinnen und Nutzer liegen. Die potenziellen Reduktionen durch suffizientes Verhalten werden als prozentuale Abweichungen vom Energieverbrauch bei typischem Verhalten quantifiziert. Um das Spektrum des Energieverbrauchs aufgrund unterschiedlichen Nutzerverhaltens zu illustrieren, wird der Haushaltstromverbrauch eines typischen Zweipersonenhaushalts quantifiziert und mit dem Verbrauch bei suffizientem bzw. verschwenderischem Verhalten in Vergleich gesetzt.

Kapitel 5 untersucht das Potenzial bei **variablem Nutzerverhalten im Bereich Mobilität**. Die Abschätzung des Potenzials erfolgt hier mittels Berechnungen an Fallbeispielen mittels der Rechenhilfe SIA 2039 [3]. Als Parameter für die Einschätzung werden Distanzen und die Verkehrsmittelwahl variiert. Es handelt sich um eine grobe Abschätzung, wie sie im Rahmen dieser Studie möglich war. Für eine detaillierte und differenzierte Abschätzung wäre eine vertiefte Grundlagenstudie zwingend.

Im Kapitel 6 werden die Suffizienz-Potenziale einer **variablen Personenfläche und eines variablen Nutzerverhaltens** im Betrieb und in der Mobilität kombiniert. Um Klarheit zu schaffen, was unter einem moderat suffizienten Haushalt im Sinne dieser Studie zu verstehen ist, wird ein suffizienter, ein typischer und ein verschwenderischer Haushalt konkret beschrieben und damit fassbar gemacht. Das jeweilige Einsparpotenzial durch Suffizienz wird den Akteuren zugewiesen. Die Auswirkungen auf die Zielerreichung der 2000-Watt-Gesellschaft mit den Reduktionszielen für die Primärenergie und die Treibhausgasemissionen werden differenziert ausgewiesen.

Als kurzer Exkurs wird am Ende dieses Kapitels anhand eines Fallbeispiels auch dargelegt, wie sich die entsprechenden Massnahmen zur **Suffizienz bei einem nicht effizienten Gebäude** an einem nur durchschnittlich gut erschlossenen Standort auswirkt.

Kapitel 7 bietet einen kurzen Ausblick auf den Stellenwert von Suffizienz in der Energienutzung im Vergleich zu Effizienz und Konsistenz im Hinblick auf das Ziel, die 2000-Watt-Gesellschaft Realität werden zu lassen.

2.4 Zur Einordnung der Studie

Es sei hier noch einmal darauf hingewiesen, dass in dieser Studie Suffizienz zusätzlich zu Effizienz und Konsistenz untersucht wird. Die Auswirkungen auf die Ergebnisse dieser Studie sind gross: Bei energieeffizienten Gebäuden ist der Bereich Betrieb nicht Hauptverursacher des Energieverbrauchs – Erstellung und Mobilität übernehmen mehr als die Hälfte des gesamten Budgets. Insbesondere bei den klimarelevanten Treibhausgasemissionen ist der Betrieb in der Gesamtbetrachtung gemäss SIA-Effizienzpfad Energie (Erstellung, Betrieb und Mobilität) nur für rund 16% der Emissionen bei Neubauten und rund 30% bei Umbauten verantwortlich. Bei effizienten Gebäuden hat Suffizienz im Bereich Betrieb daher deutlich weniger Einfluss auf den Energieverbrauch als im gesamten Gebäudebestand der Schweiz. Diesem Umstand wird im Rahmen eines Exkurses an einem Fallbeispiel am Ende des Kapitels 6 Rechnung getragen. Im heutigen Gebäudebestand ist die Bereitstellung der Heizwärme für den grössten Anteil am Energieverbrauch und an den Treibhausgasemissionen (wichtigste fossile Energieträger Öl und Gas) verantwortlich.

Im Rahmen dieser Studie wird die Vorrangigkeit von Effizienz und Konsistenz vor Suffizienz begrüsst. Dies mit der Begründung, dass sich Massnahmen im Bereich der Energieeffizienz und Konsistenz weitaus leichter umsetzen lassen, als Massnahmen zur Suffizienz. Energieeffizienz und Konsistenz lassen sich im Normalfall ohne Komfortverlust realisieren und können gesetzlich über die Bauvorschriften oder über die Zulassung von Geräten und Fahrzeugen auf den Markt reguliert werden. Sie stösst auch auf Akzeptanz, insbesondere wenn die Massnahmen beispielsweise durch Fördergelder oder Ausnützungsbonus begünstigt werden. Allerdings wird die Wirkung von Effizienz-Massnahmen durch den Rebound-Effekt oft weitgehend neutralisiert. Massnahmen zur Suffizienz in der Energienutzung dagegen werden in der Regel als Komfort-Verlust wahrgenommen und appellieren an das alltägliche und individuelle Verhalten von Bewohnerinnen und Bewohnern. Hier hat ein gesetzliches Regulativ mit wesentlich grösseren Akzeptanz-Problemen zu kämpfen.

Die Kombination von Effizienz und Konsistenz mit Suffizienz ist angezeigt, weil mit der Zielsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft ein sehr ambitiöser Weg verfolgt wird. Ausgegangen wird in der 2000-Watt-Gesellschaft von Reduktionszielen bezüglich des heutigen durchschnittlichen Verbrauchs und der heutigen Emissionen in der Schweiz. Es zeigt sich, dass an einzelnen Gebäuden oder Arealen mit Effizienz und Konsistenz alleine das Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden kann. Ist dagegen der ganze Gebäudepark der Schweiz im Fokus, so ist Suffizienz zusätzlich zu Effizienz und Konsistenz unausweichlich.

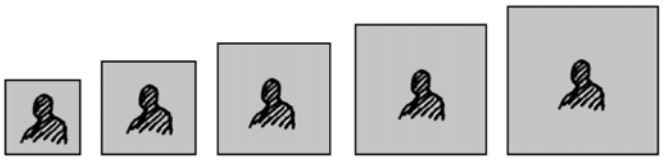
Von jenen Suffizienz-Massnahmen, die sich technisch steuern oder verordnen lassen, hat die Verminderung der Personenfläche das grösste Potenzial. Zumindest in einem klar definierten Segment des Wohnungsmarkts stehen die Mittel zur Durchsetzung dieser Suffizienz-Massnahme zur Verfügung: im gemeinnützigen Wohnungsmarkt ist eine vorgeschriebene Belegungsdichte etabliert und kann auch weitgehend kontrolliert und durchgesetzt werden. Zudem lässt sich hohe Wohnqualität nicht allein in Quadratmetern messen; auch kleinere Wohnungen können eine hervorragende Wohnqualität aufweisen. In Zukunft wird die Bereitstellung von Wohnungen mit moderater Wohnfläche und hoher Wohnqualität eine wichtige Aufgabe für Bauherrschaften, Architektinnen und Architekten sowie Planende sein. Alle weiteren, wirklich sensitiven Massnahmen im Bereich der Suffizienz sind an das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer gebunden. Hier Veränderungen herbei zu führen, stellt eine grosse Herausforderung dar.

3 Einfluss der Personenfläche auf den Energieverbrauch

Eine der wichtigsten Einflussgrössen im Bereich Suffizienz ist die Flächenbeschränkung pro Person. In der Tendenz läuft die Entwicklung auf dem Wohnungsmarkt zu immer mehr Wohnfläche pro Person. Grosszügige Wohnungen mit viel Fläche werden als ein wichtiges Verkaufsargument betrachtet. Unterstützt wird der wachsende Wohnflächenverbrauch aber auch durch eine immer kleinere Belegungsdichte: während früher die Faustregel "eine Person pro Zimmer" gut zutraf, ist heute eine deutlich geringere Belegung die Regel.

3.1 Definition Personenfläche

Unter Personenfläche wird in dieser Studie die Anzahl Personen bezogen auf die Energiebezugsfläche verstanden. Im gemeinnützigen und genossenschaftlichen Wohnungsbau ist die Personenfläche oft kleiner als im privaten Wohnungsbau. In städtischen Gebieten ist die Personenfläche kleiner als in ländlichen Gebieten[1]. Beispiel: eine durchschnittliche 2 ½ -Zimmer-Wohnung hatte früher im genossenschaftlichen Wohnungsbau eine Wohnfläche von 50 m^2, heute sind es im genossenschaftlichen Wohnungsbau rund 60 m^2 - auf dem freien Wohnungsmarkt oft über 70 m^2. Dies führt zu einer variablen Personenfläche aufgrund unterschiedlicher Wohnungsflächen bei gleich bleibender Haushaltgrösse (Haushaltgrösse = Anzahl Personen pro Haushalt).



variable Wohnungsfläche

Eine kleinere Personenfläche kann sich auch ergeben, indem sich bei gleich bleibender Wohnungsfläche mehr Personen zu einem Haushalt zusammenschliessen (variable Haushaltgrösse). Beispiel: In einer 3-Zimmer-Wohnung wohnen in Genossenschaften mit Belegungsvorschriften im Durchschnitt 2 Personen, auf dem freien Wohnungsmarkt werden viele 3-Zimmer-Wohnungen nur von einer Person bewohnt.

variable Haushaltgrösse

Für eine gesamtenergetische Betrachtung müssen die beiden Möglichkeiten im Prinzip auseinander gehalten werden: Die Konsequenzen für den Energieverbrauch sowohl in der Erstellung wie insbesondere auch im Betrieb sind nicht ganz identisch.

Nichtsdestotrotz werden die beiden Phänomene in der Realität ein Stück weit korrelieren: Eine Wohnungsgrösse von 40 m^2 Energiebezugsfläche, also rund 30 m^2 Wohnfläche (entspricht Hauptnutzfläche HNF nach SIA 416/1), ist in einem Einzelhaushalt fast nicht zu erreichen: selbst Einzimmerwohnungen verfügen in der Regel über eine grössere Fläche. In einer Wohngemeinschaft sind aber Personenflächen von rund 30 m^2 Wohnfläche durchaus komfortabel und üblich. Dies erklärt sich über die gemeinschaftlich genutzten, und damit durch die Personenzahl teilbaren Flächen, wie Entrées, Küchen, Nasszellen, Wohn- und Esszimmer etc.

[1] Vgl. NZZ-Artikel, 31.03.2008, Steigende Flächen – geringere Belegungsdichte.

Im Folgenden wird versucht beide Szenarien im Auge zu behalten. Wo Aussagen nur für eines der beiden Szenarien gelten, ist dies bezeichnet mit der Anmerkung (variable Wohnungsfläche) oder (variable Haushaltgrösse).

3.2 Herleitung Zielwerte im SIA-Effizienzpfad

Die Zielwerte des SIA-Effizienzpfades [1] sind aus den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft abgeleitet und personenbezogen. Eine veränderte Personenfläche bedeutet keine veränderten Zielwerte, solange diese personenbezogen ausgewiesen sind. Die Zielwerte ergeben sich durch Division der Ist-Werte (im Jahr 2005) mit den Reduktionsfaktoren für das Etappenziel (im Jahr 2050) gemäss 2000-Watt-Gesellschaft.

Tabelle 1: Reduktionsfaktoren gemäss 2000-Watt-Gesellschaft, Methodikpapier oder SIA-Effizienzpfad Energie

	2005	2050	Reduktionsfaktoren
Primärenergie gesamt	6300 Watt/Person	3500 Watt/Person	1.8
Primärenergie n. ern.	5800 Watt/Person	2000 Watt/Person	2.9
Treibhausgasemissionen	8.6 Tonnen/Person	2 Tonnen /Person	4.3

Die Zielwerte des SIA-Effizienzpfades umfassen die Bereiche Erstellung, Betrieb und Alltagsmobilität und beziehen sich auf das Etappenziel 2050 unter der Annahme, dass für diese Bereiche der gleiche Anteil am Gesamtenergieverbrauch zur Verfügung steht, wie heute – nämlich knapp die Hälfte des Gesamtenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Die Zielwerte sind also "TopDown" aus den Reduktionsvorgaben der 2000-Watt-Gesellschaft abgeleitet.

Da der SIA-Effizienzpfad Energie ein Planungsinstrument ist, werden die Zielwerte nicht personenbezogen ausgewiesen, sondern flächenbezogen. Um die Umrechnung von personenbezogenen Werten gemäss 2000-Watt-Gesellschaft auf flächenbezogene Werte bewerkstelligen zu können, wird im SIA-Effizienzpfad Energie jeder Gebäudekategorie ein standardisierter Flächenverbrauch pro Person – die Personenfläche – hinterlegt. Bei der Gebäudekategorie Wohnen wird die heute durchschnittliche Personenfläche in der Schweiz von 60 m^2 Energiebezugsfläche eingesetzt.

Tabelle 2: Zielwerte flächenbezogen und personenbezogen für die Gebäudekategorie Wohnen.

Zielwerte	PE gesamt[2]	PE n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen	
WOHNEN	Neubau / Umbau	Neubau / Umbau	Neubau	Umbau
pro Person	1500 Watt/P	840 Watt/P	0.980 t/P	0.930 t/P
bei 60 m^2 / Person	790 MJ/m^2	440 MJ/m^2	16.5 kg/m^2	15.5 kg/m^2

Der durchschnittliche Flächenverbrauch von 60 m^2 Energiebezugsfläche[3] ist allen Berechnungen im SIA-Effizienzpfad Energie standardmässig hinterlegt. In der Realität können selbstverständlich ganz andere Verhältnisse auftreten. Die Belegung von Bauten ist allerdings naturgemäss einem schnellen und wenig kontrollierbaren Wandel unterworfen. Von einer vom Durchschnitt abweichenden Personenfläche dürfen eigentlich nur Bauherrschaften und Verwaltungen ausgehen, welche Belegungsvorschriften kennen und diese auch durchsetzen. Allenfalls sind auch Hauseigentümer dazu berechtigt, welche ihre Gebäude selber bewohnen. Die folgenden Ausführungen sind deshalb mit Vorsicht anzuwenden und dürfen nicht zu baulich "schlechteren" Bauten aufgrund angeblich höherer Personenbelegung führen.

[2] PE gesamt ist im SIA-Effizienzpfad Energie nicht definiert und bezieht sich auf eine andere Bilanzgrenze: erneuerbare am Standort gewonnene Energie wird eingerechnet [5]. Herleitung der obigen Werte in [6].

[3] Achtung: Die Wohnfläche (oder Hauptnutzfläche) ist deutlich kleiner als die Energiebezugsfläche da erstens Konstruktionsflächen nicht eingerechnet werden und zweitens Räume im beheizten Perimeter, aber ausserhalb der Wohnungen wie Treppenhäuser, Waschküchen, Hobbyräume zur Energiebezugsfläche dazu gehören. Die Wohnfläche ist bei Mehrfamilienhäusern rund 25-30% kleiner als die Energiebezugsfläche.

3.3 Umrechnung flächenbezogene Zielwerte bei fixen personenbezogenen Zielwerten

Die 2000-Watt-Gesellschaft geht von personenbezogenen Reduktionszielen aus. Der Flächenverbrauch pro Person wird erst durch die Umrechnung auf flächenbezogene Werte gemäss SIA-Effizienzpfad relevant. Gehen wir hier davon aus, dass der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen pro Person, unabhängig von der Personenfläche, gemäss 2000-Watt-Gesellschaft gleich gross bleiben darf, so verändern sich die flächenbezogenen Zielwerte bei variabler Personenfläche. Bei identischem Nutzerverhalten, aber unterschiedlicher Personenfläche, variieren die "TopDown"-hergeleiteten Zielwerte markant.

Tabelle 3: Zielwerte 2050, Umrechnung von 1500 Watt/Person, 840 Watt/Person und 0.98 t/Person (Neubau) bzw. 0.93 t/Person (Umbau) in flächenbezogene Werte bei variabler Personenfläche.

Zielwerte	PE gesamt MJ/m²	PE n. erneuerbar MJ/m²	Treibhausgasemissionen kg/m²	
WOHNEN	Neubau / Umbau	Neubau / Umbau	Neubau	Umbau
40 m² / P	1180	660	24.8	23.3
50 m² / P	950	528	19.8	18.6
60 m² / P	790	440	16.5	15.5
70 m² / P	680	377	14.1	13.3
80 m² / P	590	330	12.4	11.6

3.4 Auswirkungen auf die Erreichbarkeit der Zielwerte

Die Richtwerte in den Bereichen Erstellung, Betrieb und Mobilität haben orientierenden und keinesfalls verbindlichen Charakter. Die Richtwerte sind "Bottom-up" abgeleitet aus der Vorgabe "hart aber machbar", also Werte, die mit den heutigen technischen Möglichkeiten und bei guten Rahmenbedingungen zu erreichen sind. Aufsummiert entsprechen sie den Zielwerten, welche gemäss dem SIA-Effizienzpfad Energie [1] verbindlich sind.

Rein rechnerisch liessen sich auch die Richtwerte für die Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität mit dem gleichen umgekehrt proportionalen Verfahren den neuen Zielwerten zuordnen. Dies macht aber nur Sinn, wenn die Richtwerte sich tatsächlich direkt personenabhängig verhalten würden, was nur teilweise der Fall ist. An der Realität gemessene Richtwerte positionieren sich anders. Die Erreichbarkeit der Richtwerte ist **nicht** in allen drei Bereichen Erstellung, Betrieb und Mobilität direkt abhängig von der Personenfläche.

Für eine brauchbare Interpretation werden im Folgenden Hypothesen aufgestellt, wie sich die Richtwerte **bei gleich bleibendem Nutzerverhalten und Wohnstandard** aber variabler Personenfläche verändern. Daraus lassen sich Schlüsse ziehen, ob die "TopDown"-errechneten Zielwerte aus obiger Tabelle in der Realität auch erreichbar sind. Es soll die Frage beantwortet werden, ob es ebenso anspruchsvoll ist, die Zielwerte mit grösseren oder kleineren Personenflächen zu erreichen, wie mit der dem SIA-Effizienzpfad zugrunde gelegten Standardpersonenfläche.

3.4.1 Auswirkungen im Bereich Erstellung

Die Graue Energie und die Grauen Treibhausgasemissionen im Bereich Erstellung werden gemäss SIA Merkblatt *Graue Energie von Gebäuden* [2] absolut oder flächenbezogen berechnet. Für die Erstellungsenergie ist es weitgehend irrelevant, wie viele Personen pro Fläche in einem Gebäude wohnen. Insofern darf in einer ersten Näherung davon ausgegangen werden, dass die Richtwerte im Bereich Erstellung, unabhängig von der Personenbelegung, gleich bleiben.

Diese Aussage ist richtig, wenn davon ausgegangen wird, dass ein identisches Haus mit identischem Ausbaustandard von mehr oder weniger Personen bewohnt wird (variable Haushaltgrösse). Sie stimmt nur bedingt, wenn das gleiche Haus mit unterschiedlich grossen Wohneinheiten belegt wird (variable Wohnungsfläche). Für eine differenzierte Aussage müssten folgende Parameter genauer untersucht werden:

- **Nasszellen:** Wenn kleinere Wohneinheiten geplant sind (variable Wohnungsfläche) führt dies in der Regel zu mehr Nasszellenfläche pro Wohnfläche. Nasszellen sind relativ intensiv in der Erstellung, wie eine entsprechende Studie im Auftrag des BFE [7] gezeigt hat[4]. Das heisst die Erstellungsenergie pro Fläche könnte sich leicht erhöhen. Ein ähnlicher Effekt dürfte sich bei Wohnungen zeigen, die speziell für hohe Personenzahlen ausgelegt sind (variable Haushaltgrösse). Beispiel: Cluster-Wohnungen oder Wohnungen für Wohngemeinschaften, haben meist eine Nasszelle pro zwei Zimmer. In der Tendenz werden heute allgemein mehr Nasszellen angeboten, selbst kleinere Dreizimmerwohnungen haben heute neben dem Bad oft ein zusätzliches separates WC. Auch diese Tendenz führt zu grösseren Wohnungsflächen.
- **Innenwandanteil:** Wenn mehr Personen auf der gleichen Fläche leben (variable Haushaltgrösse), sind eher kleinteiligere Grundrisse die Regel, umgekehrt setzen sich offene, loftartige Grundrisse eher bei wenigen Personen pro Fläche durch. Eine hohe Personenbelegung kann damit zu einem grösseren Innenwandanteil führen und die Erstellungsenergie pro Fläche leicht erhöhen.[5]
- **Amortisationszeiten:** Wenn mehr Personen auf der gleichen Wohnfläche leben (variable Haushaltgrösse), wird die Lebensdauer von Bauteilen, insbesondere im Innenausbau tendenziell kürzer. Eine schnellere Abnutzung durch hohe Personenbelegung ist allenfalls bei den inneren Oberflächen (Wand, Bodenbelag) und bei den Haushaltgeräten festzustellen. Die Auswirkungen auf die gesamte Graue Energie eines Gebäudes dürften jedoch klein sein.[6]
- **Gemeinschaftsflächen:** Wenn eine hohe Personenbelegung vorgeschrieben ist (variable Haushaltgrösse) bzw. bewusst kleinflächige Wohnungen geplant sind (variable Wohnungsfläche), werden in Genossenschaften oft als Ausgleich Gemeinschaftsflächen angeboten, welche durch die Bewohnenden genutzt werden können. Solche Gemeinschaftsflächen sind der Energiebezugsfläche der Wohnungen zuzuschlagen und dürfen nicht einer anderen Gebäudekategorie zugeordnet werden.

Die genannten Parameter dürften allerdings weniger ins Gewicht fallen, als allgemeine Einflussgrössen wie die Grösse und Kompaktheit der Gebäude, die Bauweise oder der Anteil Unterterrainbauten. Tendenziell weisen Gebäude mit vorwiegend kleinen Wohnungen eine leicht höhere Erstellungsenergie auf als Wohnbauten mit vorwiegend grossen Wohneinheiten.

Hypothese

Die Personenfläche hat auf die flächenbezogene Erstellungsenergie einen untergeordneten Einfluss und kann vernachlässigt werden. Oder mit anderen Worten: Die personenbezogene Erstellungsenergie ist proportional zur Personenfläche.

Tabelle 4: Richtwerte gemäss SIA 2040 im Bereich Erstellung bei unterschiedlichen Personenflächen.

Richtwert Erstellung	PE gesamt MJ/m²		PE nicht erneuerbar MJ/m²		Treibhausgasemissionen kg/m²	
Wohnen	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
40 m² / P	130	80	110	60	8.5	5.0
50 m² / P	130	80	110	60	8.5	5.0
60 m² / P	130	80	110	60	8.5	5.0
70 m² / P	130	80	110	60	8.5	5.0
80 m² / P	130	80	110	60	8.5	5.0

[4] Küchen werden gemäss Merkblatt SIA 2032 vernachlässigt und Nasszellen pauschal pro Energiebezugsfläche eingegeben. Mehr Nasszellen werden sich in einer Berechnung erst abbilden, wenn Werte pro Nasszelle eingegeben werden können.
[5] In der Rechenhilfe SIA 2032 bzw. SIA 2040 ist ein fester Innenwandanteil pro Geschossfläche vorgegeben. Ein höherer Innenwandanteil würde sich nur in einer genaueren Berechnung, Phase Bauprojekt, abbilden.
[6] Die Amortisationszeiten sind gemäss Merkblatt SIA 2032 fix geregelt. Mit der heute gebräuchlichen Berechnungsmethode wird sich dies bei einer Grauenergie-Berechnung deshalb nicht abbilden.

3.4.2 Auswirkungen im Bereich Betrieb

Schwieriger gestaltet sich die Prognose beim Einfluss der Personenfläche auf den Betrieb von Gebäuden. Je nach Verwendungszweck hat die Personenfläche einen sehr unmittelbaren Einfluss auf den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen oder er ist vernachlässigbar.

