



Themenbereich Gebäude

Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude

Forschungsprojekt FP-2.5

Kurzfassung, September 2014

14

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

Auftraggeber

Energieforschung Stadt Zürich
Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Auftragnehmer des Forschungsprojekts

econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich
www.econcept.ch

Amstein + Walther AG, Andreasstrasse 11, 8050 Zürich
www.amstein-walther.ch

Treeze Ltd., Kanzleistrasse 4, 8610 Uster
www.treeze.ch

Autor der Kurzfassung

Othmar Humm

Begleitgruppe

Annette Aumann, Amt für Hochbauten (AHB)
Christine Kulemann, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)
Alex Martinovits, Stadtentwicklung Zürich (STEZ)
Sandra Nigsch, Amt für Städtebau (AFS)
Toni W. Püntener, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)
Dr. Urs Rey, Statistik Stadt Zürich
Marcel Thoma, ewz
Marcel Wickart, ewz

Zitierung

Humm, O. 2014: Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude. Energieforschung Stadt Zürich.
Kurzfassung Bericht Nr. 14, Forschungsprojekt FP-2.5.

Für den Inhalt ist alleine der Autor verantwortlich. Die vorliegende Kurzfassung basiert auf dem Bericht Ott, W., Frischknecht, R., Kärcher, M., Grütter, M., Baumgartner, A., Itten, R., Cerny, N. 2014: Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude. Energieforschung Stadt Zürich. Bericht Nr. 14, Forschungsprojekt FP-2.5. Der vollständige Bericht kann unter www.energieforschung-zuerich.ch bezogen werden.

Kontakt

Energieforschung Stadt Zürich
Geschäftsstelle
c/o econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich
reto.dettli@econcept.ch 044 286 75 75

Titelbild

Luca Zanier, Zürich

Energieforschung Stadt Zürich

Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Energieforschung Stadt Zürich ist ein auf zehn Jahre angelegtes Programm und leistet einen Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft. Dabei konzentriert sich Energieforschung Stadt Zürich auf Themenbereiche an der Nahtstelle von sozialwissenschaftlicher Forschung und der Anwendung von neuen oder bestehenden Effizienztechnologien, welche im städtischen Kontext besonders interessant sind.

Im Auftrag von ewz betreiben private Forschungs- und Beratungsunternehmen sowie Institute von Universität und ETH Zürich anwendungsorientierte Forschung für mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Die Forschungsergebnisse und -erkenntnisse sind grundsätzlich öffentlich verfügbar und stehen allen interessierten Kreisen zur Verfügung, damit Energieforschung Stadt Zürich eine möglichst grosse Wirkung entfaltet – auch ausserhalb der Stadt Zürich. Geforscht wird zurzeit in zwei Themenbereichen.

Themenbereich Haushalte

Der Themenbereich Haushalte setzt bei den Einwohnerinnen und Einwohnern der Stadt Zürich an, die zuhause, am Arbeitsplatz und unterwegs Energie konsumieren und als Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in vielerlei Hinsicht eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft einnehmen. Dabei werden insbesondere sozialwissenschaftliche Aspekte untersucht, die einen bewussten Umgang mit Energie fördern oder verhindern. In Feldversuchen mit Stadtzürcher Haushalten wird untersucht, welche Hemmnisse in der Stadt Zürich im Alltag relevant sind und welche Massnahmen zu deren Überwindung dienen.