Hypothesen

- **Raumwärme:** Bei gleich bleibendem Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung ist der Energiebedarf für das Heizen in einer ersten Annäherung unabhängig von der Personenfläche. Der Effekt der höheren Wärmegewinne durch Personen wird durch den höheren notwendigen Aussenluftvolumenstrom in etwa kompensiert.[7]
- **Warmwasser:** Der Warmwasserbedarf ist grundsätzlich personenabhängig. Der Warmwasserbedarf pro Person bleibt konstant. Je kleiner die Personenfläche, desto grösser wird der Warmwasserbedarf pro Fläche. Damit verhält sich der Verwendungszweck Warmwasser umgekehrt proportional zur Personenfläche.[8]
- **Hilfsenergie:** Diese ist unabhängig von der Personenbelegung.[9]
- **Lüftung:** Es wird angenommen, dass bei einer grösseren Belegungsdichte sich die Wärmegewinne durch höhere interne Lasten und die Wärmeverluste durch häufigeres Fensterlüften in etwa ausgleichen dürften (vgl. Raumwärme). Bei genauerer Betrachtung dürfte sich der Strombedarf für eine mechanische Lüftung bezogen auf die Energiebezugsfläche bei variabler Wohnungsfläche erhöhen, weil diese meist standardmässig mit dem gleichen Luftwechsel pro Raumeinheit ausgelegt werden, unabhängig von der Raumgrösse. Bei einer höheren Personenbelegung (variable Haushaltgrösse) muss theoretisch mehr Luftwechsel gewährleistet werden. Dies würde zu einem höheren Energieaufwand für den Betrieb der Lüftung führen. Praktisch wird sich dies, wenigstens bei zentralen Lüftungsanlagen, kaum so auswirken: der vorgeschriebene Luftwechsel pro Raumvolumen berücksichtigt bereits eine hohe Belegung. Bei CO_2-gesteuerten Anlagen oder bei reinen Abluftanlagen in Nasszellen, dürfte sich die höhere Belegung aber in Form eines höheren Energiebedarfs auswirken. [10]
- **Beleuchtung:** Bei kleineren Wohnungsgrössen (variable Wohnungsfläche) werden vermutlich gleich viele Leuchten gleich oft in Betrieb sein, wie bei grösseren Personenflächen. Der Strombedarf pro Fläche wird sich leicht erhöhen. Bei variabler Haushaltgrösse wird die Beleuchtung in den Wohnungen mit höherer Belegungsdichte zunehmen, da zwar nicht mehr Leuchten montiert werden, aber diese häufiger in Betrieb sind (grössere Volllaststunden). Bei der allgemeinen Beleuchtung dürfte die Veränderung vernachlässigbar sein. Vereinfacht wird angenommen, dass die Hälfte der Beleuchtungsenergie pro Person bei unterschiedlicher Belegungsdichte konstant ist, die Hälfte mit zunehmender Personenfläche abnimmt.[11]
- **Betriebseinrichtungen:** Der Elektrizitätsbedarf für die Betriebseinrichtungen ist bei gleicher Haushaltgrösse und gleichem Ausstattungsgrad personengebunden. Das heisst bei variabler Wohnungsfläche verhält sich der Strombedarf für die Betriebseinrichtungen umgekehrt proportional. Anders ist es, wenn sich die Haushaltgrösse unterscheidet: Haushaltgeräte in der

---

[7] In folgender Berechnung wird, unabhängig von der Personenfläche, ein gleich bleibender Heizwärmebedarf eingesetzt.

[8] Das stimmt bei gleich bleibender Haushaltgrösse. Bei unterschiedlicher Haushaltgrösse vermutlich nicht ganz, da gewisse Warmwasserverbraucher gleichzeitig und gemeinsam genutzt werden, z.B. Wäsche waschen, putzen. Vgl. dazu Studie *Nutzerverhalten* [8], S. 26, Zitat Portsmouth Water 2006 : "Ein Singlehaushalt konsumiert 70% mehr Wasser als die einzelnen Mitglieder eines Familienhaushalts mit vier Personen". In folgender Berechnung wird trotzdem eine umgekehrt proportionale Abhängigkeit eingesetzt.

[9] In folgender Berechnung wird, unabhängig von der Personenfläche, ein gleich bleibender Anteil Hilfsenergie eingesetzt. Im gewählten Beispiel ist eine Wärmepumpe als Wärmeerzeuger eingesetzt, die Hilfsenergie ist bei Wärmepumpen in der Arbeitszahl enthalten und wird nicht einzeln ausgewiesen.

[10] In folgender Berechnung ist, unabhängig von der Personenfläche, ein gleich bleibender Strombedarf eingesetzt. Neubau 6 MJ/m^2, Umbau: 10 MJ/m^2 gemäss SIA-Effizienzpfad Energie, Ziffer 2.3.5.3.

[11] Erste Überlegungen zum Einfluss: Allgemeinbeleuchtung kleiner Einfluss, in der Wohnung etwas grösser. Allgemeinbeleuchtung macht in einem Mehrfamilienhaus rund 25% der Beleuchtungsenergie aus.
In folgender Berechnung wird auf 50% der Beleuchtungsenergie eine proportionale Abhängigkeit eingesetzt, der Rest bleibt konstant. Umbau: In der folgenden Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Beleuchtung bei einem Umbau erneuert und auf den Standard eines Neubaus gebracht wird.

Küche und für Waschen/Trocknen sind in Haushalten mit einer grösseren Belegung in der Regel grössere Geräte und sie sind häufiger und länger in Betrieb. Der Zusammenhang ist allerdings unterproportional, da diese Apparate von mehreren Personen gemeinsam und gleichzeitig genutzt werden. Andere Betriebseinrichtungen wie HiFi-Anlagen, Kaffeemaschinen, Computer etc. sind direkt abhängig von der Personenzahl, der entsprechenden Strombedarf dürfte sich annäherungsweise umgekehrt proportional zur Personenfläche verhalten.[12]

Wenn die genannten Hypothesen zutreffen, werden sich die Default-Werte im Betrieb bei einem Neubau oder Umbau gemäss der folgenden Tabelle in Abhängigkeit der Personenfläche verändern. Bei Standardbelegung von 60m^2 pro Person sind die Default-Werte aus dem SIA-Effizienzpfad eingesetzt. Für die Umrechnung der Nutzwärme für Raumwärme und Warmwasser wurde eine Erdsonden-Wärmepumpe zu Grunde gelegt. Beim Neubau ist ein Heizwärmebedarf von 70 MJ/m^2 eingesetzt[13], beim Umbau von 100 MJ/m^2 [14]. Die Arbeitszahl der Wärmepumpe ist gemäss SIA-Effizienzpfad Energie 3.9 für Heizen und 2.0 für Warmwasser.[15]

Tabelle 5: Default-Werte gemäss SIA 2040 im Bereich Betrieb bei unterschiedlichen Personenflächen.

Wohnen	Bedarf an Endenergie für Neubau / Umbau MJ/m^2					
	Heizen	Warmwasser	Lüftung	Beleuchtung	Betriebs-einrichtungen	total
40 m^2 / P	15 / 19	38	6 / 10	15	38	112 / 120
50 m^2 / P	15 / 19	30	6 / 10	13	30	94 / 102
60 m^2 / P	15 / 19	25	6 / 10	12	25	83 / 91
70 m^2 / P	15 / 19	21	6 / 10	11	21	74 / 82
80 m^2 / P	15 / 19	19	6 / 10	11	19	70 / 78

Für die Umrechnung auf nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen wird bei dieser Ausgangslage Strom mit dem CH-Verbrauchermix eingesetzt. [16]

Tabelle 6: Richtwerte gemäss SIA 2040 im Bereich Betrieb bei unterschiedlichen Personenflächen.

Richtwert Betrieb	PE gesamt MJ/m^2		PE nicht erneuerbar MJ/m^2		Treibhausgasemissionen kg/m^2	
Wohnen	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
40 m^2 / P	422	457	294	315	4.6	4.9
50 m^2 / P	363	398	250	270	3.9	4.2
60 m^2 / P	324	359	220	241	3.4	3.7
70 m^2 / P	296	331	199	220	3.1	3.4
80 m^2 / P	275	287	183	194	2.8	3.0

[12] In folgender Berechnung wird davon ausgegangen, dass bei einem Umbau die Haushaltgeräte erneuert werden und damit die Werte für Neubau eingesetzt werden können. Ansonsten wird eine proportionale Abhängigkeit eingesetzt, obwohl die Zunahme, zumindest bei variabler Haushaltgrösse unterproportional sein wird.

[13] Bei einer Gebäudehüllzahl von 1.0 liegt der Grenzwert Qh,li bei 120 MJ/m^2, 90% des Grenzwerts bei 108 MJ/m^2. Wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut, verringert sich der Heizwärmebedarf um rund 40 MJ/m^2. Der gewählte Heizwärmebedarf für Neubau entspricht also in etwa einem Gebäude im Standard Minergie.

[14] Qh,li bei 150 MJ/m^2 (25% höher als Neubau), 90% des Grenzwerts bei 135 MJ/m^2. Bei Lüftungsanlage mit WRG Reduktion um rund 40 MJ/m^2 . Der gewählte Heizwärmebedarf entspricht etwa dem Standard für Modernisieren nach Minergie.

[15] Bemerkung: Wärmepumpe gewählt, damit ganzer Bedarf mit Elektrizität gedeckt wird und damit auch auf der Stufe Endenergie addiert werden darf.

[16] CH-Verbrauchermix: Primärenergiefaktor gesamt 3.05 plus erneuerbare, am Standort produzierte oder gewonnene Energie, Primärenergiefaktor nicht erneuerbar 2.64, Treibhausgasemissionskoeffizient 0.041 kg/MJ

3.4.3 Auswirkungen im Bereich Mobilität

Der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen in der Mobilität werden gemäss Merkblatt SIA 2039 *Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort* [3] personenbezogen berechnet. Das heisst, dass sich die Richtwerte in diesem Bereich umgekehrt proportional zur Personenfläche verhalten.

Hier ist anzumerken, dass bei der Mobilität gemäss Merkblatt SIA 2039 nicht nur der betriebliche Aufwand für die Mobilität, sondern auch die Graue Energie bzw. die Grauen Treibhausgasemissionen für die Fahrzeuge und die Verkehrsinfrastruktur enthalten sind. Während der betriebliche Aufwand und wohl auch die Graue Energie für die Fahrzeuge sich klar personenbezogen berechnen und rechtfertigen lassen, ist dies bei der Verkehrsinfrastruktur nicht ganz einsichtig: Wenn mehr Leute auf engerem Raum zusammen wohnen, muss weniger Strasseninfrastruktur gebaut werden. Das betrifft aber nur die Quartiererschliessung, also nur einen kleinen Teil der Strasseninfrastruktur, die wiederum bei den Personenwagen (Flotte 2050) nur etwas mehr als ein Viertel der gesamten Mobilitätsenergie ausmacht. Der Effekt kann daher vernachlässigt werden.

Hypothesen

- Der Energieverbrauch für die Mobilität pro Person ist unabhängig von der Personenfläche. Die Personenfläche hat aber einen direkten Einfluss auf die flächenbezogenen Richtwerte in der Mobilität und zwar umgekehrt proportional. Das heisst, bei gleichem Mobilitätsverhalten der Personen ist der flächenbezogene Richtwert Mobilität bei hoher Belegungsdichte grösser, bei kleiner Belegungsdichte niedriger.
- Bei variabler Haushaltgrösse, dürfte sich diese Hypothese etwas relativieren: wenn sich mehr Personen einen Haushalt teilen, werden sie zumindest für einen Teil der Wege auch einen Personenwagen teilen.[17]

Tabelle 7: Richtwerte gemäss SIA 2040 im Bereich Mobilität bei unterschiedlichen Personenflächen.

Richtwert Mobilität	PE gesamt MJ/m²	PE nicht erneuerbar MJ/m²	Treibhausgasemissionen kg/m²
WOHNEN	Neubau / Umbau	Neubau / Umbau	Neubau / Umbau
40 m² / P	225	195	8.3
50 m² / P	180	156	6.6
60 m² / P	150	130	5.5
70 m² / P	129	111	4.7
80 m² / P	113	98	4.1

3.5 Fazit zu Suffizienzmassnahme "variable Personenfläche"

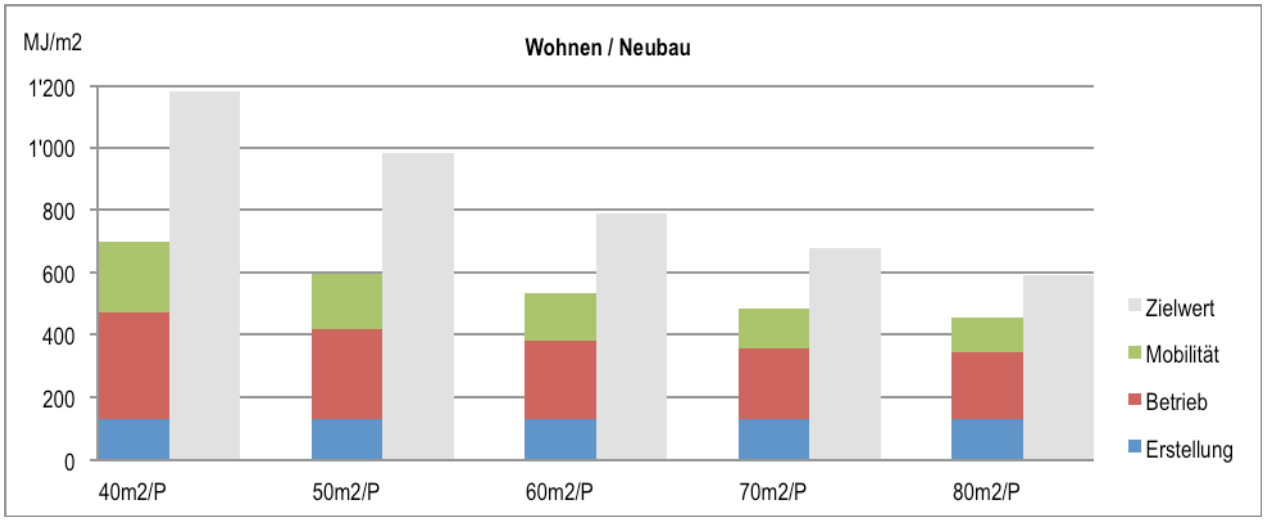
In den folgenden Darstellungen wird ausschliesslich die Personenfläche variiert, das Gebäude, die Ausstattung und das Nutzerverhalten der darin wohnenden Personen bleiben gleich.

Fazit 1: Die Primärenergie gesamt ist in keinem Fall beschränkend, auch wenn auf eine hohe Personenfläche von 80m² umgestellt wird und zwar weder beim Umbau noch beim Neubau. Bei der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen zeigen sich deutliche Unterschiede in der Erreichbarkeit der Zielwerte abhängig von der Personenfläche.

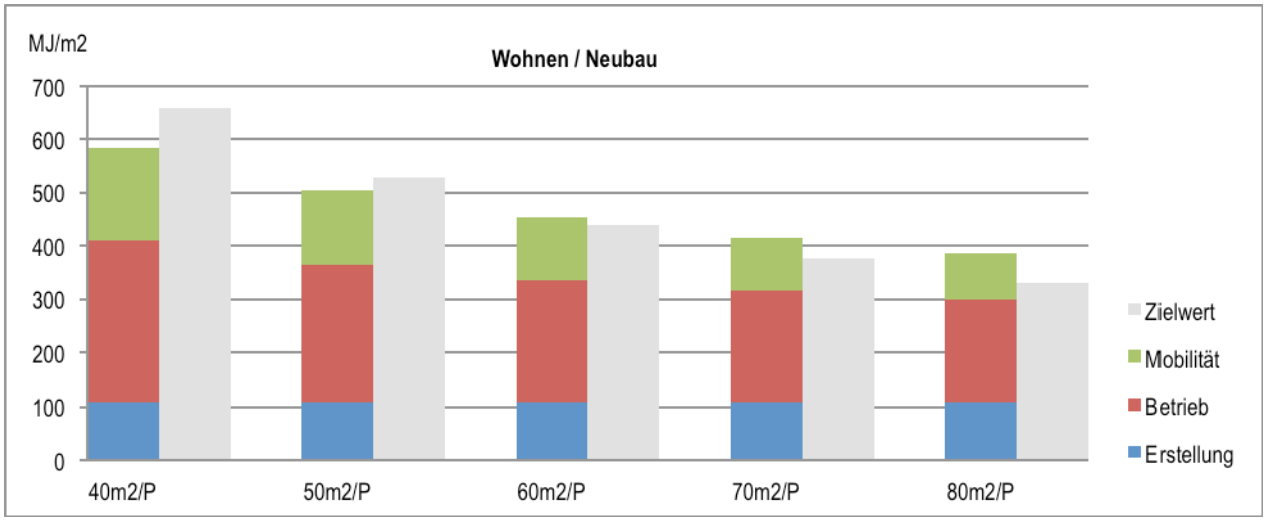
Fazit 2: Der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen pro Fläche sind desto grösser, je kleiner der Wohnflächenverbrauch pro Person ist. Bei der Interpretation von effektiven Messresultaten muss dies zwingend beachtet werden. Rückschlüsse auf das Nutzerverhalten sind allein aufgrund von flächenbezogenen Messwerten nicht möglich.

[17] Bei folgender Berechnung wird von einem umgekehrt proportionalen Einfluss der Personenfläche auf die Mobilität ausgegangen.

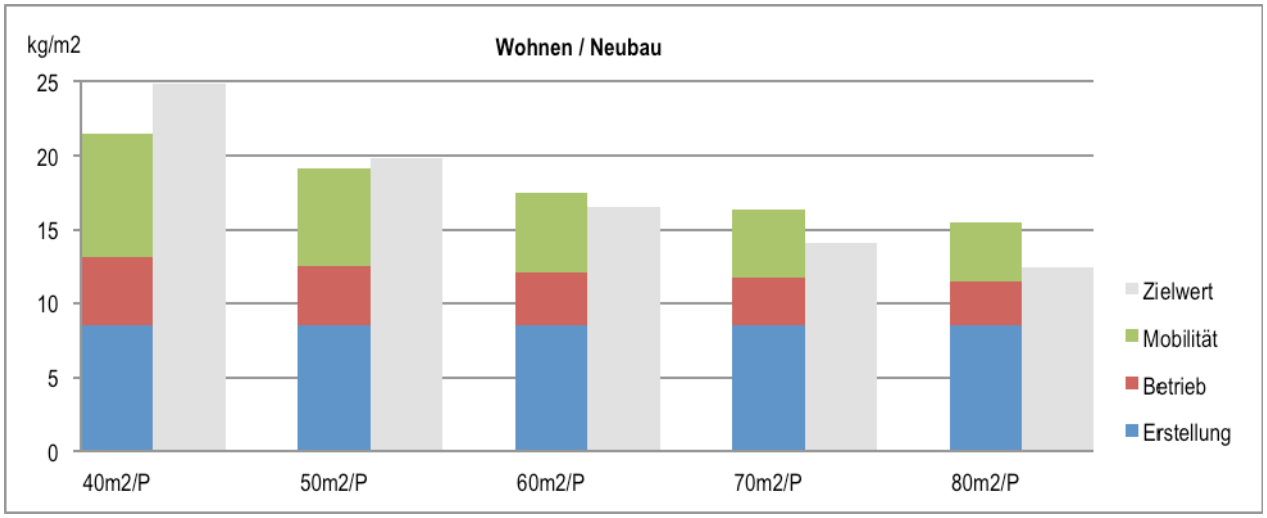
Figur 3: Einfluss einer variablen Personenfläche in einem energieeffizienten Gebäude auf die Primärenergie gesamt



Figur 4: Einfluss einer variablen Personenfläche in einem energieeffizienten Gebäude auf die Primärenergie nicht erneuerbar



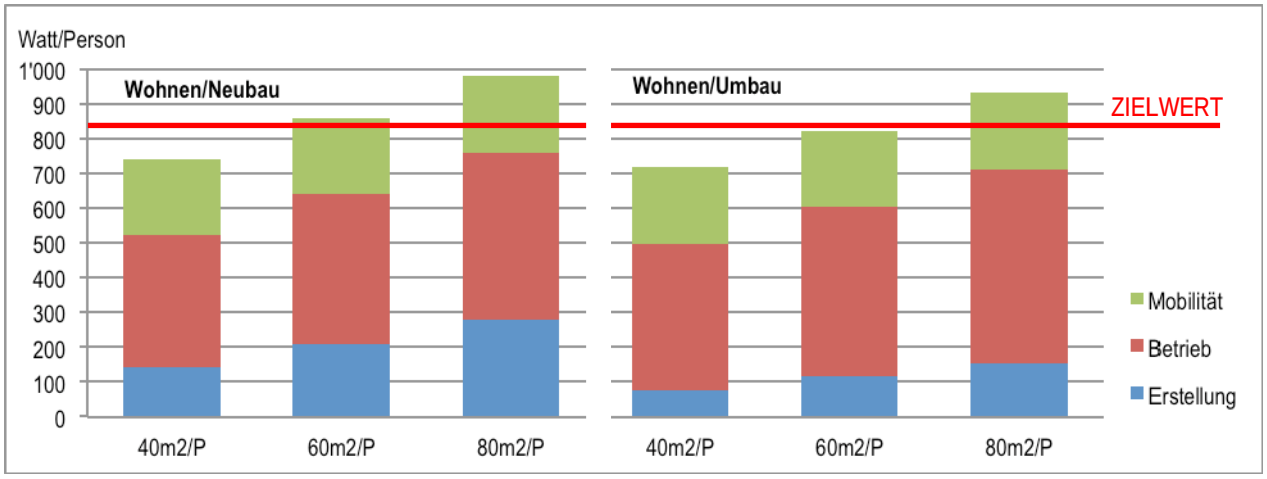
Figur 5: Einfluss einer variablen Personenfläche in einem energieeffizienten Gebäude auf die Treibhausgasemissionen



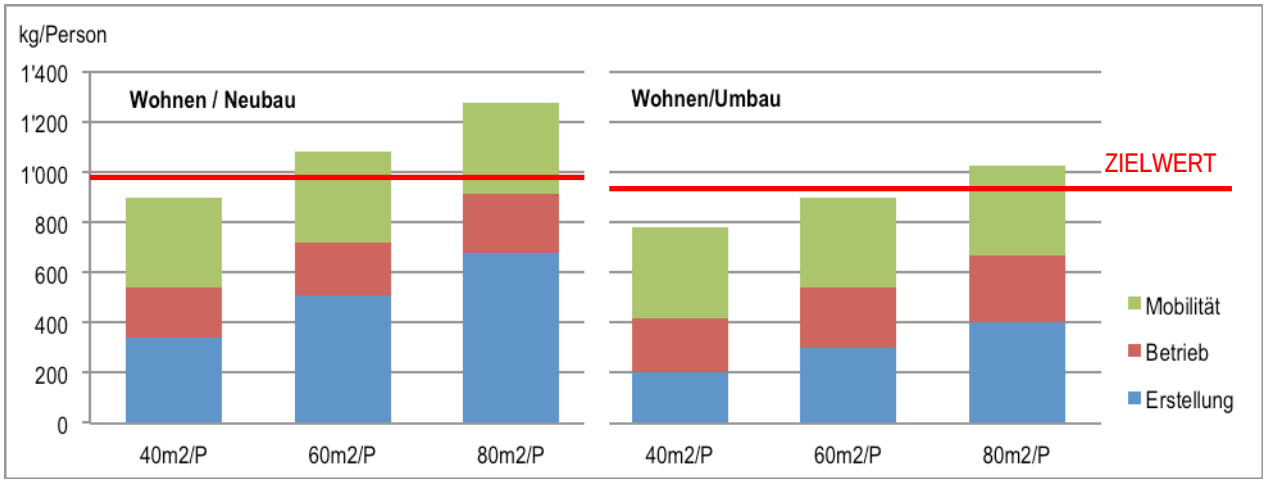
Fazit 3: Wird der Betrachtung ein gleichbleibendes Budget für den Energieverbrauch pro Kopf zugrunde gelegt, wie dies dem Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft entspricht, so ist sofort ersichtlich: eine geringere Personenfläche erleichtert die Zielerreichung, eine grosse Personenfläche erschwert die Zielerreichung. Bei einer um einen Drittel reduzierten Personenfläche werden

der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen pro Kopf um rund 15% reduziert. Das Gebäude, die Ausstattung und das Nutzerverhalten der Personen bleiben dabei unverändert.

Figur 6: Einfluss einer variablen Personenfläche auf die mittlere jährliche Leistung der Primärenergie nicht erneuerbar bei einem effizienten Wohngebäude und durchschnittlichem Nutzerverhalten.



Figur 7: Einfluss einer variablen Personenfläche auf die Treibhausgasemissionen bei einem effizienten Wohngebäude bei durchschnittlichem Nutzerverhalten.



Fazit 4: Was sich schon im SIA-Effizienzpfad Energie deutlich abzeichnete bestätigt sich auch in dieser Studie: Umbauten erreichen die Zielwerte mit weniger Aufwand als Neubauten. Da der durchschnittliche Wohnflächenverbrauch pro Person in den vergangenen Jahren stetig anstieg weisen ältere Bauten in der Tendenz einen kleineren Wohnflächenverbrauch auf als Neubauten. Dies bedeutet bei einer variablen Personenfläche eine weitere Erleichterung der Zielerreichung für Umbauten im Vergleich zu Neubauten.

Für die Zielerreichung bedeutet dies folgendes:

- Bei **40 m^2 Personenfläche** werden die Zielwerte problemlos erreicht. Auch kleinere und nicht kompakte Baukörper, Gebäude mit einem höheren Heizwärmebedarf oder Gebäude an einem im Bezug auf die Mobilität weniger günstigen Standort können die Zielwerte erreichen.
- Bei **60 m^2 Personenfläche** werden die Zielwerte im Umbau erreicht. Bei Neubauten ist die Zielwerterreichung mit zusätzlichen Massnahmen möglich (z.B. tieferer Heizwärmebedarf, Produktion erneuerbarer Energie im Bilanzperimeter).
- Bei **80 m^2 Personenfläche** gelingt die Zielwerterreichung beim Neubau kaum. Nicht einmal ein Gebäude mit einer Nullbilanz im Betrieb erreicht den Zielwert bei den Treibhausgasemissionen. Ein Umbau könnte als Nullheizenergiehaus die Zielwerte allenfalls erreichen.

4 Einfluss des Nutzerverhaltens im Bereich Betrieb

In der Studie *Nutzerverhalten beim Wohnen* [8] werden die Hintergründe von suffizientem Verhalten und mögliche Massnahmen zur Unterstützung von Suffizienz ausführlich beleuchtet. Die Untersuchung dieser Aspekte ist auch im Programm *Energieforschung Stadt Zürich, Themenbereich Haushalte* [4], geplant.

Die Betrachtung des Nutzerverhaltens zeigt, dass gerade im Hinblick auf Neubauten, aber auch bei der Erneuerung insbesondere von Gebäudetechnikanlagen, Forschungsbedarf besteht und neue Anforderungen an Steuerungssysteme für Raumkomfort und Betriebseinrichtungen zu definieren sind.

4.1 Einfluss des Nutzerverhaltens pro Verwendungszweck

Die folgenden Ausführungen gehen dem Einfluss des Nutzerverhaltens in jedem Verwendungszweck nach und quantifizieren wie sich unterschiedliches Nutzerverhalten auswirkt.

Umbau und Neubau werden gleichwertig behandelt. Abweichungen geben sich bei der Raumwärme, bei der davon ausgegangen wird, dass der Heizwärmebedarf bei einem Umbau rund 40% höher ist, als bei einem Neubau[18], bei welchem die Gebäudehülle mit all ihren Anschlüssen optimiert werden kann. Abweichungen ergeben sich auch bei der Lüftung, die in einem Umbau normalerweise nicht ganz so einfach und effizient eingebaut werden kann wie bei einem Neubau. Bei der Beleuchtung und den Betriebseinrichtungen wird davon ausgegangen, dass sowohl beim Neubau als auch beim Umbau effiziente Leuchten und Geräte eingesetzt werden können.

4.1.1 Nutzerverhalten Raumwärme

Gemäss der Norm SIA 380/1 *Thermische Energie im Hochbau* [9] wird der Heizwärmebedarf bei einer Standardtemperatur von 20°C berechnet[19]. In der Realität sind Abweichungen von der Standardraumtemperatur, insbesondere gegen oben, sehr häufig. Sie haben prozentual einen umso grösseren Einfluss auf den Heizwärmebedarf je kleiner dieser ist. Die bekannte Regel "6.5% pro Grad" trifft für ältere Bauten zu, ist aber bei neueren Gebäuden mit besserer Wärmedämmung oder gar MINERGIE-P Standard nicht zutreffend.

Tabelle 8: Prozentuale Veränderung des Heizwärmebedarfs gemäss SIA 380/1 aufgrund Abweichungen von der Standardraumtemperatur in Abhängigkeit vom Wärmedämmstandard des Gebäudes [10].

Wärmedämmniveau	Veränderung des Heizwärmebedarfs
Altbau bis ca. 1980, energetisch unsaniert	+/- 6.5 % pro K
Grenzwerte SIA 380/1 Ausgabe 2001	+/- 11,0 % pro K
Grenzwerte SIA 380/1 Ausgabe 2009	+/- 11,5 % pro K
Zielwerte SIA 380/1 Ausgabe 2009	+/- 13,0 % pro K

Bei gut wärmegedämmten Gebäuden decken die Sonneneinstrahlung und die internen Lasten einen wesentlichen Teil des Heizwärmebedarfs. Die Ausnützung bzw. Abschirmung der Sonneneinstrahlung hängt direkt mit dem Nutzerverhalten zusammen. Dies gilt natürlich auch für die internen Lasten (Stichworte: Kochen, Beleuchtung, sonstiger Geräteeinsatz), obwohl diese auch stark von den entsprechenden Geräten selber abhängen: sehr sparsame Geräte geben wenig Wärme ab.

[18] Wie in Kapitel 3 bereits eingeführt, wird beim Neubau von einem effektiven Heizwärmebedarf von 70 MJ/m^2 und beim Umbau von einem effektiven Heizwärmebedarf von 100 MJ/m^2 ausgegangen. Vgl auch Fussnoten 13 und 14.
[19] Gemäss SIA 380/1 ist 20°C der räumliche und zeitliche Durchschnitt über den gesamten beheizten Perimeter. In bewohnten Räumen gilt 21.5°C als Vorgabe.

Für viele Nutzerinnen und Nutzer ist der Einfluss der internen Lasten auf den Wärmehaushalt ihres Gebäudes nicht klar. Selbst Fachleute stellen manchmal erstaunt fest, dass ein Gebäude viel weniger Heizenergie braucht als berechnet – sie vergessen, dass die Nutzer unabsichtlich einen wesentlichen Teil der Differenz durch ihre internen Lasten liefern. Die Berechnungen gehen von durchschnittlichen bis eher tiefen internen Lasten aus. Die Auswirkungen unterschiedlicher interner Lasten sind vielfältig:

- Das Heizleistungsangebot muss auch bei kleinen internen Lasten ausreichen, was bei mittleren und höheren Lasten ein Überheizen bewirken kann.
- Der effektive Wärmebedarf eines Gebäudes kann aufgrund der internen Lasten und solarer Gewinne wesentlich vom berechneten Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1 abweichen.
- Hohe interne Lasten können den Ruf nach einer technischen Kühlung auslösen, insbesondere wenn die Nutzerinnen und Nutzer aufgrund von Unkenntnis, weil sie sich nicht zuständig fühlen oder aufgrund baulich-technischer Hindernisse wenig zur Kühlhaltung beitragen.

Einflussnahme über die Technik

Von zentraler Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, wie Nutzerinnen und Nutzer auf die Raumtemperatur-Regelung Einfluss nehmen können. Klassische Thermostatventile sind einfach zu bedienen, da sie nur einmal auf die im Raum gewünschte Temperatur eingestellt werden müssen. Sie ermöglichen aber auch die Raumtemperatur nach Belieben auf die eigenen Bedürfnisse anzupassen. Da sie nur bei Radiatoren am Heizkörper montiert werden können, sind sie vor allem in älteren Gebäuden mit hohen Vorlauftemperaturen anzutreffen. Bei gut gedämmten Gebäuden mit Fussbodenheizung sind Einzelraumregler eher selten, die Regelung ist naturgemäss träge. Bei kurzzeitig anfallenden internen Lasten und solaren Gewinnen sind diese Systeme zu träge, d.h. trotz zu hoher Raumtemperatur wird noch eine Zeit lang Wärme zugeführt.

Eine Einflussnahme ist auch über die individuelle Heizkostenabrechnung möglich. Um eine Wirkung erreichen zu können muss sie allerdings für Nutzerinnen und Nutzer verständlich und nachvollziehbar sein und wenn möglich auch zeitnah auf die Heizperiode erfolgen. Wirksamer könnte eine kurzfristige Rückmeldung zum individuellen Heizwärmeverbrauch sein. Bisher sind dazu allerdings weder Erfassungs- noch Auswertungsverfahren bekannt.

In gut wärmegedämmten Gebäuden ist eine relativ kompetente Nutzer-Aktivität nötig, um die sommerliche Überwärmung in Grenzen zu halten. Ein funktionstüchtiger sommerlicher Wärmeschutz, der einfach zu bedienen ist, ist zwingende Voraussetzung. Allenfalls ist eine automatische Regelung des Sonnenschutzes nützlich.

Abschätzung des Einflusspotenzials

Wenn die Heizanlage die Leistung hergibt, ist gegenüber einer Raumtemperatur von 21.5°C eine Abweichung nach oben bis 2K häufig. Nach unten ist eine Abweichung von 1 - 2K möglich, aber wenig wahrscheinlich. Heutige Bekleidungsgewohnheiten fördern den Bedarf nach höheren Raumtemperaturen. In Verbrauchsabrechnungen werden Unterschiede der Heizwärmeverbräuche bis Faktor 3 in vergleichbaren Wohnungen bzw. Gebäuden gemessen.

Wird der gemäss Standardnutzung berechnete Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 als 100% angenommen, so dürfte das Potenzial für Suffizienz beim Nutzerverhalten im Verwendungszweck Raumwärme nahezu bei Null liegen: Der Berechnung ist bereits ein "ideales Verhalten" zugrunde gelegt (21,5°C Raumtemperatur, kurzes Stosslüften). Das Potenzial eines ungünstigen Nutzerverhaltens dagegen ist hoch: Durch zu hohe Raumlufttemperaturen und falschen Umgang mit internen Lasten und solaren Gewinnen kann die Abweichung vom standardmässig berechneten Wert grob auf +25% geschätzt werden.

4.1.2 Nutzerverhalten Lüftung (Luftwechsel)

Der Zusammenhang zwischen der physikalischen Luftqualität (CO_2, Feuchte, Gerüche) und dem subjektiven Wohlbefinden ist noch weniger eindeutig als bei der Raumtemperatur. Das Empfinden "schlechter Luft" hängt mit vielen nicht-physikalischen Bedingungen zusammen, etwa mit der

Stimmung und dem momentanen Umfeld. So können bekanntlich in einer "stickigen" Berghütte die Stimmung und das Wohnbefinden sehr gut sein, trotz objektiv schlechter Luftqualität. Ähnlich kann in grossen Räumen ein sehr kleiner Luftwechsel für das Wohlbefinden ausreichen. Andererseits ist bei kontrollierter Lüftung der mit beträchtlichem Energieeinsatz aufrechterhaltene Luftwechsel häufig viel zu gross, da er oft nicht auf den tatsächlichen Schadstoffgehalt reagiert.

Je besser Gebäude wärmegedämmt sind, desto bedeutender wird der Einfluss des Luftwechsels für den Energieverbrauch. Theoretisch bestehen bedeutende Sparpotenziale. Diese durchzusetzen ist nicht einfach:

- Offene Kippfenster: Meist in Bad, Küche und nachts in Schlafzimmern. Nur bei ausreichend zur Verfügung stehender Heizleistung bleibt im Winter eine komfortable Raumtemperatur gewährleistet, d.h. wenn die Vorlauftemperatur etwas zu hoch eingestellt ist. Da diese Dauerlüftung bequemer ist als wiederholtes Stosslüften, ist es nicht einfach, dagegen vorzugehen.
- Bei geringer Wärmedämmung der Gebäude und insbesondere bei vorhandenen Wärmebrücken besteht die Gefahr von Schimmelbildung aufgrund zu hoher Feuchte an den kritischen Stellen. Gebäudebesitzer und Verwaltungen bekämpfen dieses Risiko lieber durch Lüftungshinweise und durch Überheizen, als durch eine kostspieligere Fassadendämmung.

Einflussnahme über die Technik

Der Einbau von mechanischen Lüftungsanlagen macht das aktive Lüften über geöffnete Fenster unnötig und vermindert dank Wärmerückgewinnung auch ein zu starkes Auskühlen der Räume trotz kontinuierlichem Luftwechsel. Trotzdem bleiben im Winter in manchen Wohnungen die Fenster über längere Zeit geöffnet. Teilweise wird heute auf den Einbau von Kippbeschlägen verzichtet, um dies zu verhindern.

Um den Luftwechsel in Gebäuden dem tatsächlichen Bedarf anzupassen, fehlen heute einfache und kostengünstige technische Hilfsmittel. Hier wäre einerseits Forschung bezüglich Bedarfsermittlung und andrerseits technische Entwicklung kostengünstiger Regelungsgeräte nötig.

Abschätzung des Einflusspotenzials

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1 geht von einem idealen Nutzerverhalten beim Lüften aus: nur kurzes Stosslüften, keine über längere Zeit offen stehende Kippfenster. Der Einfluss der Nutzerin und des Nutzers kann deshalb gegenüber dem berechneten Wert eigentlich nur negativ sein. Das Suffizienz-Potenzial tendiert gegen Null. Das Potenzial, durch falsches Lüftungsverhalten z.B. ständig offene Kippfenster den Heizwärmeverbrauch zu erhöhen, liegt bei rund 20 MJ/m^2.[20]

4.1.3 Nutzerverhalten Warmwasser

Noch mehr als bei der Raumwärme ist der effektive Warmwasserverbrauch vom individuellen Nutzerverhalten abhängig, da kaum Beschränkungen nach oben möglich sind (ausser Speicher- bzw. Ladekapazität).

Warmwasser wird bei folgenden Vorgängen verbraucht:

- In der Küche für das Geschirrspülen und Putzen
- Im Badezimmer für die Körperpflege und Putzen
- In der Waschküche für das Waschen und Putzen. Waschmaschinen ohne Warmwasseranschluss erwärmen das Wasser elektrisch im Gerät. Dieser Bedarf wird deshalb nicht zum Warmwasserbedarf gerechnet.

Der grösste Verbrauch an Warmwasser geht auf das Konto der Körperpflege.

[20] Während bei Gebäuden ohne Lüftungsanlage von einem thermisch wirksamen Aussenluftvolumenstrom um 0.7m^3/m^2 h ausgegangen wird, kann dieser durch eine Lüftungsanlage auf rund 0.3m^3/m^2 h reduziert werden. Dies bewirkt bei einem Wohngebäude mit Lüftungsanlage und Wärmerückgewinnung eine Reduktion des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1 um rund 40MJ/m^2. In einer ersten groben Annahme wird davon ausgegangen, dass ständig geöffnete Kippflügel den Luftwechsel und damit auch den Heizwärmebedarf um mindestens 20MJ/m^2 erhöhen.

Einflussnahme über die Technik

Auch hier sind einige Massnahmen zu Förderung der Suffizienz verfügbar und grundsätzlich bewährt:

- Verbrauchsabhängige Warmwasser-Kostenabrechnung. Diese ist bei Neubauten bzw. Neu-Anlagen ab 4 bis 7 Bezügern gesetzlich vorgeschrieben (kantonal unterschiedlich). Bei tiefen Energiekosten und nur jährlicher Rückmeldung anlässlich der Nebenkostenabrechnung dürfte die Wirksamkeit beschränkt sein. Zusätzliches Potenzial liegt in einer zweckmässigen, das heisst auch zeitnahen Kommunikation, analog zum Stromverbrauch (Smart Metering).
- Spar-Armaturen: Spar-Armaturen begrenzen den maximalen Durchfluss, "Bremse" bei Temperatur- und Volumenstrom-Einstellung, optische Mittelstellung = kalt. Es gibt seit 2011 eine CH-Energie-Etikette für Warmwasser-Armaturen, welche diese Funktionen honoriert. Allerdings liefern A-Klasse Duschbrausen mit 6 Liter/Minute bei 3 bar unter Umständen ungenügend Wasser zum Haare spülen. Man könnte dies als halbfreiwillige Suffizienz bezeichnen.

Abschätzung des Einflusspotenzials

Bei Mehrfamilienhäusern wird von einem Wärmebedarf für Warmwasser von rund 50 MJ/m^2 ausgegangen[21]. Auch hier ist ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde gelegt. Abweichungen von diesen Werten durch entsprechendes suffizientes oder verschwenderisches Verhalten sind gross. Es darf davon ausgegangen werden, dass diese im Bereich von -40% bzw. +80% liegen.

4.1.4 Nutzerverhalten Beleuchtung

Die Beleuchtung in Wohnbauten lässt sich in drei Kategorien unterteilen: die Allgemeinbeleuchtung (z.B. im Treppenhaus, Keller, Estrich und in der Tiefgarage), die innerhalb der Wohnungen bauseits installierten Leuchten in Badezimmern, Entrées und teilweise in Küchen sowie als dritte Kategorie die innerhalb der Wohnungen individuell von den Nutzerinnen und Nutzern installierte bzw. steckbare Beleuchtung. Die Allgemeinbeleuchtung macht rund 25% des gesamten Stromverbrauchs für die Beleuchtung aus. Auf diesen Teil der Beleuchtung haben Nutzer einen marginalen Einfluss: die Leuchtkörper werden von der Verwaltung montiert und insbesondere bei neueren Wohnbauten oft über Präsenz- bzw. Bewegungsmelder oder durch Schaltuhren bzw. schalten per Leitsystem gesteuert. Der Einfluss der Nutzerinnen und Nutzer auf den Energieverbrauch der Beleuchtung innerhalb der Wohnungen ist dagegen gross und von drei Faktoren abhängig:

- der elektrischen Leistungsaufnahme der Leuchten (Angabe in Watt)
- der Anzahl installierter Leuchten
- der Dauer und Gleichzeitigkeit während deren diese Leuchten brennen (Volllaststunden).

Die Leistung der Leuchten (erster Faktor) wird heute mehr und mehr gesetzlich geregelt, indem die alten Glühbirnen vom Markt genommen werden. Dabei handelt sich klar um eine Energieeffizienz-Massnahme und nicht um Suffizienz. Die Anzahl installierter Leuchten (zweiter Faktor) ist bei der Allgemeinbeleuchtung in der Kompetenz der Bauherrschaft und Verwaltung, bei der sonstigen Beleuchtung innerhalb der Wohnung dem Nutzer und der Nutzerin überlassen. Im Vergleich zwischen zwei identischen Wohnungen ist problemlos eine Verdoppelung der installierten Leuchtkörper denkbar. Beleuchtungskonzepte zur Erzeugung einer bestimmten Raumstimmung gehören heute zum Trend und lösen das früher übliche Konzept "eine Deckenlampe pro Raum und im Schlafzimmer und Wohnzimmer zusätzlich eine Leselampe" zugunsten vielfältiger, oft auch indirekt leuchtender Beleuchtungskörper ab. Die Betriebsdauer (dritter Faktor) ist ein typischer und altbekannter Sparfaktor. Während die Betriebsdauer bei der Allgemeinbeleuchtung über technische Massnahmen geregelt werden kann, ist bei der sonstigen Beleuchtung innerhalb der Wohnung allein die Nutzerin oder der Nutzer zuständig.

[21] Wert gemäss SIA 2040 und abgeleitet aus SIA 385/2 (in Vernehmlassung). In der Norm SIA 380/1 wird dieser noch mit 75 MJ/m^2 angegeben. Der Wert versteht sich ohne Zirkulationsverluste.

Einflussnahme über die Technik

"Licht löschen!": einer der ältesten Spartipps. Die reale Wirkung ist abhängig vom Energiebewusstsein der Nutzerinnen und Nutzer. Im Nichtwohnbereich haben sich verschiedene Hilfsmittel zum Beleuchtungsstrom sparen bewährt. Es zeigt sich: Wenn niemand verantwortlich ist, wird nicht abgeschaltet (Verkehrsflächen, Keller, etc.):

- Präsenz- bzw. Bewegungsmelder
- Schaltuhren bzw. schalten per Leitsystem
- Tageslichtsteuerung bzw. –regelung

Bei Wohnbauten sind die beiden erstgenannten Massnahmen in Treppenhäusern und z.T. weiteren Flächen wie Estrich und Keller heute Standard und gehören wohl eher zu Effizienz- denn zu Suffizienz-Massnahmen. Innerhalb von Wohnungen ist dies bisher nicht üblich. Die Installation von Bewegungsmeldern in Wohnungen oder die Förderung von entsprechenden Bausätzen (bisher nicht auf dem Markt) könnte als suffizienzfördernde Massnahme bezeichnet werden.

Abschätzung des Einflusspotenzials

Die Abweichungen vom durchschnittlichen Verbrauch für die Beleuchtung variiert aufgrund der Anzahl Leuchten und der Volllaststunden: Wenn der Energieverbrauch für die Beleuchtung bei einer typischen Ausstattung und Nutzung bei 100% liegt, lässt sich durch Suffizienz dieser Energieverbrauch auf 60% reduzieren, durch das Gegenteil von Suffizienz verdoppeln.

4.1.5 Nutzerverhalten Betriebseinrichtungen: Haushaltgeräte

Das Effizienzpotenzial durch die Beschaffung von Bestgeräten wird hier nicht weiter behandelt, obwohl damit der grundlegende Technik-Einfluss gegeben ist.

Kühl- und Gefriergeräte: Bei diesen Geräten ist der Benutzereinfluss klein.

Kochen: Besonders gross ist der Einfluss der Nutzerinnen und Nutzer beim Kochen also der Zubereitung warmer Speisen und Getränke. Der Einfluss ist viel grösser als jener der Geräteeffizienz (Backofen Klasse A, Induktionskochfelder), wobei die Wahl der effizientesten Methode auch wichtig ist, z.B. Wasserkocher statt Herd. Die Förderung des energieeffizienten Kochens wird hier nicht weiter thematisiert. Suffizienz wäre demnach zum Beispiel die Zubereitung von Speisen welche nicht gekocht werden müssen.

Geschirrspüler: Die wichtigste nutzerseitige Massnahme ist die gute Auslastung dieser Geräte, welche sich in weniger Spülgängen niederschlägt. Diese Suffizienz-Strategie vermag, zusätzlich zur Wahl energieeffizienter Geräte, den Energieverbrauch zu senken.

Waschen und Trocknen: Beim Waschen und Trocknen in der Gemeinschaftswaschküche wird eine gute Auslastung durch eine fachgerechte Verbrauchsabrechnung gefördert. Die Abrechnungsgeräte sind weitgehend etabliert, Optimierungsmöglichkeiten liegen z.B. bei bequemerer Aufladung der Chipkarten. Dies ist eine anerkannte und bewährte Praxis bei energiebewussten Bauherrschaften und Verwaltungen.

Wäschetrocknen im Freien ist bei heutigen Lebensgewohnheiten oft kaum möglich, selbst wenn Einrichtungen vorhanden sind. Passive Trockenräume, welche ausserhalb des Wärmedämmperimeters angeordnet sind, funktionieren zeitweise ungenügend. Liegen sie innerhalb des Dämmperimeters verursachen sie unter Umständen hohe Wärmeverluste durch Luftwechsel. Bei Raumluft-Wäschetrocknern kann unzweckmässiger Gebrauch (Fenster/Tür offen, unpassende Hängung, Übertrocknen) erhöhten Energieverbrauch verursachen. Bei Tumblern besteht eine Abhängigkeit der Effizienz vom Nutzerverhalten durch Teilbefüllung vor allem bei älteren Geräten.

Das sehr energieintensive maschinelle Wäschetrocknen kann durch geeignete Ausstattung beeinflusst werden: Verbrauchsabrechnung kombiniert mit guten Wäschehängeangeboten im Freien sparen Strom. Raumluft-Wäschetrockner sind gegenüber den heute in der Schweiz angebo-

tenen Tumblern (Effizienzklasse A, mit Wärmepumpe) nicht mehr effizienter, sondern bestenfalls gleich gut. Sie sollen also nicht durch "gratis" Nutzung bevorzugt werden.

Einflusspotenzial Bauherrschaft und Verwaltung (Ausstattung)

Haushaltgeräte werden in der Schweiz meist durch die Bauherrschaft oder die Verwaltung gestellt. Sie entscheiden damit über die Energieeffizienz der Geräte (Effizienz), aber auch über die Grösse der Geräte und die Ausstattung der Wohnungen (Suffizienz). Während Kühlschrank, Kochherd, Backofen und Waschmaschine und Wäschetrockner (oft gemeinsam genutzt in einer Waschküche) ganz klar zum heutigen Mindeststandard gehören, sind zusätzliche Angebote wie separate Gefriergeräte, eine Geschirrspülmaschine oder ein Waschturm (Waschmaschine / Tumbler) in der Wohnung selbst im genossenschaftlichen Wohnungsbau im Trend. Oft wird auch innerhalb der Wohnungen eine zusätzliche Anschlussmöglichkeit für einen Waschturm angeboten. Überlässt die Verwaltung den Gerätekauf der Mieterschaft, muss damit gerechnet werden, dass nicht das effizienteste, sondern das billigste Gerät angeschafft wird. Um dies zu verhindern, empfiehlt es sich, vermieterseitig eine beschränkte, aber energieeffiziente Geräteauswahl vorzulegen. Dank Sammelbestellungen können diese oft etwas günstiger abgegeben werden. Neben der Ausstattung an Geräten, ist auch die Grösse der Geräte von Bedeutung. Es besteht ein Trend zu immer grösseren Kühl- und Gefriereinheiten. Die Wahl eines Kühlschranks von moderatem Nutzinhalt ist ein Beitrag zur Suffizienz, welcher dessen Stromverbrauch durchaus in der Grössenordnung von -40% zu verringern vermag. Der Stromverbrauch für Kochen / Backen, die Verwendung des Geschirrspülers, der Waschmaschine und des Tumblers variieren je nach Ausstattung im Bereich von -7% bis zu +30% bei gleich bleibendem Nutzerverhalten.

Einflusspotenzial des Nutzers (Ausstattung und Verhalten)

Während Geräte wie Kühl- und Gefrierschränke ständig in Betrieb sind, ist die Betriebszeit anderer Haushaltgeräte klar vom Nutzerverhalten abhängig und deren Stromverbrauch liegt damit auch im Einflussbereich der Nutzerin und des Nutzers: Der Stromverbrauch für Kochen / Backen, die Verwendung des Geschirrspülers, der Waschmaschine und des Tumblers variieren je nach Haushalt und bei gleichen Geräten im Bereich von -50% bis zu +100% bei gleich bleibender Ausstattung und Haushaltgrösse.