Themenbereich Gebäude

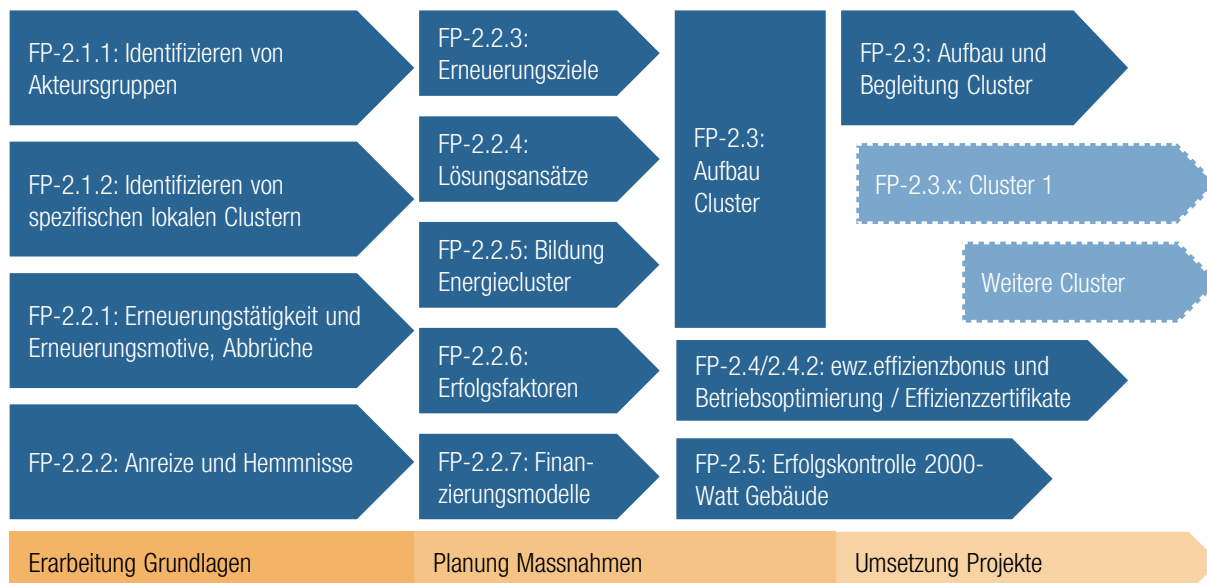
Der Themenbereich Gebäude setzt bei der Gebäudeinfrastruktur an, welche zurzeit für rund 70 Prozent des Endenergieverbrauchs der Stadt Zürich verantwortlich ist. In wissenschaftlich konzipierten und begleiteten Umsetzungsprojekten sollen zusammen mit den Eigentümerinnen und Eigentümern sowie weiteren Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern Sanierungsstrategien für Gebäude entwickelt und umgesetzt werden, um damit massgebend zur Sanierung und Erneuerung der Gebäudesubstanz in der Stadt Zürich beizutragen. Im Vordergrund stehen die Steigerung der Energieeffizienz im Wärmebereich und die Minimierung des Elektrizitätsbedarfs.

Übersicht und Einordnung der Forschungsprojekte

Übersicht der Forschungsprojekte (FP) im Themenbereich Haushalte für die Jahre 2013/2014.



Übersicht der Forschungsprojekte (FP) im Themenbereich Gebäude für die Jahre 2013/2014.



1 Das Wichtigste in Kürze

Passen Gebäude und Siedlungen, die nach dem SIA-Effizienzpfad Energie geplant und betrieben werden, in die 2000-Watt-Gesellschaft? Entspricht das Verhalten der Bewohnerschaft dieser Vision? Eine Erfolgskontrolle zeigt weitgehende Übereinstimmung, aber auch Unzulänglichkeiten.

Die fünf untersuchten Mehrfamilienhäuser sind ausnahmslos unter der Prämisse einer weitgehenden Energieeffizienz und Klimaverträglichkeit erstellt respektive erneuert worden, auch wenn nicht bei allen Häusern der SIA-Effizienzpfad Energie als Referenz diente. Die Planungswerte der Objekte unterschreiten die Richt- und Zielwerte des Effizienzpfades; sie sind deshalb „kompatibel“ oder – wie die „Sihlweidstrasse“ – „fähig“ zum SIA-Effizienzpfad. Die Treibhausgasemissionen aller Gebäude liegen unter den Zielwerten des Effizienzpfades. Ausser beim Objekt „Badenerstrasse“ gilt dies auch für die nicht erneuerbare Primärenergie. Dieses Gebäude liegt nur knapp über dem entsprechenden Zielwert. Tiefe Werte bei der durch das Gebäude induzierten Alltagsmobilität kompensieren bei den meisten Objekten über den Planungswerten liegende effektive Verbrauchswerte im Betrieb des Gebäudes. Positiv ist demnach der Beitrag der Gebäude – inklusive der dazugehörigen Alltagsmobilität – an die Erreichung der Effizienzpfad-Vorgaben und der 2000-Watt-Ziele.