4.1.6 Nutzerverhalten Betriebseinrichtungen: Unterhaltungselektronik, Heimbüro, div. Pflege- und Kleingeräte

Der Anteil Elektrogeräte pro Haushalt steigt insbesondere in diesem Verbrauchersegment: Unterhaltungselektronik (TV, Video, HiFi, diverse Player, inklusive Ladegeräte), Heimbüro (Computer, Drucker, Modem, Telefon, Handy etc.) sowie diverse Pflege- und Kleingeräte (Staubsauger, Haartrockner, Rasierer, elektrische Zahnbürste etc.) machen in einem durchschnittlichen Haushalt mit effizienten Haushaltgeräten bereits rund 30% des gesamten Haushaltstromverbrauchs aus, Tendenz steigend. Einzig im Bereich der Energieeffizienz sind hier Fortschritte festzustellen: Sparpotenziale werden geräteseitig angegangen, z.B. durch Standby-Vorschriften, Energie-Etiketten sowie Mindesteffizienzvorschriften, welche als Zulassungsbeschränkung für den Verkauf umgesetzt werden können. Es handelt sich dabei um Massnahmen im Bereich der Effizienz und nicht der Suffizienz.

Einflusspotenzial Bauherrschaft und Verwaltung (Ausstattung)

Gebäude- oder verwaltungsseitige Massnahmen sind kaum denkbar. Die zunehmende Versorgung mit Hochleistungs-Datennetzen dürfte für den Stromverbrauch kaum relevant sein.

Einflusspotenzial des Nutzers (Ausstattung und Verhalten)

Die Einflussnahme auf den Energieverbrauch in diesem Bereich liegt ausschliesslich bei den Nutzerinnen und Nutzern, welche in der Regel auch die Käufer der Geräte sind. Suffizienz äussert sich nicht nur beim Gebrauch der Geräte sondern auch schon beim Kauf. Die Spannweite

der Anzahl Elektrogeräte in einem Haushalt ist dabei gross. Auf suffizientes Verhalten sensibilisierte Nutzerinnen und Nutzer werden schon bei der Gerätebeschaffung entsprechende Zurückhaltung üben (kleinerer Fernseher, weniger Audio/Video-Geräte, etc.) und werden diese in der Regel auch zurückhaltender betreiben. Ein regelndes Eingreifen in dieses "Hoheitsgebiet" des Nutzers wäre nicht praktikabel und fände kaum Akzeptanz. In diesem Bereich ist eine ständige Zunahme des Energieverbrauchs feststellbar, welche sich durch eine immer grössere Anzahl Geräte erklärt und den Effekt der steigenden Effizienz der einzelnen Geräte übertreffen kann (Rebound-Effekt). Der Verbrauch variiert je nach Haushalt und bei gleichen Geräten im Bereich von -60% bis zu +140% bei gleicher Haushaltgrösse.

4.2 Einflusspotenziale über alle Verwendungszwecke

Der Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch im Betrieb ist ausserordentlich gross. Es verwundert immer wieder, wie bei gleichen Wohnungen und gleicher technischer Ausstattung bzw. gleichen Haushaltgeräten Differenzen von bis zu Faktor 4 möglich sind. Wichtig ist hier, wie weit Bauherrschaft und Verwaltung Einfluss nehmen können und wie viel alleine im Einflussbereich der Nutzerinnen und Nutzer liegt, welche durch den Kauf von Geräten und ihr Verhalten den Energieverbrauch entscheidend mitprägen.

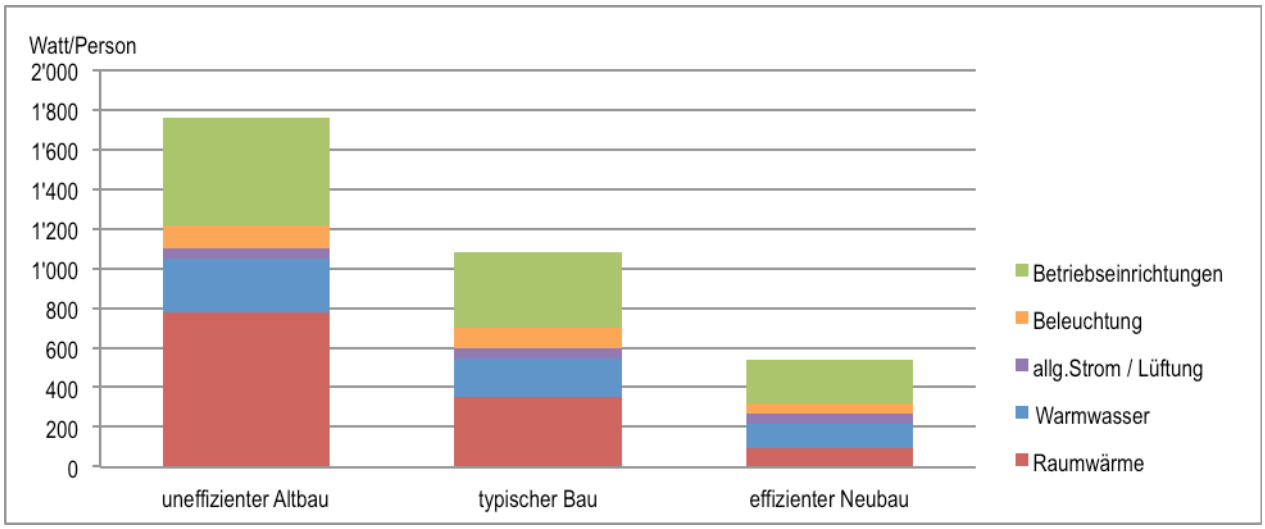
Der Energieverbrauch im Bereich Betrieb eines durchschnittlichen Zweipersonenhaushalts wird hier ermittelt und den einzelnen Verwendungszwecken zugewiesen. Die vertieften Untersuchungen beschränken sich auf das Potenzial im Bereich des Haushaltstroms in einem Gebäude welches mit einem effizienten Gerätepark ausgerüstet ist: die Verbrauchswerte werden aus einem Mittelwert der Listen Topten 2012 abgeleitet [11].

4.2.1 Bedeutung der einzelnen Verwendungszwecke

Während das Potenzial von Suffizienz im Bereich Raumwärme (inkl. Lüftungsverluste) beschränkt ist, ist dieser Einfluss beim Warmwasser, bei der Beleuchtung und bei den Betriebseinrichtungen gross – die vorhergehenden Untersuchungen zu den einzelnen Verwendungszwecken zeigen dies eindrücklich. Umgekehrt ist das Potenzial von Energieeffizienz und Konsistenz im Bereich Raumwärme ausnehmend gross. Folgende Darstellung zeigt die Verteilung eines typischen Energieverbrauchs in einem Zweipersonenhaushalt im Bereich Betrieb ausschliesslich fokussiert auf das Potenzial von Effizienz und Konsistenz:

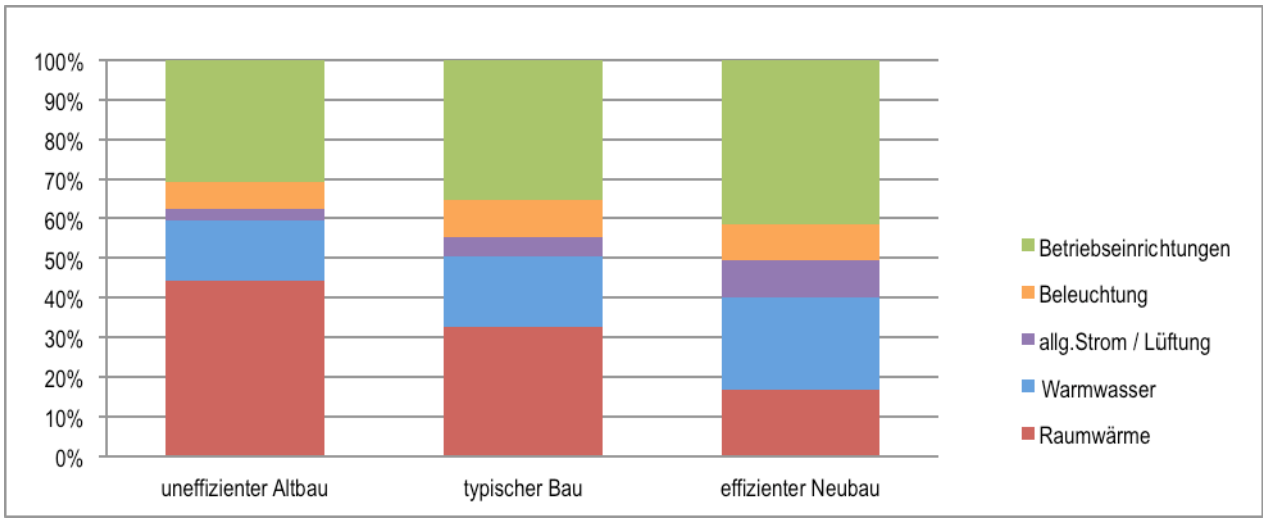
Figur 8: Mittlere jährliche Leistung der Primärenergie nicht erneuerbar eines Zweipersonenhaushalts im Betrieb bei unterschiedlich effizientem Gebäude und Geräten und unterschiedlichem Einsatz erneuerbarer Energien: bei einem uneffizienten Altbau mit fossiler Wärmeerzeugung und veralteten Geräten, einem heute typischen Gebäude und einem energieeffizienten Neubau mit erneuerbarer Wärmeversorgung.[22]

[22] Für den Wärmebedarf beim Altbau wird von 300MJ/m^2 ausgegangen und die Wärmeerzeugung mit einer Ölheizung eingesetzt, beim typischen Bau wird ein Wärmebedarf von 150 MJ/m^2 und eine moderne Gasheizung zur Bedarfsdeckung eingesetzt, im effizienten Bau ein Wärmebedarf von 70 MJ/m^2 und für die Bedarfsdeckung eine Wärmepumpe. Die eingesetzten Werte für Haushaltstrom entsprechen den Werten in Tabelle 9.



Durch Effizienz- und Konsistenz-Massnahmen verändert sich aber nicht nur der absolute Energieverbrauch sondern auch die Bedeutung der einzelnen Verwendungszwecke. Bei unterschiedlich effizienten Gebäuden lässt sich eine klare Verschiebung der Bedeutung der Verwendungszwecke im Betrieb feststellen. Die folgende Darstellung zeigt die prozentualen Anteile der Verwendungszwecke ausgehend von den Werten aus Figur 8:

Figur 9: Prozentuale Aufteilung der Primärenergie nicht erneuerbar im Betrieb auf die Verwendungszwecke bei einem uneffizienten Altbau mit veralteten Geräten, einem heute typischen Gebäude und einem energieeffizienten Bau mit effizienten Geräten.



Diese Darstellung macht deutlich, dass sich mit der Vorgabe von Effizienz und Konsistenz bei den nachfolgenden Betrachtungen der Einflussbereich von Suffizienz klar in Richtung der Stromverbraucher im Haushalt verschiebt. Während die Raumwärme in einem effizienten Gebäude noch rund 17% des gesamten nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauchs verantwortet, übernehmen Beleuchtung und vor allem die Betriebseinrichtungen inklusive des Allgemeinstroms heute rund 60% des Primärenergieverbrauchs und sind damit zum wichtigsten Verbraucher geworden. Die Bedeutung des Verwendungszwecks Warmwasser nimmt ebenfalls zu: in einem effizienten Haushalt gehen fast 25% auf dessen Konto. In einem uneffizienten Altbau verantwortet die Raumwärme dagegen fast die Hälfte des gesamten Verbrauchs, der Verwendungszweck Warmwasser ist mit rund 15% beteiligt, Beleuchtung, Betriebseinrichtungen und Allgemeinstrom verantworten knapp 40%.

Die folgenden Untersuchungen fokussieren auf den Haushaltstrom und damit auf die Verwendungszwecke Beleuchtung, Betriebseinrichtungen und Allgemeinstrom. Es soll dabei aber nicht

vergessen werden, dass Suffizienz auch im Verwendungszweck Warmwasser ein grosses Potenzial aufweist (vgl. dazu Kap. 4.1.3)

4.2.2 Typischer Haushaltstromverbrauch bei variabler Ausstattung

Die folgende Tabelle zeigt die Zusammenstellung des Stromverbrauchs in Endenergie in einem Zweipersonenhaushalt bei unterschiedlich effizienten Betriebseinrichtungen. Der effizient ausgerüstete Zweipersonenhaushalt (gelb hinterlegt) wird weiter im Hinblick auf suffiziente resp. verschwenderische Ausstattung differenziert: Die Auswirkungen auf den Energieverbrauch durch mehr oder weniger viele Geräte pro Haushalt werden quantifiziert. Einen Teil dieser Ausstattung bestimmt in der Regel die Bauherrschaft oder Verwaltung, dies betrifft insbesondere die Haushaltgeräte. Effekte durch diejenige Ausstattung, welche ausschliesslich durch die Nutzer individuell gewählt werden, sind in der nachfolgenden Tabelle mit einem Stern* gekennzeichnet.

Der Entscheid, für die folgenden Betrachtungen Energieeffizienz vorauszusetzen, schmälert, absolut gesehen, das Potenzial von Suffizienz: Massnahmen zur Effizienz reduzieren den Stromverbrauch im Vergleich zu uneffizient ausgerüsteten Altbauten um mehr als die Hälfte.

Tabelle 9: Stromverbrauch eines typischen Zweipersonenhaushalts mit 120m^2 Energiebezugsfläche (entspricht rund 90 m^2 Wohnfläche). Alle Angaben in kWh jährlich.

	uneffiziente ältere Geräte und heute verbreitete Geräte		effiziente Geräte: Topten 2012 (Mittelwerte der Listen)			
kWh pro Jahr	Mit sehr alten Geräten	Typisch, mit sep. Gefriergerät	typische Ausstattung	kleinere, weniger Geräte	grössere, mehr Geräte	Mehrverbrauch +1Person
Beleuchtung (nur Wohnung, ohne allgemein)	600	500	250	150*	300*	50
Betriebseinrichtungen:						
Kochen/Backen inkl. Spezialgeräte, z.B. Kaffeemaschine	350	300	250	250	250	50
Geschirrspüler (GSP)	400	250	175	175	175	50
Kühlschrank mit Gefrierteil separates Gefriergerät	500 500	350 300	200 --	130 --	230 250	-- --
Wäsche waschen	300	250	190	190	190	70
Wäsche trocknen	500	350	220	220	220	100
Unterhaltungselektronik (TV, Video, HiFi, div. Player etc.) inkl. Ladegeräte	400	250	150	100*	300*	30
Heimbüro (PC, Drucker Modem, Tel etc.)	350	200	150	50*	300*	50
Div. Pflege- und Kleingeräte (Staubsauger, Föhn, Luftbefeuchter etc.)	300	300	150	100*	500*	50
Allgemein-Strom MFH, pro Wohnung (Allg.Beleuchtung, Hilfsenergien, Lift etc.)	500	500	220	150	300	--
Total Haushaltstrom inkl. Allgemein	4700	3550	1955	1515	3015	450

*Ausstattung wird ausschliesslich durch Nutzerinnen und Nutzer beeinflusst.

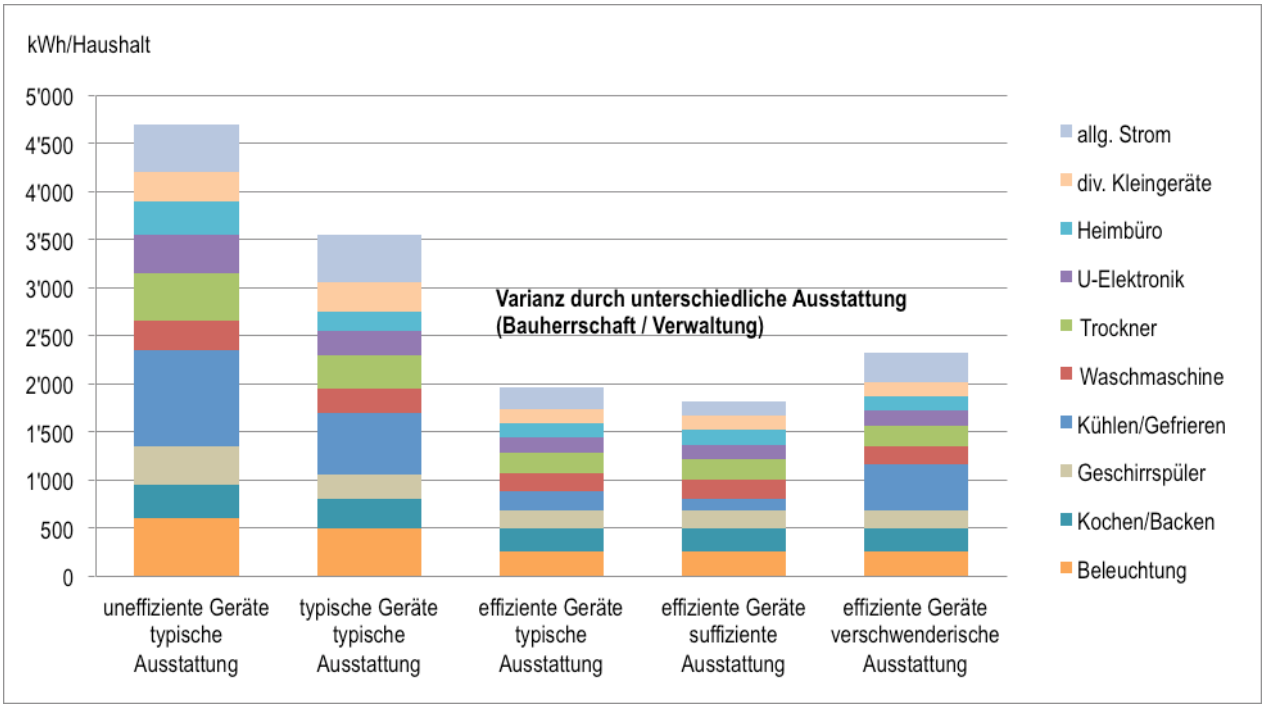
Einflusspotenzial Bauherrschaft und Verwaltung (Ausstattung)

Aufgrund der vorangehenden Überlegungen und Quantifizierungen lässt sich das Einflusspotenzial der Bauherrschaft und Verwaltung darstellen.

Effizienz vorausgesetzt sind die Effekte durch eine unterschiedliche Ausstattung, soweit diese im Einflussbereich der Bauherrschaft und Verwaltung liegen eher klein. Die Differenzen liegen bei -7% bzw. +18% des gesamten Haushaltstromverbrauchs und beschränken sich auf die Grösse der angebotenen Haushaltgeräte, zusätzliche Geräte wie ein separates Gefriergerät und der in der Kategorie "allgemeiner Strom" zusammengefassten Verbrauchergruppe.

In dieser Betrachtung nicht eingeschlossen, sind die Auswirkungen einer suffizienten Ausstattung der Wohnungen auf die Erstellungsenergie. Durch weniger Nasszellen und weniger oder kleinere Haushaltgeräte dürfte auch im Bereich der Erstellungsenergie eine gewisse Einsparung möglich sein.

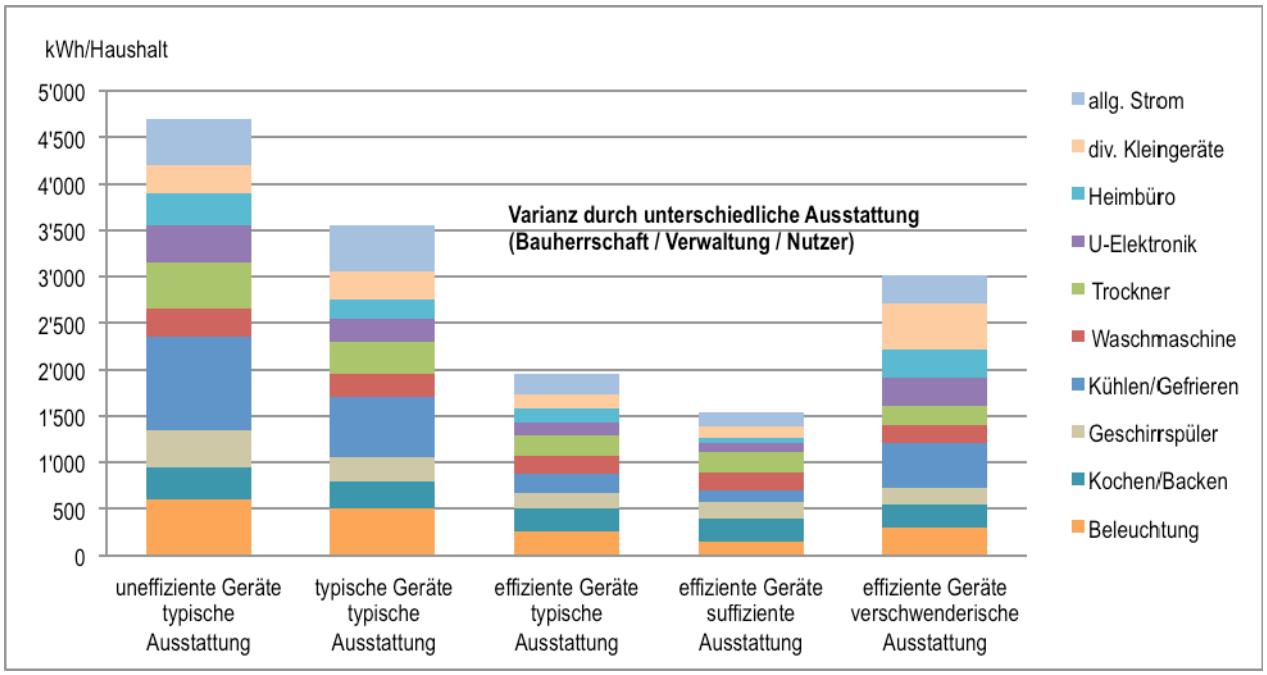
Figur 10: Haushaltstromverbrauch in Endenergie eines Zweipersonenhaushalt bei unterschiedlich effizienter Beleuchtung und Geräten und bei unterschiedlicher Ausstattung durch Bauherrschaft und Verwaltung.



Einflusspotenzial des Nutzers (Ausstattung und Verhalten)

Die Unterschiede werden grösser, wenn das Potenzial der Nutzer in die Betrachtung eingeschlossen wird. Nur schon durch die ausgewählte Ausstattung – und bei gleich bleibendem Nutzerverhalten – erhöht sich das Potenzial von Suffizienz beträchtlich.

Figur 11: Haushaltstromverbrauch in Endenergie eines Zweipersonenhaushalts bei unterschiedlich effizienter Beleuchtung und Geräten und bei unterschiedlicher Ausstattung durch Bauherrschaft, Verwaltung und Nutzerinnen/Nutzer. Die ersten drei Säulen sind gleich wie in Figur 10.



Wird in einem mit effizienten Geräten ausgerüsteten Haushalt auch die durch die Nutzerinnen und Nutzer beeinflussbare Ausstattung berücksichtigt, vergrössern sich die Unterschiede immerhin auf -20% bzw. +50% des typischen Haushaltstromverbrauchs. Das Potenzial der Nutzer ist insbesondere bei der Beleuchtung, der Unterhaltungselektronik, dem Heimbüro und diversen weiteren Klein- und Pflegegeräten gross. Das Potenzial von Suffizienz ist dabei kleiner, als das Potenzial einer verschwenderischen Haltung: tendenziell grössere, mehr und auch zusätzliche Geräte lassen den erwarteten Stromverbrauch hochschnellen.

4.2.3 Typischer Haushaltstromverbrauch bei variabler Nutzung

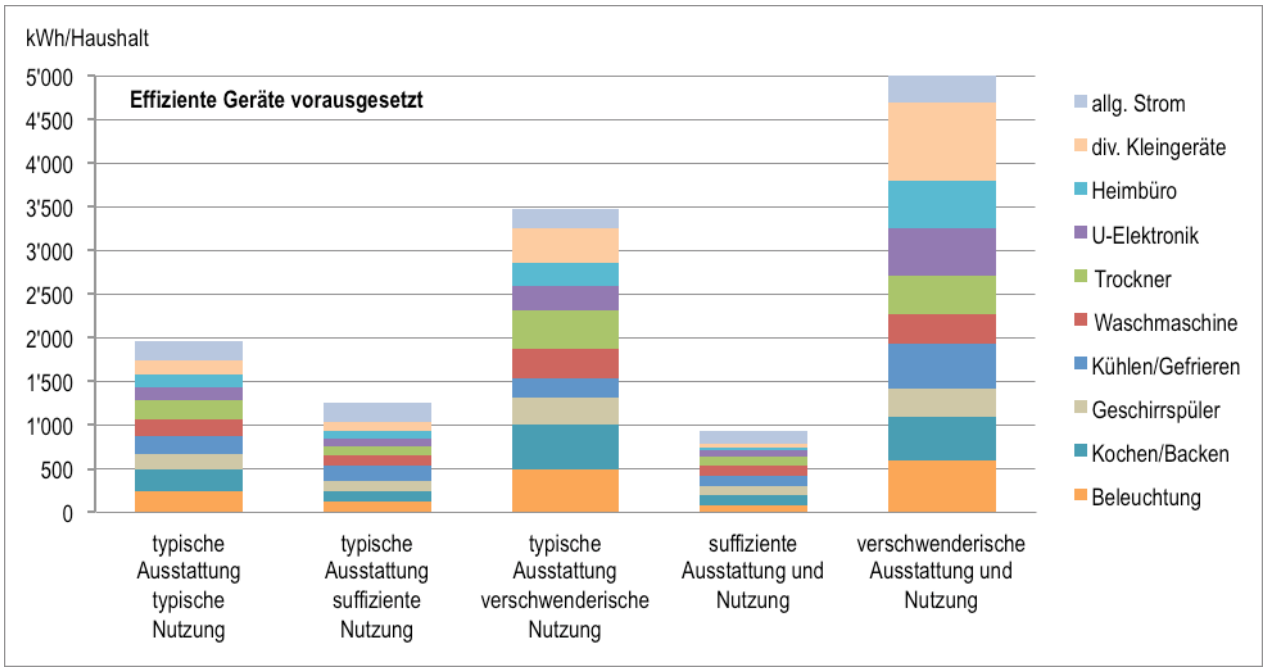
Wird nun auch das Nutzerverhalten variiert, so zeigen sich grosse Unterschiede auch innerhalb des effizient ausgestatteten Haushalts. Die folgende Tabelle schliesst direkt an Tabelle 9 an: die Auswirkungen werden ausschliesslich beim effizienten Haushalt mit mehr oder weniger suffizienter Ausstattung betrachtet.

Tabelle 10: Variation der Stromverbrauchswerte durch Nutzerverhalten und Ausstattung in einem typischen Zwei-Personenhaushalt von 120 m^2 Energiebezugsfläche (entspricht rund 90 m^2 Wohnfläche). Alle Angaben in kWh jährlich.

Alle Werte in kWh pro Jahr. Energieeffizienz vorausgesetzt.	Varianz durch Nutzerverhalten			Werte in kWh pro Jahr, effiziente Geräte: Topten 2012				
	Varianz suffiziente Nutzung	Varianz verschwenderische Nutzung	Faktor verschwenderisch / suffizient	typische Nutzung / typische Ausstattung	suffiziente Nutzung / typische Ausstattung	Verschwenderische Nutzung / typische Ausstattung	suffiziente Nutzung und Ausstattung	Verschwenderische Nutzung und Ausstattung
Beleuchtung (ohne Allgemein)	-50%	+100%	4	250	125	500	75	600
Betriebseinrichtungen:								
Kochen / Backen inkl. Spezialgeräte	-50%	+100%	4	250	125	500	125	500
Geschirrspüler	-40%	+80%	3	175	105	315	105	315

Kühlschrank mit Gefrierteil separates Gefriergerät	-10% -5%	+10% +5%	1.2 1.1	200 --	180 --	220 --	117 --	253 263
Wäsche waschen	-40%	+80%	3	190	114	342	114	342
Wäsche trocknen	-50%	+100%	4	220	110	440	110	440
Unterhaltungselektronik (TV, Video, HiFi etc.)	-40%	+80%	3	150	90	270	60	540
Heimbüro (PC, Drucker Modem, Telefon etc.)	-40%	+80%	3	150	90	270	30	540
Div. Pflege- und Kleingerä-te (Staubsauger, Föhn, etc)	-50%	+167%	5.3	150	75	400	50	900
Allgemeinstrom, pro Wng (allg. Bel., Hilfsenergie etc)	-0%	+0%	1	220	220	220	150	300
Total inkl. Allgemein				1955	1234	3477	936	4993
% von typisch (Topten 2012)				100%	63%	178%	48%	255%

Figur 12: Haushaltstromverbrauch in Endenergie, Zweipersonenhaushalt mit 120m^2 Energiebezugsfläche bei variablem Nutzerverhalten und variabler Ausstattung. Effiziente Geräte vorausgesetzt.



Die Darstellung zeigt: In ein und derselben Wohnung kann der Haushaltstromverbrauch um Faktor 5 variieren; verantwortlich dafür ist einerseits (und eher untergeordnet) die Ausstattung der Wohnung durch die Bauherrschaft und Verwaltung und auf der anderen Seite (übergeordnet) die Ausstattung der Wohnung durch die Nutzerinnen und Nutzer sowie insbesondere deren Verhalten.

Ein suffizienter Haushalt, der mit der Haltung "weniger ist mehr" seine Anschaffungen tätigt und sein alltägliches Verhalten danach richtet, kann den Haushaltstromverbrauch gegenüber einem

typischen Haushalt halbieren (-52%). Ein verschwenderischer Haushalt, welcher nach der Maxime "je mehr desto besser" lebt, kann seinen Haushaltstromverbrauch gegenüber einem typischen Haushalt weit mehr als verdoppeln (+155%). Dies immer bei gleicher Wohnungsgrösse, gleicher Personenzahl und konsequent energieeffizienten Geräten.

Wie gross das Potenzial von Suffizienz bzw. deren Gegenteil ist, mag das Ergebnis belegen, dass der Haushaltstromverbrauch des verschwenderischen Haushalts in Figur 12 (Säule ganz rechts) trotz Geräten bester Effizienzklasse höher ist, als der Stromverbrauch eines mit veralteten und uneffizienten Geräten ausgestatteten Haushalts gleicher Grösse in den Figuren 10 und 11 (jeweils Säule ganz links).

Energieeffizienz vorausgesetzt, ist bei einem typischen Zweipersonenhaushalt mit einem Stromverbrauch von jährlich rund 2'000 kWh zu rechnen. Ein suffizienter Zweipersonenhaushalt erreicht 1'000 kWh. Ein verschwenderischer Haushalt wird einen Stromverbrauch von mehr als 5'000 kWh jährlich erreichen. Im Kapitel 6.1 dieser Studie werden die Ausstattung dieses typischen, suffizienten und verschwenderischen Haushalts und das entsprechende Nutzerverhalten an einem konkreten Beispiel beschrieben.

4.3 Zusammenfassung Nutzereinfluss und Massnahmen

Tabelle 11: Übersicht Nutzereinfluss nach Typ Energiebedarf

Typ Energiebedarf	Nutzereinfluss bezüglich berechneter Werte	Normative Berechnungs-Grundlagen	Nutzerseitige Massnahmen
Heizwärmebedarf	Gross in Richtung mehr. Zusammenhang mit Lüftungsverhalten.	SIA 380/1	Raumtemperatur tief halten. Evtl. durch neuartige Regelgeräte und -funktionen unterstützt.
Kühlen/Klimatisieren	Unterschiedlich, stark von technischen Einflussmöglichkeiten abhängig (Art der Steuerung).	SIA 382/1, 382/2	Vorbeugen (Sonnenschutz, Lüften etc.)
Energiebedarf für Warmwasser	Sehr gross in beide Richtungen.	SIA 380/1, 385/2 (in Vernehmlassung)	Sparbrausen einsetzen, duschen statt baden, zurückhaltende Nutzung
Lüftung (mechanische)	Abhängig von Steuerungsmöglichkeiten	SIA 382/1, 382/2	Bedeutend mit geeigneten Steuerungen
Hilfsenergie Haustechnik	Unbedeutend	SIA 380/4[23], 382/2	Manuell abschalten wenn keine Automatik
Elektrizität für Beleuchtung	Äusserst gross (Wohnen)	SIA 380/4, keine Werte für Wohnen	Licht löschen. Effiziente Technik kaufen
Elektrizität für Waschen und Geschirrspülen	Ziemlich gross	SIA 380/4, Werte veraltet	Umweltbewusste Nutzungsintensität, hoher Füllgrad
Elektrizität für Wäschetrocknen	Sehr gross, vor allem wenn Alternativen verfügbar	SIA 380/4, Werte veraltet	Alternativen nutzen (im Freien…), Geräte auslasten.
Elektrizität für diverse Geräte Reinigung/Pflege	Sehr gross (keine offizielle Standardnutzung pro m²)	SIA 380/4 (nur generell "übrige Geräte")	Umweltbewusste Beschaffung und Nutzung
Elektrizität für IKT (Informations- und Kommunikations-Technologie)	Sehr gross (keine offizielle Standardnutzung pro m²)	SIA 380/4 (nur generell "übrige Geräte")	Umweltbewusste Beschaffung und Nutzung

[23] Die Norm SIA380/4 *Elektrische Energie im Hochbau* [12] ist in Überarbeitung, die Werte sind z.T. veraltet.

4.4 Fazit zu Suffizienzmassnahme "variables Nutzerverhalten im Betrieb"

Fazit zur Bedeutung der einzelnen Verwendungszwecke im Betrieb

- Wird Effizienz und Konsistenz gemäss SIA-Effizienzpfad Energie vorausgesetzt, so verschiebt sich die Bedeutung der einzelnen Verwendungszwecke deutlich in Richtung der stromverbrauchenden Betriebseinrichtungen und der Beleuchtung. Die Bedeutung der Raumwärme nimmt ab. Das Warmwasser nimmt ebenfalls an Bedeutung zu. Ohne Effizienz und Konsistenz ist die Raumwärme dominant.
- Der Einfluss durch Technik und Massnahmen der Bauherrschaft und Verwaltung ist im Vergleich zum Einfluss der Nutzer und Nutzerinnen (Ausstattung und Verhalten) untergeordnet, aber nicht unbedeutend.
- Das Potenzial von Suffizienz ist fast in allen Bereichen kleiner, als das Potenzial für einen Mehrverbrauch durch verschwenderisches Verhalten. Das hängt unter anderem damit zusammen, dass in Normen und Regelwerken zugrunde gelegte Werte für Standardnutzungen bewusst tief angesetzt sind.

Fazit zu Einflüssen von Technik, Ausstattung und Nutzerverhalten bei den Elektrogeräten

- Erste Massnahme im Elektrobereich ist die Beschaffung der effizientesten Geräte. Der technische Fortschritt wird weiter gehen. Aktuelle Kaufberatung zu Bestgeräten, Beleuchtung und z.T. auch haustechnischen Einrichtungen bietet *Topten.ch* [11]. Speziell für Bauherrschaften und Verwaltungen gibt es den Ratgeber *Professionelle Beschaffung: Haushaltgeräte* [13].
- Mit Suffizienz verknüpft ist die Ausstattung von Wohnbauten und Haushalten mit Geräten: Grössere Geräte (z.B. Kühlschrank) brauchen mehr Strom, ebenso zusätzliche Geräte (z.B. separates Gefriergerät). Selbstverständlich gilt dies auch für die Anschaffungen der Nutzerinnen und Nutzer (z.B. Grösse des TV-Gerätes, Audio-/Video-Gerätepark). Der Einfluss der Geräteausstattung auf den Stromverbrauch ist angesichts des vielfältigen Geräteangebotes gross.
- Das Nutzerverhalten ist Ausdruck des individuellen Lebensstils. Bei vielen Strom verbrauchenden Anwendungen ist dieser Einfluss sehr gross. Das Nutzerverhalten kann bei manchen Geräten durch Massnahmen der Verwaltung beeinflusst werden: klassisches Beispiel ist die Verbrauchsabrechnung in den Bereichen Waschen und Trocknen. Ein noch wenig bearbeitetes Gebiet sind nutzerfreundliche und effizienzorientierte Geräte-Steuerungen, aber auch bei der automatischen Abschaltung elektronischer Geräte sind noch weitere Entwicklungen nötig.

Tabelle 13: Zusammenfassung Suffizienz-Potenzial und Varianz im Bereich Betrieb. 100% entspricht typischer Nutzung und Ausstattung

	Ausstattung			Nutzung			Ausstattung + Nutzung		
	suffizient	verschw	Varianz	suffizient	verschw.	Varianz	suffizient	verschw.	Varianz
Raumwärme / Lüftung	100%	100%	1.0	100%	150%**	1.5	100%	150%	1.5
Warmwasser	100%	100%	1.0	60%	180%	3.0	60%	180%	3.0
Haushaltstrom:	77%	154%	2.0	63%	178%	2.8	48%	274%	5.6
Beleuchtung (Wohnung)*	60%	120%	2.0	50%	200%	4.0	30%	240%	8.0
Kochen/Backen	100%	100%	1.0	50%	200%	4.0	50%	200%	4.0
Geschirrspüler	100%	100%	1.0	60%	180%	3.0	60%	180%	3.0
Kühlschrank / Gefriergerät	65%	240%	3.7	90%	110%	1.2	59%	258%	4.4
Waschmaschine	100%	100%	1.0	60%	180%	3.0	60%	180%	3.0
Tumbler	100%	100%	1.0	50%	200%	4.0	50%	200%	4.0
Unterhaltungselektronik*	67%	200%	3.0	60%	180%	3.0	40%	360%	9.0
Heimbüro*	33%	200%	6.0	60%	180%	3.0	20%	360%	18.0
Pflege- u. Kleingeräte*	67%	333%	5.0	50%	267%	5.3	33%	600%	18.0
Allg. Strom MFH	68%	136%	2.0	100%	100%	1.0	68%	136%	2.0

*Ausstattung wird ausschliesslich durch Nutzer beeinflusst.
** 125% (höhere Raumtemperatur) + 20MJ/m2 (falsches Lüftungsverhalten)

5 Einfluss des Nutzerverhaltens im Bereich Mobilität

Während die Abgrenzung zwischen Massnahmen zur Energieeffizienz und Konsistenz sowie solchen zur Suffizienz in den Bereichen Erstellung und Betrieb von Gebäuden recht eindeutig ist, ergeben sich im Bereich Mobilität keine eindeutigen Zuweisungen. Die hier vorgelegten Erkenntnisse zum Bereich Mobilität sind als erste grobe Abschätzung zu verstehen. Für eine differenzierte Einschätzung des Suffizienz-Potenzials wäre eine vertiefte Grundlagenstudie durchzuführen.

Im Rahmen des SIA-Effizienzpfad Energie und dessen Grundlage für die Mobilität, dem Merkblatt SIA 2039 [3], wurden Kriterien aufgezeigt, welche den Energieverbrauch für die Mobilität beeinflussen. Grundsätzlich liessen sich folgende Kriterien als relevant und signifikant identifizieren:

- Der Standort des Gebäudes
- Die Nähe von Einkaufsmöglichkeiten für den alltäglichen Bedarf
- Die Erschliessungsqualität mit dem öffentlichen Verkehr (öV-Güteklasse)
- Die Verfügbarkeit eines Abonnements für den öffentlichen Verkehr
- Die Verfügbarkeit eines Personenwagens
- Die verfügbare Parkplatzzahl
- Die Energieeffizienz der eingesetzten Personenwagen

In Anlehnung an den SIA-Effizienzpfad Energie beschränken sich nachfolgende Ausführungen auf die alltägliche Mobilität. Die nicht alltägliche Mobilität ausserhalb der gewohnten Umgebung, d.h. insbesondere Ausflugs- und Ferienreisen, werden nicht berücksichtigt.

5.1 Abgrenzung zwischen Effizienz und Suffizienz

Einige dieser dem Merkblatt 2039 zugrunde gelegten Kriterien sind nicht eindeutig einer Effizienz-Strategie zuzuordnen, wenn vom Grundsatz ausgegangen wird, dass Effizienz grundsätzlich keine Einschränkung und keinen Komfortverlust bedeutet, Suffizienz hingegen Verzicht erfordert.

Standort des Gebäudes: Während für Bauherrschaften oder Verwaltungen nicht von einem Verzicht gesprochen werden kann, wenn diese in einer Kernstadt bauen oder wirken, so ist dies aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden weniger eindeutig. Die Wahl eines Wohnstandorts in einer Kernstadt kann sowohl als Komfortgewinn wie auch als Verlust empfunden werden. Je nach Lebenssituation und Wertehaltung kann der Wunsch eines Wohnstandorts auf dem Lande oder in einer urbanen Umgebung Vorrang haben. Ein Verzicht auf einen Wohnstandort in einer Kernstadt kann aber auch aus Suffizienz-Gründen erfolgen, dann nämlich, wenn Wohnungen in einer Kernstadt wirtschaftlich für einen Haushalt nicht mehr tragbar sind und deshalb, oft unfreiwillig, in die Agglomeration ausgewichen werden muss. Die Auswirkungen der Standortwahl auf den Energieverbrauch durch die Mobilität wurde im Merkblatt SIA 2039 ausführlich behandelt und quantifiziert. Eine Zuordnung zum Themenbereich Effizienz oder Suffizienz scheint nicht abschliessend möglich. Ist der Standort einmal gewählt, sind die Mobilitätsbedürfnisse der Nutzer allerdings in vielen Bereichen weitgehend festgeschrieben (z.B. Länge der Arbeits- und Ausbildungswege).

Nähe zu Einkaufsmöglichkeiten für den täglichen Bedarf: Dieses Kriterium wird vom Standort eines Gebäudes beeinflusst. Wie bei diesem ist die Zuordnung zum Themenbereich Effizienz oder Suffizienz nicht eindeutig. Da für Bauherrschaften, Verwaltungen wie auch für Nutzerinnen und Nutzern von Gebäuden die Nähe von Einkaufsmöglichkeiten für den alltäglichen Bedarf einen Komfortgewinn darstellt, kann dieses Kriterium aber eher der Effizienz zugewiesen werden.

Erschliessungsqualität mit dem öffentlichen Verkehr: Auch dieses Kriterium wird vom Standort eines Gebäudes beeinflusst. Für Bauherrschaften, Verwaltungen wie auch für Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden ist eine gute Erschliessungsqualität ein Komfortgewinn, so dass auch dieses Kriterium eher der Energie-Effizienz zugewiesen werden kann.

Verfügbarkeit eines Abonnements für den öffentlichen Verkehr: Bauherrschaften und Verwaltungen können durch die Abgabe eines Abonnements für den öffentlichen Verkehr das Mobilitätsverhalten von Bewohnerinnen und Bewohnern eines Gebäudes beeinflussen. In der Regel entscheiden Nutzerinnen und Nutzer aber eigenständig darüber, ob sie sich ein solches Abonnement anschaffen oder nicht. Der Entscheidung liegen sowohl wirtschaftliche Überlegungen (z.B. in Zusammenhang mit dem Verzicht auf die Anschaffung eines Personenwagens) als auch Komfortüberlegungen (z.B. sich nicht immer eine Einzelfahrkarte lösen zu müssen) zugrunde. Eine Zuordnung zum Themenbereich Effizienz oder Suffizienz scheint nicht eindeutig möglich.

Verfügbarkeit eines Personenwagens: Entscheidendes Argument bei diesem Kriterium ist der Komfortgewinn. Die Nutzerinnen und Nutzer können über den Grad der Verfügbarkeit frei entscheiden, weshalb dieses Kriterium klar dem Themenbereich Suffizienz zuzuordnen ist.

Verfügbare Parkplatzzahl: Dieses Kriterium ist direkt mit der Verfügbarkeit eines Personenwagens verknüpft: wer über keinen Personenwagen verfügt, benötigt auch keinen Parkplatz. Die Erstellung einer Anzahl Pflichtparkplätze ist für Bauherrschaften aber in der Regel vorgeschrieben. Allerdings lassen die entsprechenden Verordnungen einen gewissen Spielraum offen. Eine minimale Parkplatzzahl bedeutet für Bauherrschaften geringere Investitionskosten. Für Verwaltungen entstehen allerdings auch geringere Einnahmen. Ausnahmen bilden hier insbesondere Siedlungen im städtischen Raum: In städtischen Siedlungen und Genossenschaften können Parkplätze oft nicht oder nicht kostendeckend vermietet werden, was für alle Beteiligten zu vermeidbaren Mehrkosten führt. Für Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden kann ein eingeschränktes Angebot an Parkplätzen zu einer mehr oder weniger unfreiwilligen Suffizienz führen. Eindeutiger wird es, wenn Siedlungen bewusst auf autoarmes Wohnen setzen: hier kann davon ausgegangen werden, dass die angesprochenen Mieterinnen und Mieter tatsächlich freiwillig auf Suffizienz setzen und auf ein eigenes Auto verzichten. Autoarmes Wohnen darf also als eine "technische Massnahme" zur Förderung von Suffizienz bezeichnet werden.

Energieeffizienz von Fahrzeugen: Dieses Kriterium ist klar dem Themenbereich Effizienz zuzuordnen.

Neben den im Merkblatt SIA 2039 beschriebenen Kriterien lassen sich weitere Einflussgrössen identifizieren:

Zurückgelegte Distanzen: Bei einigen Mobilitätszwecken haben die Nutzerinnen und Nutzer wenig Einflussmöglichkeiten auf die alltäglich zurückgelegten Wegstrecken, z.B. bei Arbeits- und Ausbildungswegen (Pendlerdistanzen), sowie bei geschäftlicher Tätigkeit. Diese Distanzen hängen von der Entfernung zwischen Wohn- und Arbeits- bzw. Ausbildungsort ab. Bei anderen Mobilitätszwecken bleibt es hingegen weitgehend den Nutzern überlassen, wie gross die zurückgelegten Distanzen sind. Dies gilt insbesondere für den Freizeitverkehr und teilweise für den Einkaufsverkehr. Die zu diesen Zwecken zurückgelegten Distanzen sind demnach ein Kriterium, das klar dem Themenbereich der Suffizienz zuzuordnen ist.

Wahl des Verkehrsmittels: Der Nutzerin und dem Nutzer bleibt es, ungeachtet aller Massnahmen welche durch Bauherrschaft oder Verwaltung getroffen werden, überlassen, mit welchem Verkehrsmittel die alltägliche Mobilität bewältigt wird. Die Wahl des Verkehrsmittels ist deshalb dem Themenbereich Suffizienz zuzuordnen, auch wenn die Wahlmöglichkeit zum Teil durch den Gebäudestandort und das dort verfügbare Angebot des öffentlichen Verkehrs beeinflusst wird.

Besetzungsgrad von Personenwagen: Der Besetzungsgrad von Personenwagen ist im Grunde genommen ein Effizienz-Kriterium des Individualverkehrs. Andererseits hängt der Besetzungsgrad weitgehend von den Wahlmöglichkeiten und Entscheidungen der Nutzerinnen und Nutzer ab, wobei Komfortüberlegungen in der Regel eine grosse Rolle spielen. Eine eindeutige Zuordnung zum Themenbereich Effizienz oder Suffizienz scheint deshalb nicht möglich.

5.2 Einflusspotenzial des Nutzers

Nutzerinnen und Nutzer entscheiden weitgehend autonom über zurückgelegte Wege und dafür benutze Verkehrsmittel. Damit haben sie entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen aus der Mobilität.

Nachfolgende Abschätzungen wurden mit Hilfe des Rechenmodells SIA 2039[24] gemacht. Energieeffizienz wird vorausgesetzt, d.h. es werden nur Standorte in einer Kernstadt mit sehr guter Erschliessung mit dem öffentlichen Verkehr (Güteklasse A) und Fahrten mit effizienten Personenwagen betrachtet (Flotte 2050).

5.2.1 Verfügbarkeit eines Personenwagens

Gemäss Erkenntnissen im Merkblatt SIA 2039 hat die Verfügbarkeit eines Personenwagens einen relevanten Einfluss auf den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen aus der Alltagsmobilität.

Tabelle 14: Einfluss der Verfügbarkeit eines Personenwagens auf den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen pro Person aus Alltagsmobilität für Wohngebäude in der Kernstadt mit sehr guter ÖV-Erschliessung (Güteklasse A).

	Primärenergie gesamt	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen
Kein Personenwagen ständig verfügbar	5'400 MJ/Person (67%)	4'800 MJ/Person (70%)	230 kg/Person (64%)
Durchschnittliche Personenwagenverfügbarkeit	8'030 MJ/Person (100%)	6'900 MJ/Person[25] (100%)	360 kg/Person[26] (100%)
Personenwagen mit Parkplatz ständig verfügbar	9'600 MJ/Person (120%)	8'400 MJ/Person (122%)	450 kg/Person (125%)

Je nach Verfügbarkeit eines Personenwagens divergieren Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für die gesamte Alltagsmobilität um einen Faktor von 1.8 bis 2.0. Im Vergleich zum Energieverbrauch und zu den Treibhausgasemissionen bei durchschnittlicher Verfügbarkeit eines Personenwagens verringert der Verzicht auf einen Personenwagen diese um 30 bis 35%. Die ständige Verfügbarkeit eines Personenwagens erhöht in einer Kernstadt den Primärenergieverbrauch und die Emissionen um 20 bis 25%.

5.2.2 Zurückgelegte Distanzen

Rund die Hälfte der Alltagsmobilität entfällt auf Freizeitwege. Freizeit ist damit der weitaus wichtigste aller Verkehrszwecke. Nachfolgend wird deshalb am Beispiel des Freizeitverkehrs der Einfluss der zurückgelegten Distanzen veranschaulicht. Betrachtet werden eine Erhöhung von 33% und eine Reduktion von 33% gegenüber den Durchschnittswerten der Freizeitwege für Wohngebäude in einer Kernstadt. Die Distanz der betrachteten Freizeitwege unterscheidet sich damit um einen Faktor 2, was eine plausible Annahme darstellt. Für eine Herleitung über eine detaillierte Analyse von Mobilitätsdaten standen keine Mittel zu Verfügung.