Das für den Energieverbrauch relevante Verhalten der Bewohnerschaft ist gut. Der durchschnittliche Stromverbrauch je Haushalt liegt mit 1750 kWh pro Jahr deutlich unter den entsprechenden Schweizer Werten. Es sind relativ wenige zusätzliche elektrische Geräte im Gebrauch, die zumeist einem guten Energiestandard entsprechen. Noch verbesserungswürdig ist die Ausstattung der Wohnungen mit Energiesparlampen. Gleiches gilt für die Geräte zum Waschen und Trocknen. Verglichen mit dem Stadtzürcher Durchschnitt ist der Anteil von Solar- und Ökostrom im häuslichen Strommix grösser.

Die befragten Bewohnerinnen und Bewohner führen einen Lebensstil entsprechend einem auf die 2000-Watt-Gesellschaft ausgerichteten Pfad oder noch energiesparsamer, ohne deren Etappenziele jetzt schon zu erreichen. Dies gilt für alle analysierten Lebensbereiche Wohnen, Mobilität, Ernährung und Konsum. Die Durchschnittswerte der Treibhausgasemissionen als auch des Primärenergieverbrauchs aller untersuchten Lebensbereiche liegen unterhalb des Zielpfades, aber deutlich über den Zwischenzielen für 2050. Nur beim Wohnen erreichen die Befragten das Klima-Zwischenziel 2050 bereits heute, wobei in dieser Beurteilung der Wohnflächenbedarf je Person eine entscheidende Grösse darstellt. In der Mobilität, in der Ernährung und im Konsum sind die Zwischenziele nicht ohne Anstrengungen erreichbar.

Zur Methodik der Untersuchung

Dass Bewohnerinnen und Bewohner von 2000-Watt-kompatiblen Gebäuden ideale Voraussetzungen für einen nachhaltigen Lebensstil haben und dadurch diesen auch pflegen, ist eine naheliegende Hypothese. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen, beauftragte Energieforschung Stadt Zürich externe Fachleute mit einer „Erfolgskontrolle 2000-Watt-Gebäude“. Im Zentrum der Untersuchung stehen einerseits fünf Gebäude und deren Energie- und Klimawirkungen, andererseits das Verhalten, der Lebensstil und die Zufriedenheit der Bewohnerschaft. Die fünf untersuchten Mehrfamilienhäuser liegen in unterschiedlichen Quartieren der Stadt Zürich und werden als „kompatibel“ respektive „fähig“ zum SIA-Effizienzpfad Energie eingeschätzt. Vier der Bauten wurden umfassend saniert und erweitert, ein Objekt ist ein Neubau (Badenerstrasse).

Durch Begehungen und Befragungen der Eigentümerschaften konnten Informationen zur Beurteilung und zum Energieverbrauch der Gebäude dokumentiert werden. In einem weiteren Schritt wurden 108 Bewohnerinnen und Bewohner in 78 Haushalten befragt – alle über 17 Jahre alt. Die Untersuchung bildet auch eine konzeptionelle Basis für künftige Monitorings zur 2000-Watt-Gesellschaft.

Anmerkung zur Beurteilung der Mobilität:

Die Mobilität der Bewohnerschaft rückt zweimal in den Fokus der Untersuchung. Einerseits liefert der SIA-Effizienzpfad einen Richtwert für die durch den Standort und die Ausstattung des Gebäudes bedingte „Alltagsmobilität“. Andererseits wurde bei der Bewohnerschaft das Mobilitätsverhalten insgesamt erhoben, also auch jenes in der nicht alltäglichen Freizeit und in den Ferien. Dazu gehören Reisen von über drei Stunden respektive mit Übernachtungen. Daraus ergeben sich zwei unterschiedliche Bewertungen. Die Bewohnerschaft der untersuchten Häuser schneidet in der Alltagsmobilität wegen der überdurchschnittlichen Nutzung des ÖV sehr gut ab, während die nicht alltägliche Freizeitmobilität durch den Einsatz von Motorfahrzeugen und durch Ferienflüge ein ganz anderes Bild abgibt.