[24] Rechenmodell zu Merkblatt SIA 2039, Voll-Version für Wohnstätten vom 25.03.2010
[25] Die eingesetzten Werte entsprechen der folgenden Einstellung in der Rechenhilfe SIA 2039: Siedlungstyp Kernstadt, öV-Güteklasse A, Verfügbarkeit eines Dauerabos, eines Personenwagens und Anzahl Parkplätze pro Haushalt: CH-Durchschnitt. Distanz zum nächsten Detailhandelsgeschäft 1 km. Die eingesetzten Werte liegen bei der Primärenergie nicht erneuerbar leicht unter, bei den Treibhausgasemissionen leicht über den Richtwerten in SIA 2040.
[26] Vgl. Fussnote 25

Tabelle 15: Einfluss der alltäglichen Freizeitwege auf den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen für Wohngebäude in der Kernstadt mit sehr guter ÖV-Erschliessung (Güteklasse A), bei durchschnittlicher PW-, Parkplatz- und ÖV-Aboverfügbarkeit.

	Primärenergie gesamt	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen
Um 33% reduzierte Freizeitwege	6'900 MJ/Person (86%)	5'900 MJ/Person (86%)	310 kg/Person (86%)
Durchschnittliche Freizeitwege	8'030 MJ/Person (100%)	6'900 MJ/Person (100%)	360 kg/Person (100%)
Um 33% erhöhte Freizeitwege	9'200 MJ/Person (115%)	7'900 MJ/Person (114%)	400 kg/Person (111%)

Unter den getroffenen Annahmen divergieren Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für die gesamte Alltagsmobilität um einen Faktor 1.3. Im Vergleich zum Energieverbrauch und den Emissionen bei durchschnittlichen Distanzen für den Freizeitverkehr in einer gut erschlossenen Kernstadt verringern reduzierte Freizeitwege diese um rund 14%. Grössere Distanzen im Freizeitverkehr erhöhen den Primärenergieverbrauch um 15% und die Emissionen um 11%.

5.2.3 Verkehrsmittelwahl

Arbeit ist nach der Freizeit mit rund 20% Weganteil der zweitwichtigste Verkehrszweck. Bei vorwiegend stadtinternen Arbeitswegen haben die Nutzer zudem absolute Freiheit bei der Verkehrsmittelwahl. Nachfolgende wird deshalb am Beispiel der Arbeitswege der Einfluss der Verkehrsmittelwahl veranschaulicht. Betrachtet werden einerseits Arbeitswege ausschliesslich mit dem Personenwagen, andererseits solche ausschliesslich mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Tabelle 16: Einfluss der Verkehrsmittelwahl beim Arbeitsweg auf den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen aus Alltagsmobilität für Wohngebäude in der Kernstadt mit sehr guter öV-Erschliessung, bei Arbeitsweg mit PW sind Personenwagen und Parkplatz dauernd, jedoch kein öV-Dauerabo verfügbar, bei Arbeitsweg mit öV ist ein öV-Dauerabo verfügbar bei sonst durchschnittlicher PW- und Parkplatzverfügbarkeit.

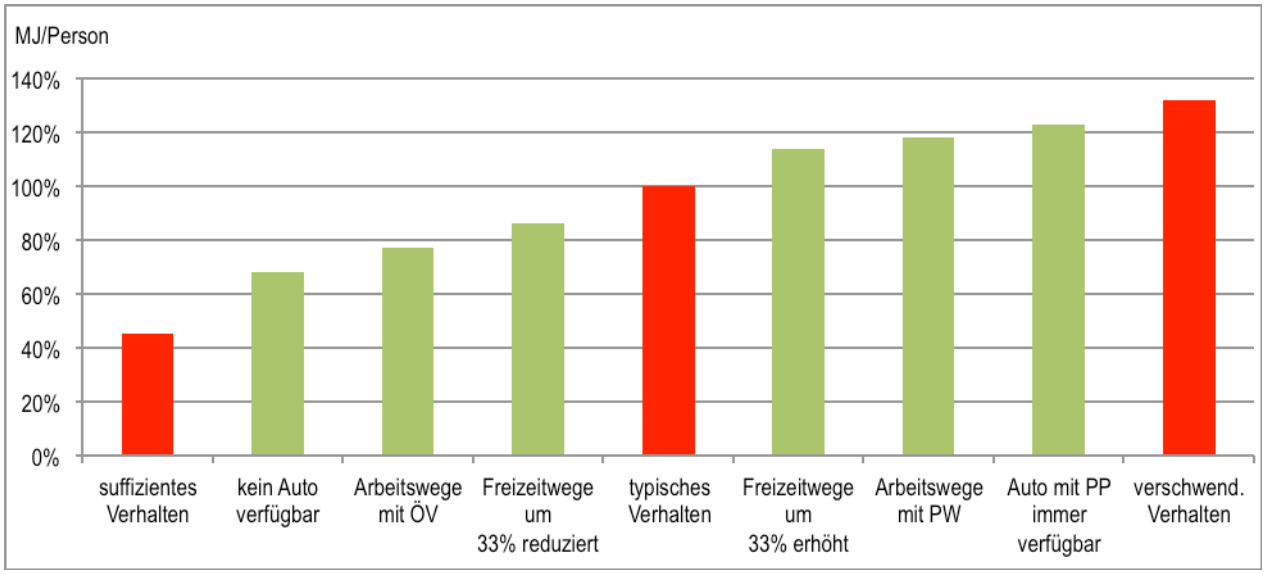
	Primärenergie gesamt	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen
Arbeitswege ausschliesslich mit öffentlichem Verkehr	6'500 MJ/Person (81%)	5'200 MJ/Person (75%)	250 kg/Person (69%)
Durchschnittliche Anteile öV und Personenwagen	8'030 MJ/Person (100%)	6'900 MJ/Person (100%)	360 kg/Person (100%)
Arbeitswege ausschliesslich mit Personenwagen	9'500 MJ/Person (118%)	8'300 MJ/Person (120%)	450 kg/Person (125%)

Unter den getroffenen Annahmen divergieren Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen für die gesamte Alltagsmobilität um Faktoren 1.4 bis 1.8. Im Vergleich zum Energieverbrauch und zu den Emissionen bei durchschnittlicher Verkehrsmittelwahl verringern ausschliesslich mit dem öffentlichen Verkehr bewältigte Arbeitswege diese um 20 bis 30%. Werden die Arbeitswege ausschliesslich mit dem Auto bewältigt, erhöhen sich der Primärenergieverbrauch und die Emissionen um 20 bis 25%.

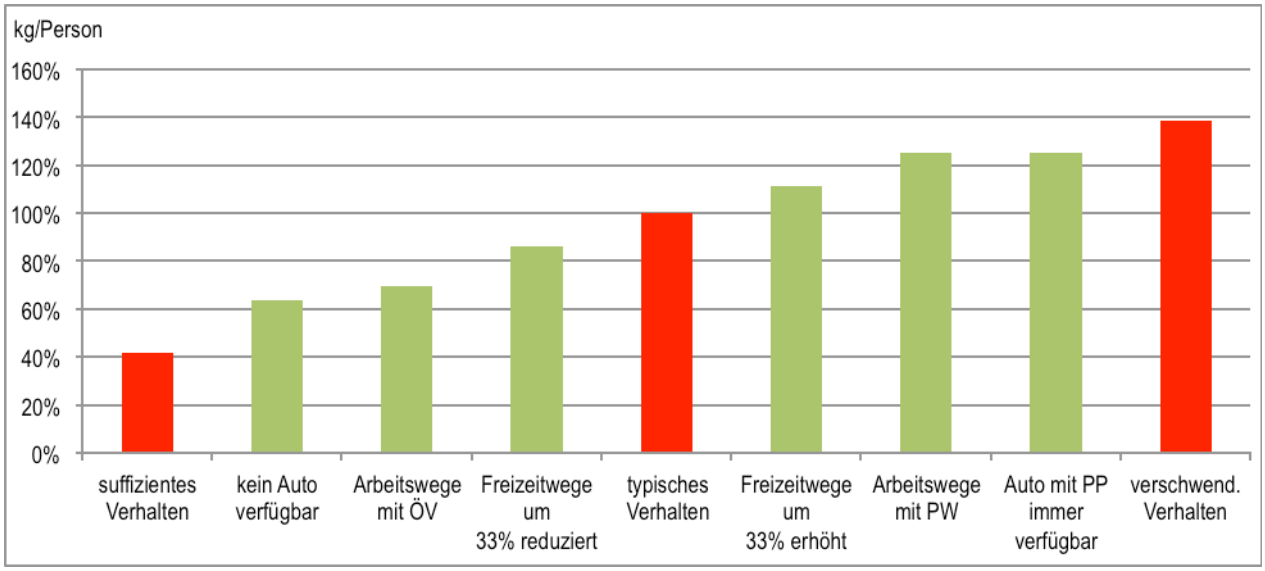
5.3 Potenzial von suffizientem Nutzerverhalten in der Mobilität

Werden die untersuchten Einflussgrössen kombiniert, so zeigt sich ein grosses Potenzial von moderat suffizientem Verhalten in der Mobilität, selbst wenn ein günstiger Standort in einer Kernstadt mit bester Erschliessungsqualität durch den öffentlichen Verkehr vorausgesetzt wird. Nutzerinnen und Nutzer können durch moderat suffizientes Verhalten den Primärenergieverbrauch und die entsprechenden Treibhausgasemissionen mehr als halbieren. Durch verschwenderisches Verhalten ist eine Erhöhung um rund 30 bis 40% zu erwarten.

Figur 13: Einfluss von suffizientem und verschwenderischem Nutzerverhalten auf den Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar, im Bereich Alltagsmobilität bei einem Wohngebäude in der Kernstadt mit sehr guter öV-Erschliessung (Güteklasse A). Das Potenzial der einzelnen Massnahmen ist in den grünen Säulen einzeln ausgewiesen, in den roten Säulen aufsummiert.



Figur 14: Einfluss von suffizientem und verschwenderischem Nutzerverhalten auf die Treibhausgasemissionen im Bereich Alltagsmobilität bei einem Wohngebäude in der Kernstadt mit sehr guter öV-Erschliessung (Güteklasse A). Das Potenzial der einzelnen Massnahmen ist in den grünen Säulen einzeln ausgewiesen, in den roten aufsummiert.



5.4 Einflusspotenzial der Bauherrschaft / Verwaltung (Ausstattung)

Bauherrschaft und Verwaltungen können am ehesten auf die Personenwagenverfügbarkeit (autofreies Wohnen) und die Verkehrsmittelwahl (Abgabe von öV-Abonnementen, Parkplatzbeschränkung, insbesondere am Arbeitsplatz) einwirken. Es handelt sich dabei um Massnahmen, die suffizientes Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer fördern und unterstützen, nicht aber erzwingen können. Eine Abgrenzung des Einflusses dieser bauherrenseitigen oder verwaltungsseitigen Massnahmen vom Einfluss des reinen Nutzerverhaltens ist kaum möglich. Vermutlich dürfte aber das Nutzerverhalten ein bedeutend höheres Potenzial zu Suffizienz aufweisen, als die unterstützenden Anstrengungen der Bauherrschaft oder der Verwaltung. In einer ersten Annahme wird im folgenden Kapitel davon ausgegangen, dass 20% des Potenzials durch entsprechende Massnahmen der Bauherrschaft und Verwaltung erzielt werden können, 80% liegt allein im Einflussbereich der Nutzerinnen und Nutzer.

6 Einsparpotenzial durch Suffizienz

In den vorgehenden Kapiteln wurde das Potenzial der Bereiche **variable Personenfläche und variables Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität** quantifiziert. Es zeigte sich, dass eine kleinere Personenfläche ein grosses Potenzial in den Bereichen Erstellung und Betrieb birgt und dass im Bereich Betrieb durch ein suffizientes Nutzerverhalten das Potenzial bedeutend ist. Auch im Bereich Mobilität ist ein suffizientes Nutzerverhalten ein wirksamer Hebel um Energieverbrauch und die Emissionen nachhaltig zu senken.

Eine Kombination der Suffizienz aufgrund einer kleineren Personenfläche und eines suffizienten Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität ergibt komplexe Zusammenhänge welche sich aber gemäss den Erkenntnissen dieser Studie durchaus quantifizieren lassen. Für die Zielerreichung der 2000-Watt-Gesellschaft im Sinne des SIA-Effizienzpfades ist diese kombinierte Sicht von Interesse.

6.1 Suffizienter im Vergleich zu typischem und verschwenderischem Haushalt

Um Suffizienz in ihrer moderaten Ausprägung, wie sie in diesem Bericht verstanden wird, fassbar zu machen, wird im Folgenden ein typischer, ein suffizienter und der Vollständigkeit halber auch ein verschwenderischer Haushalt konkret umschrieben. Energieeffizienz wird immer vorausgesetzt. Die beiden Personen im typischen Haushalt belegen eine Wohnfläche, die dem Schweizer Durchschnitt entspricht und sie verfügen über einen Gerätepark, der in der Schweiz weit verbreitet ist (allerdings handelt es sich um Geräte der besten Effizienzklasse). Sie verhalten sich so, wie es in der Schweiz üblich oder eben typisch ist. Dies gilt auch für den Bereich Mobilität: Das Wohngebäude steht in einer Kernstadt und ist mit dem öffentlichen Verkehr bestens erschlossen (öV-Güteklasse A), die Nutzerinnen und Nutzer verhalten sich in Bezug auf ihre Alltagsmobilität so, wie es bei einem solchen Wohnstandort typisch ist, allerdings verfügen sie über einen energieeffizientes Auto mit einem Treibstoffverbrauch entsprechend 3 Liter Benzin pro 100 km.

Der typische Haushalt – Energieeffizienz vorausgesetzt

Der typische Zweipersonenhaushalt belegt eine Wohnung von rund 90m^2 Wohnfläche (entspricht 120m^2 Energiebezugsfläche) in einem kompakten und eher grossen städtischen Mehrfamilienhaus, dessen Wärmebedarf mit einem erneuerbaren Energieträger gedeckt wird.

Der Heizwärmebedarf des Gebäudes liegt bei rund 70 MJ/m^2, die Wohnung wird im Winter auf Standardtemperatur geheizt. Eine mechanische Lüftungsanlage sorgt für einen kontrollierten Luftwechsel, die Nutzer lüften nur durch kurzes Stosslüften. Der Wärmebedarf für Warmwasser liegt bei 50 MJ/m^2: beide Bewohner duschen täglich während durchschnittlich 4 Minuten. Die Wohnung ist ausgestattet mit Haushaltgeräten der besten Effizienzklasse. Dazu gehört neben dem Induktionsherd und einem Kühlschrank (230 l) mit eingebautem Gefrierfach (25 l) auch eine Geschirrspülmaschine (150 Spülgänge pro Jahr), eine effiziente Waschmaschine (220 Waschgänge pro Jahr) und ein Tumbler ($^2/_3$ der Wäsche). An Unterhaltungselektronik und im Heimbüro stehen folgende Geräte im Einsatz: ein TV mit Flachbildschirm, eine Audioanlage und zwei portable Audiogeräte, ein Desktop-PC und ein kleines Laptop mit allen notwendigen Zusatzgeräten (Modem/Router, Multifunktionsgerät (Drucker, Scanner, Kopierer), 2 Netz- und Ladegeräte). Die Beleuchtung ist mehrheitlich mit Stromsparlampen oder LED bestückt, rund 4W/m^2 installierte Leistung, die Leuchten sind durchschnittlich 2 Stunden täglich in Betrieb. Der Stromverbrauch pro Jahr liegt bei rund 2'000 kWh.

Das Gebäude ist mit dem öffentlichen Verkehr bestens erschlossen. Geschäfte für den alltäglichen Einkauf sind in naher Distanz erreichbar. Der Haushalt verfügt über einen Personenwagen und einen Parkplatz, die Verfügbarkeit von Abos für den öffentlichen Verkehr entspricht einem städtischen Durchschnitt.

Der Beschrieb des suffizienten Haushalts, welcher der Maxime "weniger ist mehr" folgt und der Beschrieb des verschwenderischen Haushalts, dessen Bewohner sich nicht zufrieden geben, mit dem was heute üblich ist, zeigt, was bei den Berechnungen in dieser Studie unter moderat suffizient und verschwenderisch verstanden wird.

Der suffiziente Haushalt – Energieeffizienz vorausgesetzt (Motto: "weniger ist mehr")

Der suffiziente Zweipersonenhaushalt belegt eine Wohnung von rund 60m^2 Wohnfläche (entspricht 80m^2 Energiebezugsfläche) in einem kompakten und eher grossen städtischen Mehrfamilienhaus, dessen Wärmebedarf mit einem erneuerbaren Energieträger gedeckt wird.

Die Raumlufttemperatur ist im Winter ist auf 20°C eingestellt. Eine mechanische Lüftungsanlage sorgt für einen kontrollierten Luftwechsel, die Nutzer lüften nur durch kurzes Stosslüften. Der Wärmebedarf für Warmwasser liegt bei 30 MJ/m^2: beide Bewohner duschen täglich, aber nur kurz, während durchschnittlich 2.5 Minuten. Die Wohnung ist ausgestattet mit Haushaltgeräten der besten Effizienzklasse, dazu gehört neben dem Induktionsherd und einem Kühlschrank (200 l) mit eingebautem Gefrierfach (17 l) auch eine Geschirrspülmaschine, welche aber nur rund 1x in der Woche läuft (80 Spülgänge pro Jahr). Auch gewaschen wird seltener und mit einer gut gefüllten, effizienten Waschmaschine (150 Waschgänge pro Jahr). Getrocknet wird die Wäsche oft natürlich, der Tumbler kommt nur für einen Drittel der Wäsche zum Einsatz. An Unterhaltungselektronik und im Heimbüro stehen folgende Geräte im Einsatz: ein TV mit Flachbildschirm, eine Audioanlage, ein Desktop-PC mit Modem/Router und ein Drucker sowie die entsprechenden Netz- und Ladegeräte. Die Beleuchtung ist auf das notwendige reduziert, die Lichter werden konsequent gelöscht, wenn sich niemand im Raum befindet. Stromverbrauch pro Jahr rund 1'000 kWh.

Das Gebäude ist mit dem öffentlichen Verkehr bestens erschlossen. Geschäfte für den alltäglichen Gebrauch sind in naher Distanz erreichbar. Ein erheblicher Teil der Mobilität wird zu Fuss oder mit dem Fahrrad bewältigt. Die Bewohner haben keinen ständigen Zugang zu einem Personenwagen und verfügen über keinen Parkplatz. Sie haben aber ein Dauerabonnement für den öffentlichen Verkehr. Sie verbringen ihre Freizeit mehrheitlich in der näheren Umgebung, so dass die Länge ihrer Freizeitwege rund ein Drittel unter dem Durchschnitt liegt.

Der verschwenderische Haushalt – Energieeffizienz vorausgesetzt (Motto: "mehr ist besser")

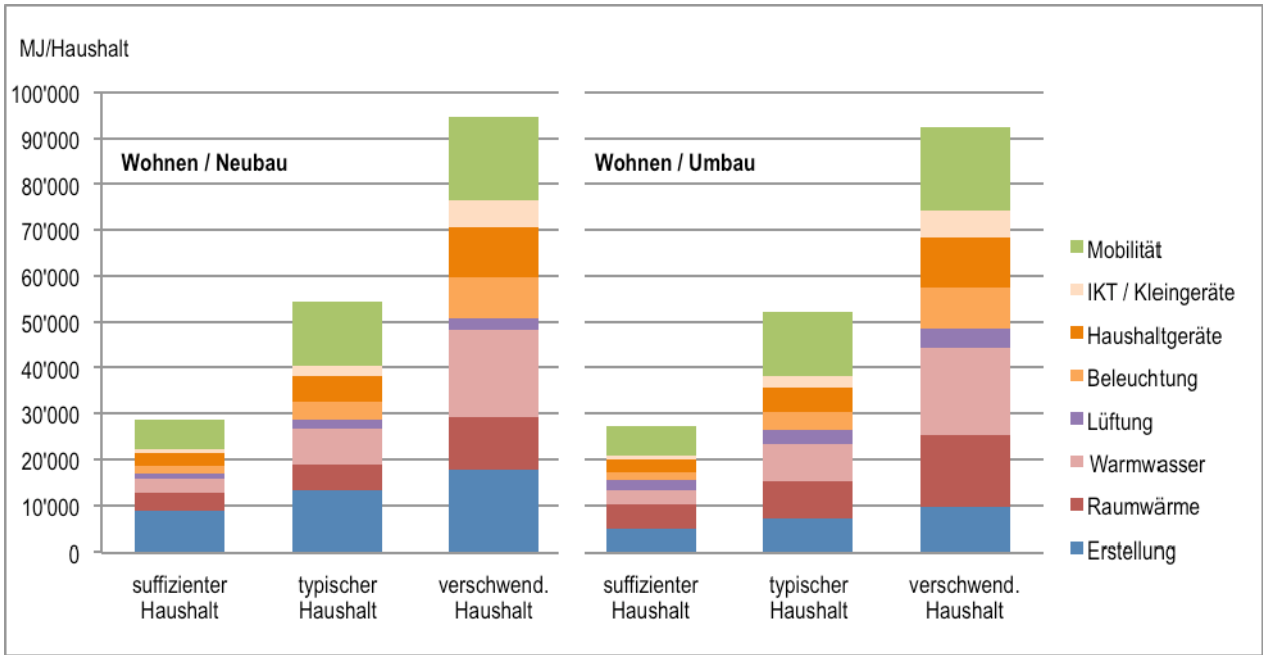
Der Zweipersonenhaushalt belegt eine Wohnung von rund 120m^2 Wohnfläche (entspricht 160m^2 Energiebezugsfläche) in einem kompakten und eher grossen städtischen Mehrfamilienhaus, dessen Wärmebedarf mit einem erneuerbaren Energieträger gedeckt wird.

Im Winter ist die Raumlufttemperatur auf 24°C eingestellt, die Kippfenster im Schlafzimmer sind auch im Winter oft geöffnet, obwohl eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut ist. Die Bewohner duschen ein- bis zweimal täglich während durchschnittlich einer Viertelstunde und gönnen sich auch einmal in der Woche ein warmes Bad – der Wärmebedarf für Warmwasser liegt bei 90 MJ/m^2. Die Wohnung ist mit Haushaltgeräten der besten Effizienzklasse ausgestattet, dazu gehört neben dem Induktionsherd und einem Kühlschrank (280 l) mit eigenem Gefrierfach (24 l) auch eine Geschirrspülmaschine (250 Spülgänge pro Jahr). Dazu steht ein separates Gefriergerät im Einsatz. Die Waschmaschine läuft fast täglich, auch wenn sie nur halb gefüllt ist, die Wäsche wird im Tumbler getrocknet. An Unterhaltungselektronik und im Heimbüro stehen folgende Geräte im Einsatz: ein Heimkino (TV-Flachbildschirm >40") mit surround Audioanlage, ein kleinerer TV im Schlafzimmer, zwei Audioanlagen und drei portable Audiogeräte, ein Desktop-PC und zwei Laptop mit Modem/Router, Multifunktionsgerät und Laserdrucker plus die entsprechenden Netz- und Ladegeräte. Die Beleuchtung ist mehrheitlich mit Stromsparlampen oder LED bestückt, die Beleuchtung wird inszeniert: die vielen unterschiedlichen Leuchten sind meistens in der ganzen Wohnung eingeschaltet. Stromverbrauch pro Jahr rund 5'000 kWh.

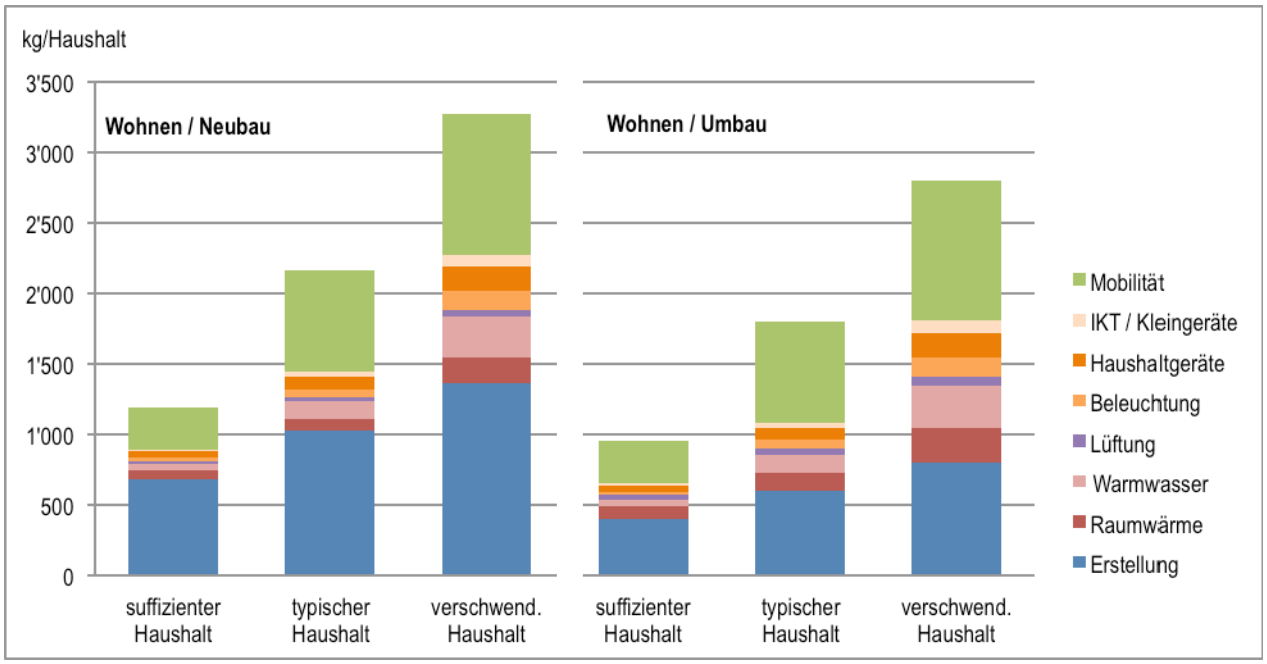
Das Gebäude ist mit dem öffentlichen Verkehr bestens erschlossen. Geschäfte für den alltäglichen Gebrauch sind in naher Distanz erreichbar. Zum Haushalt gehören zwei Personenwagen und zwei Parkplätze. Die Bewohner fahren ausschliesslich mit dem Auto zur Arbeit und verbringen ihre Freizeit teilweise in grösserer Entfernung zum Wohnort. Die Länge ihrer Freizeitwege liegt ein Drittel über dem Durchschnitt.

Zusammenfassend und bezogen auf alle drei Bereiche des SIA-Effizienzpfades Energie ergibt sich für die beschriebenen Zweipersonenhaushalte folgendes Bild:

Figur 15: Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar eines effizient ausgerüsteten Zweipersonenhaushalts bei variabler Personenfläche und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität.



Figur 16: Treibhausgasemissionen eines effizient ausgerüsteten Zweipersonenhaushalts bei variabler Personenfläche und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität.



6.2 Einflusspotenzial nach Akteuren und Massnahmen

Wieviel lässt sich denn nun dank wem und mit welchen Massnahmen an Primärenergie und Treibhausgasemissionen einsparen? Welche der drei Massnahmen reduzierte Personenfläche, suffizientes Nutzerverhalten im Betrieb und suffizientes Nutzerverhalten in der Mobilität trägt am Meisten zu einer Reduktion bei?

Einflusspotenzial von Suffizienz nach Akteuren

Einsparungen durch die Ausstattung der Wohnungen und Gebäude durch die **Bauherrschaft und Verwaltung** sind bei moderater Suffizienz – über alle drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität gesehen nicht von sehr grosser Potenz. Immerhin lassen sich hier gegenüber dem typischen Verbrauch 4-8% Einsparungen realisieren. Etwa die Hälfte davon ist einer moderat suffizienten Ausstattung der Wohnungseinrichtungen im Bereich Betrieb zu verdanken, die andere Hälfte geht auf das Konto von Massnahmen im Bereich Mobilität.

Die **Nutzerinnen und Nutzer** verfügen über ein ungleich grösseres Potenzial. Durch ein moderat suffizientes Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität lassen sich, über alle drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität gesehen, Einsparungen von rund 30% realisieren.

Keinem Akteur direkt zugeschrieben werden kann das Einsparpotenzial aufgrund einer kleineren Personenfläche. Mit einer Reduktion von rund 14% über alle drei Bereiche gesehen, ist auch dieses Potenzial gross. Eine kleinere Personenfläche kann verordnet werden, zum Beispiel über Belegungsvorschriften bei Genossenschaften oder städtischen Siedlungen. Falls dies der Fall ist, darf dieses Potenzial auch diesen Akteuren zugeschrieben werden. Eine kleinere Personenfläche kann selbstverständlich auch ein freiwilliger Entscheid der Nutzerinnen und Nutzer sein. Häufiger fällt der Entscheid für eine kleinere Personenfläche vermutlich unfreiwillig: nämlich aufgrund wirtschaftlicher Zwänge, wie zu hohe Wohnungsmieten im Vergleich zum Haushalteinkommen.

Einflusspotenzial von Suffizienz nach Massnahmen

Über alle Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität gesehen hat eine **kleinere Personenfläche** ein grosses Potenzial für Einsparungen sowohl bei den Treibhausgasemissionen als auch bei der Primärenergie. Mit einer Reduktion der Standardpersonenfläche um einen Drittel kann bei der eine Einsparung von 14% erreicht werden, dies gilt für Neubauten genauso wie für Umbauten. Das ist weniger, als mit Effizienz erreicht werden kann, zusätzlich zu Effizienz ist dieses Potenzial aber nicht zu unterschätzen.

Ein grosses Potenzial für Einsparungen dank Suffizienz hat das **Nutzerverhalten im Betrieb**. Durch eine moderat suffiziente Haltung, die der Maxime "weniger ist mehr" folgt, können ohne wesentliche Komforteinbussen im Umbau wie auch Neubau bei der Primärenergie sogar rund 18% eingespart werden. Bei den Treibhausgasemissionen sind nur Einsparungen in der Grössenordnung von 7% realistisch (aufgrund der relativ geringen Treibhausgasemissionen im Schweizer Strommix).

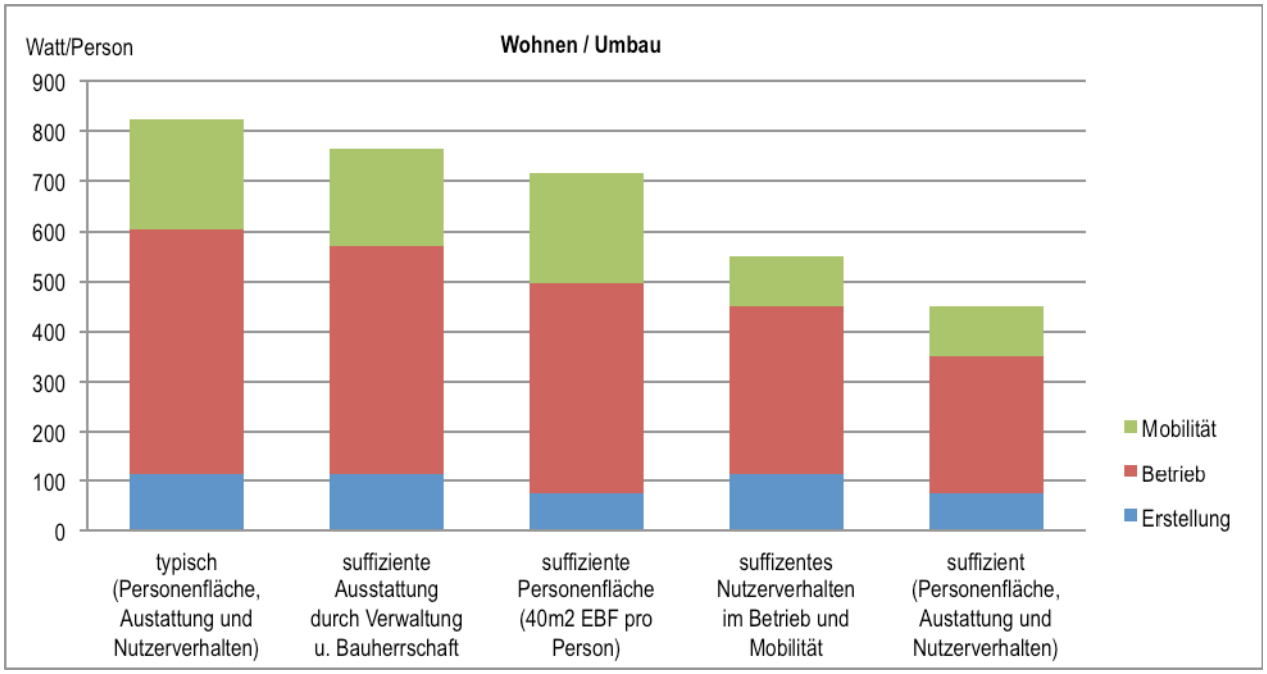
Am grössten sind die Einsparungen durch suffizientes **Nutzerverhalten in der Mobilität**. Durch eine moderat suffiziente Haltung, wie sie heute insbesondere im städtischen Umfeld durchaus gelebt wird, lassen sich bei der Primärenergie rund 15% Einsparungen erzielen, bei den Treibhausgasemissionen sogar rund 20%.

Einflusspotenzial von Suffizienz bei Umsetzung aller Massnahmen

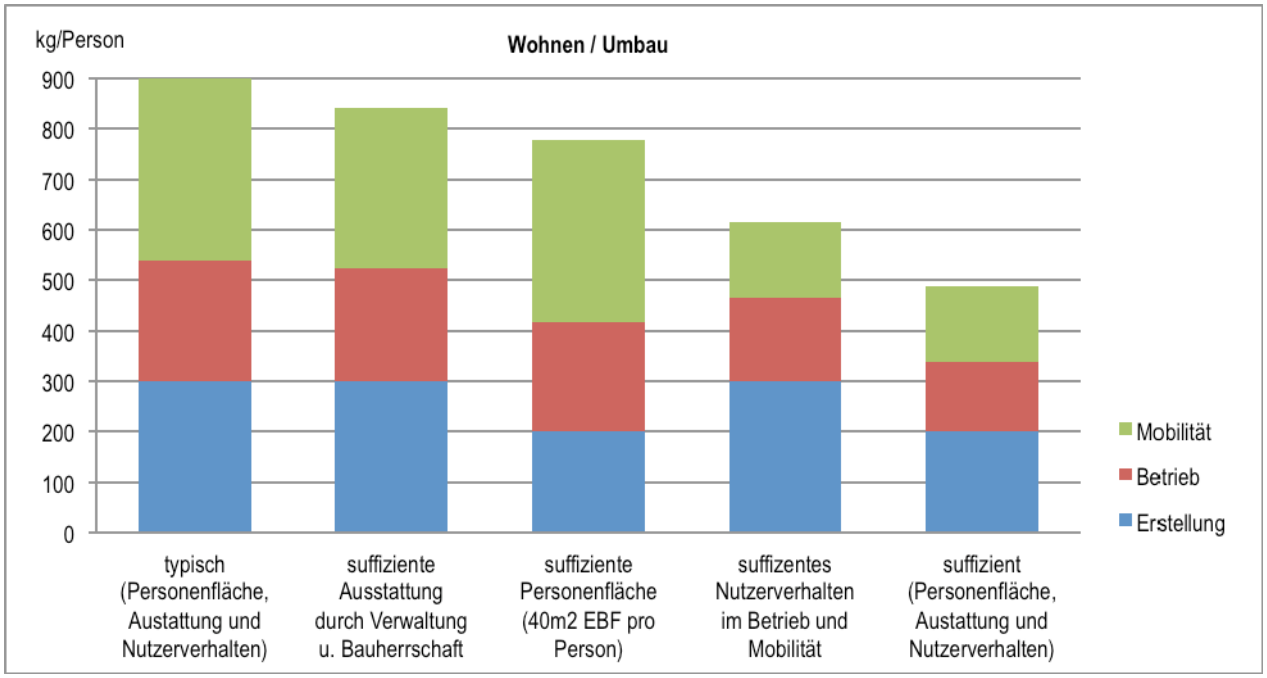
Durch eine Kombination aller hier betrachteten Suffizienz-Massnahmen ist eine Reduktion der Treibhausgasemissionen und der Primärenergie um 45% möglich und realistisch, wie die Säulen ganz rechts in den Figuren 17 und 18 zeigen. Dies gilt für Neubauten wie Umbauten und für die Treibhausgasemissionen genauso wie für die Primärenergie. Dazu müssten aber alle beteiligten Akteure, insbesondere auch die Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden, ihren Beitrag leisten.

Was dies konkret bedeutet wurde im Kapitel 6.1 anhand eines typischen und suffizienten Zweipersonenhaushalts beschrieben. Wie diese Beschreibungen zeigen, ist nicht eine starke Einschränkung in der Energienutzung gefordert, sondern eine moderate Zurückhaltung.

Figur 17: Mittlere jährliche Leistung der Primärenergie nicht erneuerbar pro Person für ein effizient ausgerüstetes Wohngebäude (Umbau) bei variabler Personenfläche, Ausstattung und Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität.



Figur 18: Treibhausgasemissionen pro Person eines effizient ausgerüsteten Wohngebäudes (Umbau) bei variabler Personenfläche, Ausstattung und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität.



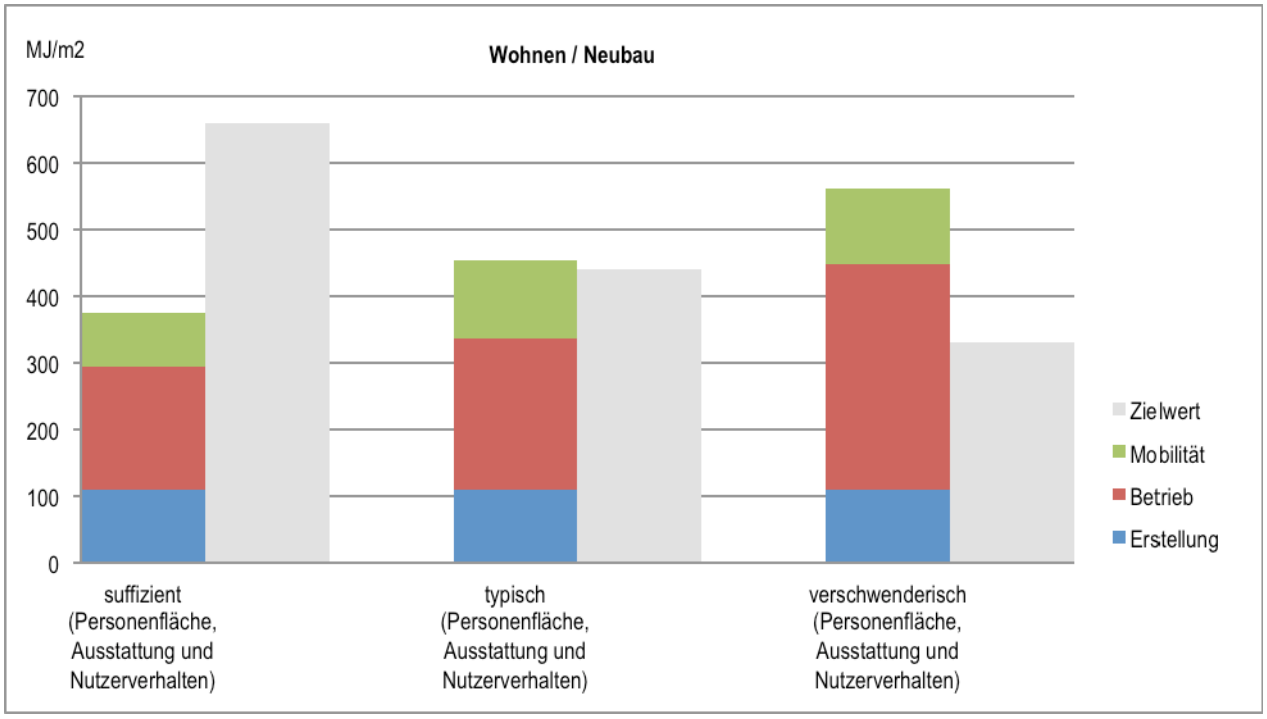
6.3 Zielwerterreichung dank Suffizienz

Nachdem nun eine Einschätzung des Sparpotenzials dank Suffizienz geschafft ist, interessiert deren Auswirkungen auf die Zielerreichung der 2000 Watt-Gesellschaft gemäss SIA-Effizienzpfad Energie. Bei suffizientem Verhalten und suffizienter Personenfläche werden die Treibhausgas-emissionen im Vergleich zum Etappenziel gemäss SIA-Effizienzpfad Energie nahezu halbiert. Damit gelingt in diesem Bereich annähernd die Umsetzung des Endziels der 2000-Watt-Gesellschaft, welche bei den Treibhausgasemissionen eine Reduktion um Faktor 8 gegenüber heute erfordert.

Energieverbrauch und Emissionen pro Fläche

Gemäss SIA-Effizienzpfad Energie hat sich eine flächenbezogene Betrachtung des Energieverbrauchs und der Emissionen durchgesetzt. Dass diese unter Einbezug von Suffizienz schwierig wird, zeigt die folgende Darstellung.

Figur 19: Primärenergie nicht erneuerbar eines effizient ausgerüsteten Gebäudes (Neubau) bei variabler Personenfläche, Ausstattung und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität bezogen auf den Quadratmeter Energiebezugsfläche inkl. Gegenüberstellung mit Zielwerten.



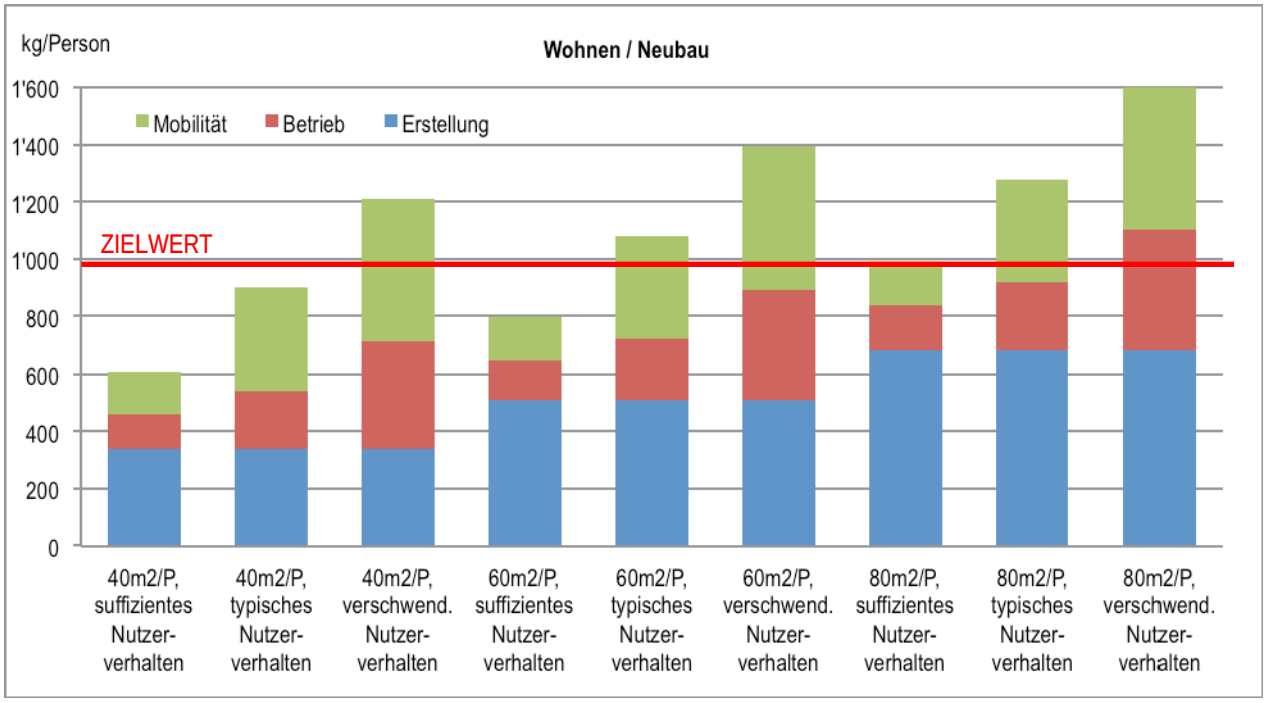
Die beiden Einflussfaktoren "variable Personenfläche" und "variables Nutzerverhalten" gleichen sich nämlich weitgehend aus. Während suffizientes Verhalten bei der beanspruchten Personenfläche im Betrieb zu einem grösseren Energieverbrauch pro Fläche führt, verhilft suffizientes Nutzerverhalten im Betrieb ganz klar zu einem niedrigeren Energieverbrauch pro Fläche. Das Nutzerverhalten im Bereich Mobilität führt zwar absolut gesehen zu einem niedrigeren Energieverbrauch, bezogen auf die Fläche gleicht sich dies jedoch ebenfalls zumindest teilweise wieder aus.

Erst wenn die personenbezogenen Zielwerte zugeordnet werden, wird eine Darstellung mit der bekannten und im SIA-Effizienzpfad üblichen flächenbezogenen Betrachtung lesbar: Dies muss beachtet werden, wenn der Versuch unternommen wird, Messergebnisse von Gebäuden in einer absoluten oder flächenbezogenen Betrachtung zu interpretieren. Solche Messergebnisse lassen – die Figur 19 zeigt dies deutlich – keine Schlüsse zu über das effektive Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner.

Zielwerterreichung beim Neubau

Als am stärksten begrenzende Grösse wird ein Vergleich mit den Treibhausgasemissionen dargestellt.

Figur 20: Treibhausgasemissionen pro Person bei variabler Personenfläche und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität bei einem Neubau in der Kernstadt mit sehr guter Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr.



Für die Zielerreichung bedeutet dies folgendes:

- Bei **suffizientem Verhalten** im Betrieb und in der Mobilität können die Zielwerte selbst mit einer Personenfläche von 80m^2 erreicht werden. Bei einer Personenfläche von 40m^2 und suffizientem Verhalten würden die Zielwerte selbst mit einer Ölheizung erreicht.
- Bei **typischem Verhalten** im Betrieb und in der Mobilität können die Zielwerte mit einer Personenfläche von 40m^2 ohne weitere Massnahmen erreicht werden, mit der Standardpersonenfläche von 60m^2 nur mit zusätzlichen Massnahmen (z.B. kleinerer Heizwärmebedarf aufgrund eines besseren Dämmstandards oder Produktion erneuerbarer Energie im Bilanzperimeter). Mit einer Personenfläche von 80m^2 ist die Zielerreichung unmöglich, nicht einmal ein Gebäude mit komplett treibhausgasfreiem Betrieb könnte die Zielwerte erreichen.
- Bei **verschwenderischem Verhalten** im Betrieb und in der Mobilität sind die Zielwerte allenfalls mit einer Personenfläche von 40m^2 bei nahezu treibhausgasfreiem Betrieb denkbar. Mit Personenflächen von 60m^2 oder 80m^2 ist eine Zielerreichung unmöglich.

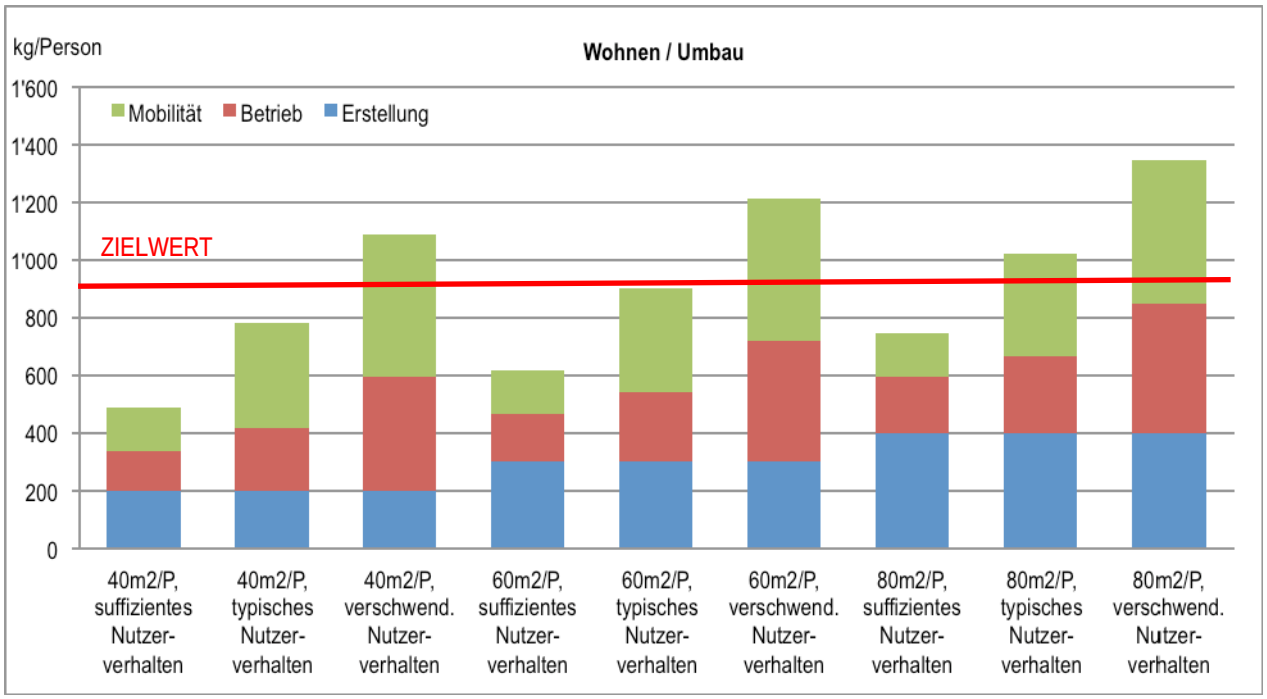
In der Gesamtbilanz der Treibhausgasemissionen bei Neubauten dominiert der Bereich Erstellung: er ist bei typischem Nutzerverhalten und Standardfläche von 60m^2 für fast die Hälfte der Emissionen verantwortlich. Bei suffizienter Personenfläche wird die Dominanz des Bereichs Erstellung etwas abgeschwächt. Bei suffizientem Nutzerverhalten und suffizienter Personenfläche jedoch übernimmt der Bereich Erstellung weit mehr als die Hälfte der Treibhausgasemissionen. Bei verschwenderischem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität gleichen sich die Anteile der drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität weitgehend an.