2 Wichtige Ergebnisse

Entspricht die Wohnqualität den Erwartungen der Bewohnerschaft?

„Zufrieden“ heisst es von der Bewohnerschaft aller untersuchten Siedlungen, zufrieden mit der Ausstattung und auch mit dem Komfort. Sowohl die Tageslichtverhältnisse als auch die Raumtemperatur, die Qualität der Raumluft und die Luftfeuchtigkeit beurteilen die Bewohnerinnen und Bewohner als gut bis sehr gut. Nur in den Siedlungen Badenerstrasse und Sihlweidstrasse fühlen sich Bewohner und Bewohnerinnen durch Schallimmissionen technischer Einrichtungen respektive durch Gerüche gestört. Die Technikgeräusche sind vermutlich auf die Lüftungsanlage zurückzuführen.

Bewegt sich die Bewohnerschaft in Richtung Zwischenziele der 2000-Watt-Gesellschaft?

Daten und Methodik der Untersuchung lassen zwar keine präzisen Aussagen zu, wohl aber Einschätzungen zur Übereinstimmung mit den Zwischenzielen 2050 der 2000-Watt-Gesellschaft. Mit heutigem Stand ist die Bewohnerschaft der untersuchten Häuser bei der Ernährung und im privaten Konsum auf dem Absenkpfad. Bis zum Zwischenziel des Jahres 2050 ist allerdings noch ein weiter Weg, wobei das Wohnen bereits heute diesem Ziel weitgehend entspricht. Im Mobilitätsverhalten wird dagegen eine kontinuierliche Anpassung notwendig sein, um auf dem Zielpfad zu bleiben. Die Bewohnerschaft der Objekte Leimbachstrasse und Segantinistrasse muss ihr diesbezügliches Verhalten anpassen, um überhaupt auf den Zielpfad zu gelangen. Bewohnerinnen und Bewohner sind bei der Mobilität, in der Ernährung und beim privaten Konsum von den Klimazielen weiter entfernt als von den Energiezielen. Beim Wohnen hingegen ist der Abstand zu den Energiezielen grösser als zu den Klimazielen. Dieser Befund hängt mit der Alltagsmobilität der Bewohnerschaft zusammen: Die üblicherweise CO₂-intensive Alltagsmobilität weist in diesen Objekten nur geringe Emissionen aus. Offenkundig sind beim Wohnen die Klimaziele leichter erreichbar als die Energieziele.