Bei suffizientem Verhalten und suffizienter Personenfläche werden die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Etappenziel gemäss SIA-Effizienzpfad Energie nahezu halbiert. Damit gelingt in diesem Bereich annähernd die Umsetzung des Endziels der 2000-Watt-Gesellschaft, welche bei den Treibhausgasemissionen eine Reduktion um Faktor 8 gegenüber heute erfordert.

Zielwerterreichung beim Umbau

Betrachten wir dasselbe beim Umbau so wirkt die Zielerreichung etwas entspannter. Es muss hier aber darauf hingewiesen werden, dass die Berechnungen davon ausgehen, dass die Beleuchtung und alle Haushaltgeräte beim Umbau erneuert werden und die Werte eines Neubaus erreichen. Die Unterschiede zwischen Neubau und Umbau zeigen sich demnach insbesondere im Bereich Erstellung (eingesetzt sind die Richtwerte gemäss SIA-Effizienzpfad Energie), bei der Raumwärme (Heizwärmebedarf von 100 MJ/m^2 beim Umbau, 70 MJ/m^2 beim Neubau) und bei der Lüftung (Strombedarf von 10 MJ/m^2 beim Umbau, 6 MJ/m^2 beim Neubau).

Figur 21: Treibhausgasemissionen pro Person bei variabler Personenfläche und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität bei einem Umbau in der Kernstadt mit sehr guter Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr.



Für die Zielerreichung beim Umbau bedeutet dies folgendes:

- Bei **suffizientem Verhalten** im Betrieb und in der Mobilität können die Zielwerte selbst mit einer Personenfläche von 80m^2 erreicht werden. Bei einer Personenfläche von 40m^2 und suffizientem Verhalten würden die Zielwerte selbst mit einer Ölheizung erreicht.
- Bei **typischem Verhalten** im Betrieb und in der Mobilität können die Zielwerte mit einer Personenfläche von 40m^2 oder 60m^2 ohne weitere Massnahmen erreicht werden. Auch mit einer Personenfläche von 80m^2 ist die Zielwerterreichung mit zusätzlichen Massnahmen möglich (z.B. Produktion erneuerbarer Energie im Bilanzperimeter).
- Bei **verschwenderischem Verhalten** im Betrieb und in der Mobilität sind die Zielwerte mit einer Personenfläche von 40m^2 bei einer treibhausgasfreien Wärmeerzeugung denkbar. Mit Personenflächen von 60m^2 oder 80m^2 wären die Zielwerte allenfalls mit einem nahezu treibhausgasfreien Betrieb möglich.

In der Gesamtbilanz der Treibhausgasemissionen bei Umbauten dominieren die Bereiche Erstellung und Mobilität: sie sind bei typischem Nutzerverhalten und einer Standardfläche von 60m^2 für mehr als Zweidrittel der Emissionen verantwortlich. Bei suffizienter Personenfläche verringert der Anteil des Bereichs Erstellung. Bei suffizientem Nutzerverhalten und suffizienter Personenfläche sind die Emissionen aus den Bereichen Mobilität und Betrieb von vergleichbarer Grösse. Bei verschwenderischem Nutzerverhalten wird der Bereich Mobilität dominant.

6.4 Exkurs: Suffizienz-Potenzial bei nicht effizientem Gebäude

In den vorgehenden Überlegungen wurde konsequent Energieeffizienz und Konsistenz gemäss SIA-Effizienzpfad Energie vorausgesetzt und das Potenzial von Suffizienz unter dieser Vorbedingung untersucht. Es stellt sich die Frage, wie gross das Einsparpotenzial von Suffizienz ohne diese Voraussetzung von Effizienz ausfallen würde. Wirklich effiziente Gebäude mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien im Sinne dieser Studie und im Sinne des SIA-Effizienzpfads Energie stellen im gesamtschweizerischen Gebäudebestand einen leider noch verschwindend kleinen Anteil dar. Ohne die Untersuchung in der gleichen Tiefe bearbeiten zu können, soll hier aber stellvertretend das Suffizienz-Potenzial bei einem Altbau betrachtet werden, welcher den heutigen energetischen Anforderungen, insbesondere was die Gebäudehülle betrifft, nicht genügt.

Altbau ausserhalb der Kernstadt, typisch genutzt

Getroffene Annahmen:

- **Erstellung:** Das betrachtete Mehrfamilienhaus wurde vor mehr als 30 Jahren erstellt, stammt also beispielsweise aus den 1970er Jahren. Die Gebäudehülle wurde nicht energetisch saniert, das Gebäude wurde nie umgebaut. Entsprechend ist der Bau, was die Graue Energie und die Grauen Treibhausgasemissionen betrifft, amortisiert. Die Werte in diesem Bereich sind gleich Null.
- **Betrieb:** Der Heizwärmebedarf des Gebäudes liegt bei 350 MJ/m^2. Die Wärme, auch jene für das Warmwasser, wird mit einer Gasheizung erzeugt. Eine mechanische Lüftung ist nicht eingebaut. Für die Beleuchtung wie auch die Haushaltgeräte sind dagegen bereits neue effiziente Geräte der besten Effizienzklasse eingesetzt: Die Energieverbrauchswerte für Beleuchtung und Betriebseinrichtungen entsprechen jenen eines effizienten Gebäudes.
- **Mobilität:** Das Gebäude steht an einem für die Schweiz durchschnittlichen Standort und ist durchschnittlich gut mit dem öffentlichen Verkehr erschlossen (öV-Güteklasse C). Die nächste Einkaufsgelegenheit liegt in 2 Kilometer Distanz. Auch für diese Untersuchung wird eine energieeffiziente Personenwagenflotte (gemäss Merkblatt SIA 2039, Flotte 2050) eingesetzt.

Bei typischer Nutzung und Personenfläche ergeben sich für dieses Gebäude folgende Projektwerte. Sie liegen bei der nicht erneuerbaren Primärenergie und den Treibhausgasemissionen erwartungsgemäss weit über den entsprechenden Zielwerten des SIA-Effizienzpfades:

Tabelle 17: Projektwerte eines uneffizienten Mehrfamilienhauses an einem durchschnittlichen Standort in der Schweiz.

Zielwerte	PE gesamt	PE n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen
WOHNEN, Altbau			
Erstellung, amortisiert	0 MJ/m^2	0 MJ/m^2	0.0 kg/m^2
Betrieb	640 MJ/m^2	620 MJ/m^2	32.2 kg/m^2
Mobilität	170 MJ/m^2	150 MJ/m^2	7.8 kg/m^2
Projektwert pro m^2 EBF	810 MJ/m^2	770 MJ/m^2	40.0 kg/m^2
Zielwerte SIA 2040	790 MJ/m^2	440 MJ/m^2	15.5 kg/m^2
Projektwert pro Person	1540 Watt/Person	1470 Watt/Person	2410 kg/Person
Zielwert SIA 2040	1500 Watt/Person	840 Watt/Person	930 kg/Person

Altbau, ausserhalb der Kernstadt, suffizient genutzt

Als Annahme für Suffizienz gelten sowohl bei der Personenfläche als auch beim Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität die gleichen Reduktionspotenziale wie sie in den vorgehenden Kapiteln für effiziente Gebäude ermittelt wurden:

- **Suffiziente Personenfläche:** Verminderung der Personenfläche von 60m^2 auf 40m^2 Energiebezugsfläche.

- **Suffizientes Nutzerverhalten im Betrieb:** Bei der Raumwärme wird, entsprechend dem effizienten Gebäude, keine Reduktion erwartet. Der Warmwasserbedarf reduziert sich um 40%, ebenso der Stromverbrauch für die Beleuchtung. Beim Stromverbrauch für die Haushaltgeräte ist eine Reduktion um 50% zu erwarten. Bei den Kleingeräten, Informations- und Kommunikationsgeräten ist sogar eine Reduktion um 60% realistisch.
- **Suffizientes Nutzerverhalten in der Mobilität:** Entsprechend den Berechnungsergebnissen beim effizienten Gebäude, kann auch hier der Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen durch suffizientes Verhalten (Verkehrsmittelwahl/Distanzen) in etwa halbiert werden. Es ist allerdings fraglich, ob an einem Standort mit einer nur mittelmässigen Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr auf ein Auto tatsächlich weitgehend verzichtet werden kann.

Tabelle 18: Projektwerte eines uneffizienten Mehrfamilienhauses an einem durchschnittlichen Standort in der Schweiz bei suffizientem Nutzerverhalten und einer Personenfläche von 40m^2 (Energiebezugsfläche) pro Person.

Zielwerte	PE gesamt	PE n. erneuerbar	Treibhausgasemissionen
WOHNEN, Altbau			
Erstellung, amortisiert	0 MJ/m^2	0 MJ/m^2	0.0 kg/m^2
Betrieb	600 MJ/m^2	586 MJ/m^2	31.4 kg/m^2
Mobilität	130 MJ/m^2	114 MJ/m^2	5.1 kg/m^2
Projektwert pro m^2 EBF	730 MJ/m^2	700 MJ/m^2	37.0 kg/m^2
Zielwerte SIA 2040	1180 MJ/m^2	660 MJ/m^2	23.3 kg/m^2
Projektwert pro Person	920 Watt/Person	890 Watt/Person	1480 kg/Person
Zielwerte SIA 2040	1500 Watt/Person	840 Watt/Person	930 kg/Person

Suffizienzpotenzial bei nicht effizientem Gebäude

Wird auf Massnahmen zur Effizienz verzichtet und ausschliesslich Suffizienz eingesetzt, liegt das Einsparpotenzial bei der Primärenergie und bei den Treibhausgasemissionen im vorliegenden Beispiel bei rund 40% im Vergleich zum typisch genutzten und mit Standardpersonenfläche belegten Altbau. Dies entspricht prozentual etwa dem Einsparpotenzial von Suffizienz bei einem effizienten Gebäude – dies, obschon der Bereich Erstellung ausgeblendet bleibt. Diese bedeutende Reduktion erklärt sich vor allem dadurch, dass die zu beheizende Fläche dank suffizientem Flächenverbrauch um einen Drittel reduziert wird – die Heizung ist mit grossem Abstand der grösste Verbraucher an Energie und emittiert am meisten Treibhausgase. 26% der Einsparungen lassen sich allein durch die Reduktion der Personenfläche erzielen. Suffizientes Nutzerverhalten im Betrieb würde bei Standardpersonenfläche und typischem Mobilitätsverhalten 8% Einsparungen bringen. Mit suffizientem Nutzerverhalten in der Mobilität alleine lassen sich rund 10% der Einsparungen erzielen. Die Reduktion der Personenfläche ist also bei nicht effizienten und nicht konsistenten Gebäuden die weitaus effektivste Suffizienz-Massnahme.

Absolut gesehen sind die Einsparungen durch moderate Suffizienz bei einem nicht effizienten Gebäude wesentlich höher, als bei einem effizienten Gebäude mit erneuerbaren Energieträgern. Während sich dank moderater Suffizienz bei einem effizienten und konsistenten Gebäude pro Person rund 400 kg Treibhausgasemissionen jährlich einsparen lassen, sind es beim hier als Fallbeispiel gewählten nicht effizienten und nicht konsistenten Gebäude jährlich 930 kg weniger Treibhausgasemissionen pro Person.

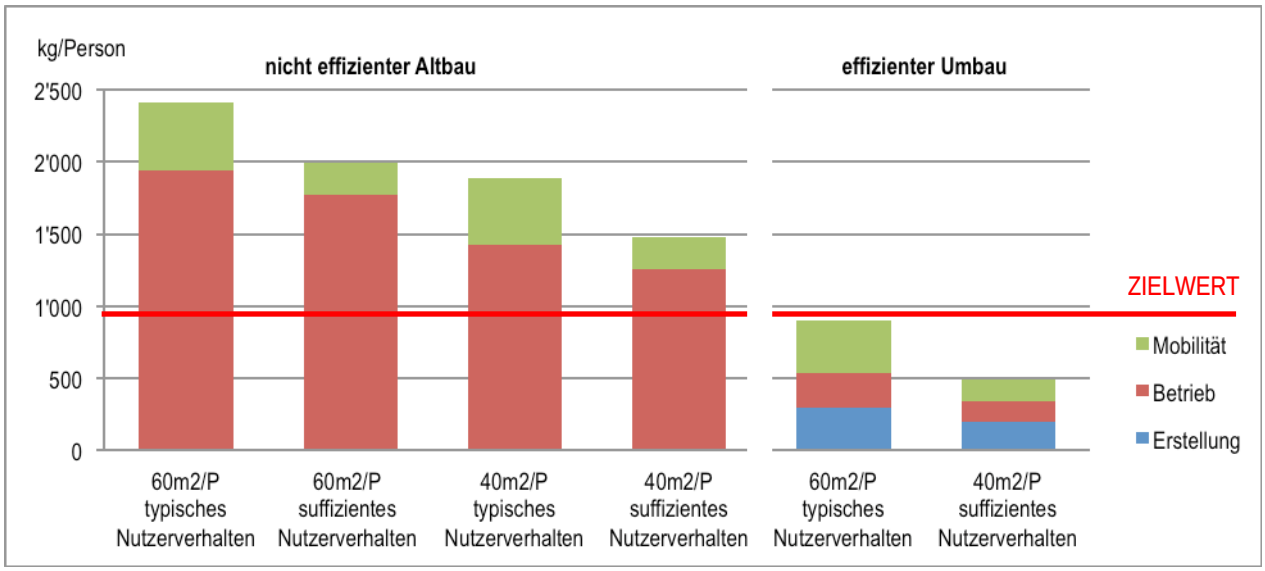
Zielwerterreichung bei nicht effizientem Gebäude

Auch bei suffizientem Nutzerverhalten im Betrieb und insbesondere auch in der Mobilität und einer Personenfläche von nur 40 m^2 Energiebezugsfläche pro Person werden die personenbezogenen Zielwerte gemäss SIA-Effizienzpfad Energie nicht erreicht. Bei der nicht erneuerbaren Primärenergie ist mit einer Überschreitung von nur 5% das Ziel aber in Griffnähe, bei den Treibhausgasemissionen wäre zur Zielerreichung noch eine Reduktion um rund 550 kg/Person not-

wendig (Zielwert um 60% überschritten). Der Zielwert für die gesamte Primärenergie wird erreicht, da praktisch keine erneuerbare Energie eingesetzt wird.

Stände das Gebäude nicht in ländlichem Gebiet, sondern in einer Kernstadt mit sehr guter Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr und Einkaufsmöglichkeiten in naher Distanz, würde sich an diesem Fazit nicht viel ändern: Die Dominanz des Betriebs (und dort insbesondere der Energiebedarf für die Heizung und das Warmwasser und die entsprechenden Treibhausgasemissionen) verunmöglichen auch so die Zielerreichung. Neben einer Verminderung des Heizwärmebedarfs (Effizienz-Massnahme) könnte auch die Substitution des fossilen Energieträgers (Konsistenz-Massnahme) die Zielwerte bei suffizientem Verhalten in den Bereich des Möglichen rücken.[27]

Figur 22: Treibhausgasemissionen pro Person bei variabler Personenfläche und variablem Nutzerverhalten im Betrieb und in der Mobilität bei einem nicht effizienten Altbau und einem effizienten und konsistenten Umbau.



Fazit

Moderate Suffizienz alleine reicht nicht, um den Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft in ausreichender Geschwindigkeit zu begehen. Die Kombination mit Effizienz und/oder Konsistenz (Substitution nicht erneuerbarer Energieträger, Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Schliessen der Stoffkreisläufe) ist zielführend.

Die absolute Einsparung von nahezu einer Tonne Treibhausgasemissionen jährlich pro Person durch moderate Suffizienz bei nicht effizienten und nicht konsistenten Gebäuden ist aber beeindruckend und könnte zu einem Schlüsselfaktor in der Umsetzung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft werden. Die aufgrund ihrer Klimarelevanz dringend notwendige Reduktion der Treibhausgasemissionen liesse sich im Gebäudebestand der Schweiz durch moderat suffizientes Nutzerverhalten und eine Reduktion des Wohnflächenverbrauchs pro Person relativ schnell und mit geringen Investitionskosten vorantreiben. Suffizienz – gerade auch in nicht effizienten und nicht konsistenten Gebäuden – kann einen wertvollen Beitrag zur Zielerreichung leisten und einen unter Umständen entscheidenden Gewinn bergen: nämlich etwas mehr Zeit, um die grosse Herausforderung zu meistern, den gesamten Gebäudebestand der Schweiz so zu erneuern, dass dieser energieeffizient und konsistent betrieben werden kann.

[27] Dies gilt zumindest für die Zielwerte der Primärenergie nicht erneuerbar und der Treibhausgasemissionen. Je nach Energieträger dürfte aber der Sollwert bei der Primärenergie gesamt dadurch überschritten werden.

7 Ausblick

Die vorliegende Studie beschreibt moderat suffizientes Verhalten und verschwenderisches Verhalten als dessen Gegenteil. Im Wohnbereich wird das Reduktionspotenzial an Primärenergie und Treibhausgasemissionen differenziert quantifiziert. Damit ist ein wichtiger Schritt zur Versachlichung der Diskussion um Suffizienz und deren notwendiges Ausmass getan. Es ermöglicht auch die bereits geplanten und realisierten Schritte von Bauherrschaften und Verwaltungen in Richtung Suffizienz zu würdigen. Nicht zuletzt ermöglicht die Studie den Nutzerinnen und Nutzern ihr eigenes Verhalten im Vergleich zu einem typischen, suffizienten oder verschwenderischen Nutzerverhalten einzustufen.

Entscheidend für die Erschliessung des grossen Potenzials von Suffizienz werden gesellschaftliche Entwicklungen sein, die zwar gefördert, aber kaum verordnet werden können. Suffizienz in der Energienutzung wird sich als erstrebenswertes, freiwilliges Handeln vermutlich nur etablieren, wenn der vermeintliche Verzicht als Gewinn an Lebensqualität, z.B. mehr Zeit und Gelassenheit, statt mehr materielle Güter, anerkannt wird. Vorbilder sind dazu notwendig und wertvoll und sie sind vorhanden: Die Genossenschaft Kalkbreite baut in Zürich zurzeit eine autofreie Wohnsiedlung, in welcher der Flächenverbrauch pro Person im Vergleich zum schweizerischen Durchschnitt klar reduziert wird[28]. Die städtischen Wohnsiedlungen in Zürich weisen einen durchschnittlichen Wohnflächenverbrauch pro Kopf auf, der deutlich unter dem hier als moderat suffizient bezeichneten Flächenkonsum liegt. Gemäss der Studie *Stadt Zürich – Mobilität in Zahlen* [14] verfügen knapp die Hälfte aller Haushalte in der Stadt Zürich über kein Auto, gar 62% der Arbeitswege werden in Zürich mit dem öffentlichen Verkehr, dem Fahrrad oder zu Fuss zurückgelegt. In der "Stadt mit der höchsten Lebensqualität"[29] wird also bereits teilweise Suffizienz gelebt.

Suffizientes Verhalten dank gesellschaftlichen Veränderungen, der Verschiebung von Wertehaltungen und damit der Konsumstile scheint dabei der Königsweg, wenngleich die Überwindung einiger Barrieren zu bewältigen ist (vgl. dazu *Suffizienz – die Konsumgesellschaft in der ökologischen Krise* [16]). Ein ganz anderes, aber durchaus realistisches Szenario könnte die Realisierung eines suffizienten Verhaltens aufgrund einer negativen wirtschaftlichen Entwicklung sein – für Einzelpersonen, in der Schweiz, in Europa und Global. Effizienz-Massnahmen wie energetische Gebäudesanierungen oder die Substitution fossiler Energieträger verursachen Investitionskosten, weshalb deren Umsetzung in wirtschaftlich schwierigen Zeiten ins Stocken geraten kann. Suffizienz-Strategien dagegen realisieren sich in der ökonomischen Krise ohne Investitionskosten und relativ schnell: auf Güter und Dienstleistungen zu verzichten, ist in Krisenzeiten der effektivste Weg Geld zu sparen.

Moderate Suffizienz kombiniert mit Energieeffizienz und Konsistenz dürfte sich als effektivste Strategie auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft erweisen. Dass mit Suffizienz selbst ohne Effizienz und Konsistenz ein grosses Potenzial erschlossen werden kann, bildet im Hinblick auf die wirtschaftliche Herausforderung einer energetischen Sanierung des gesamten Gebäudebestands innert den nächsten 40 Jahren[30] eine wichtige Erkenntnis, welche den grossen Zeitdruck etwas mildern kann.

[28] Informationen unter www.kalkbreite.net
[29] Gemäss Unternehmensberatung Mercer rangiert Zürich 2011 auf Platz 1 von 215 untersuchten Städten der Welt.
[30] Im Vorwort des SIA Effizienzpfad Energie: "(...) Alle bestehenden Bauten werden bis 2050 entsprechend den Zielwerten für Umbauten energetisch saniert (...). Nur wenn diese Bedingungen eingehalten werden, kann das Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft mit den in diesem Merkblatt postulierten Zielwerten erreicht werden."

Weitergehende Untersuchungen und Entwicklungsprojekte:

- Vertiefende Untersuchungen der Bedeutung von Suffizienz im Bestand und bei der Mobilität.
- Umfassende Darstellung von Suffizienz im Rahmen der Nachhaltigen Entwicklung von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt: Insbesondere Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Suffizienzmassnahmen im Vergleich zu Effizienz und Konsistenz.
- Anwendungsorientierte Erkenntnisse und Massnahmen aus Sozialforschung und Technik zur Förderung eines suffizienten Nutzerverhaltens: Vergleiche Vorschläge aus vorliegender Untersuchung und Ergebnisse Energieforschung Stadt Zürich: Themenbereich Haushalte [4]

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

[1] SIA 2040; SIA-Effizienzpfad Energie, Merkblatt SIA 2040, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2011

[2] SIA 2032; Graue Energie von Gebäuden, Merkblatt SIA 2032, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2009

[3] SIA 2039; Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort; Merkblatt SIA 2039; Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2011

[4] Stadt Zürich und ewz; Energieforschung Stadt Zürich: ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft, Departement der Industriellen Betriebe und ewz, in Bearbeitung. Laufende Informationen unter *www.energieforschung-zuerich.ch*

[5] SIA D 0236; SIA-Effizienzpfad Energie – Ergänzungen und Fallbeispiele zum Merkblatt SIA 2040, Dokumentation SIA D 0236, 2011.

[6] LENZLINGER 2010; Bestimmung der Ziel- und Richtwerte beim TopDown-Approach. *Download unter www.energytools.ch > downloads > Grundlagenberichte zu SIA 2040*, 2010

[7] BFE 2011; Graue Energie von Sanitär- und Elektroanlagen; Auftragnehmer: büro für umweltchemie, U. Kasser, M. Klingler, August 2011

[8] AHB 2011; Nutzerverhalten beim Wohnen. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten. Auftragnehmer: Gallati Kommunikation / Faktor Journalisten, Juli 2011.

[9] SIA 380/1; Thermische Energie im Hochbau; Norm SIA 380/1, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2009

[10] LENZLINGER; Eigene Untersuchungen von M. Lenzlinger im Rahmen der Überarbeitung von SIA 380/1, martin.lenzlinger@bluewin.ch

[11] TOPTEN 2012; Der Klick zum besten Produkt; *www.topten.ch*

[12] SIA 380/4; Elektrische Energie im Hochbau; Norm SIA 380/4; Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2006

[13] AHB 2008: Professionelle Beschaffung: Haushaltgeräte. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten und ewz. *Download unter www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen*. 2008 (3. Auflage)

[14] Stadt Zürich, Tiefbau- und Entsorgungsdepartement; Stadt Zürich – Mobilität in Zahlen. Auftragnehmer: Planungsbüro Jud, Zürich, R. Bäumler, S. Schneider, 2010. *Download unter www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/departement/medien/medienmitteilungen*

[15] Grundlagen für ein Umsetzungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft. Ein Gemeinschaftsprojekt von Stadt Zürich, Bundesamt für Energie, EnergieSchweiz für Gemeinden und novatlantis, 2008.

[16] STENGEL, Oliver: Suffizienz – die Konsumgesellschaft in der ökologischen Krise, Oekom Verlag, ISBN 978-3-86581-280-3, München, 2011.