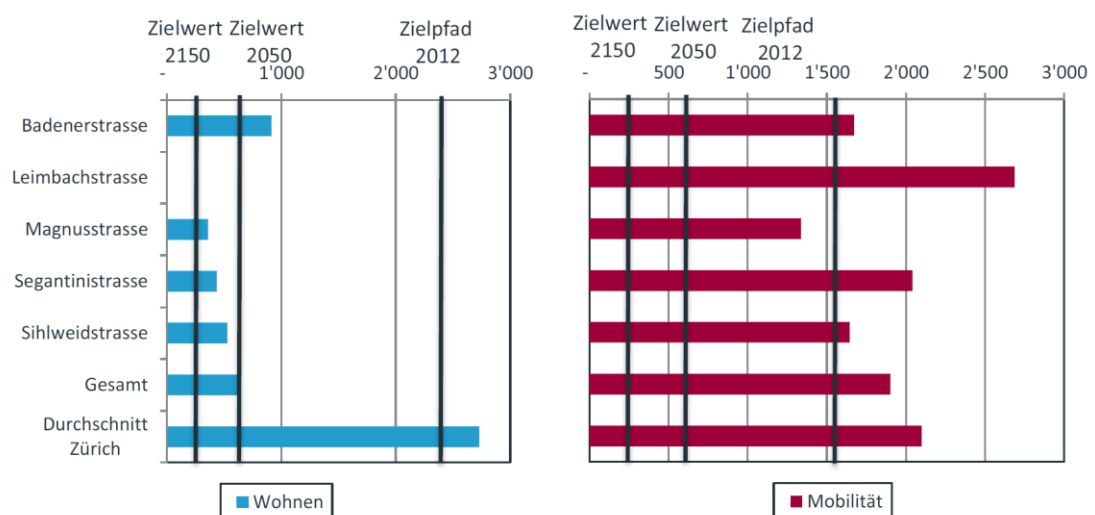


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen in kg CO₂-eq pro Person und Jahr, ausgewertet pro Liegenschaft, als Durchschnitt aller Liegenschaften sowie der Zürcher Durchschnitt für die beiden Konsumbereiche Wohnen und Mobilität. Eingezeichnet sind auch der Wert auf dem Zielpfad 2012 und der Zielwert für die Jahre 2050 und 2150.

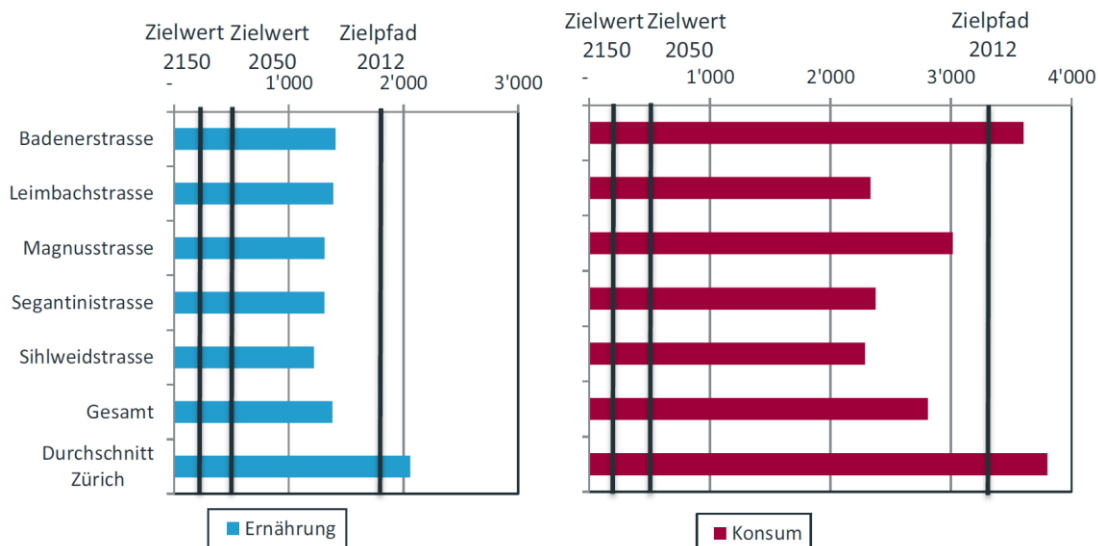


Abbildung 2: Treibhausgasemissionen in kg CO₂-eq pro Person und Jahr, ausgewertet pro Liegenschaft, als Durchschnitt aller Liegenschaften sowie der Zürcher Durchschnitt für die beiden Konsumbereiche Ernährung und übriger Konsum. Eingezeichnet sind auch der Wert auf dem Zielpfad 2012 und die Zielwerte für die Jahre 2050 und 2150.

Betriebsenergiebedarf: Planungswerte und Verbrauchswerte

Die Planungswerte der untersuchten Liegenschaften liegen, mit Ausnahme jener an der Badenerstrasse, unter dem Richtwert des SIA-Effizienzpfades Energie, der dem Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft für das Jahr 2050 entspricht. Für die Neubauten Badenerstrasse liegen lediglich die Treibhausgasemissionen über dem Richtwert. Dies ist plausibel, weil die Neubaurichtwerte der Treibhausemissionen nur halb so hoch sind wie die Richtwerte von Umbauten. Die Erhebungen zeigen, dass energetisch gute Umbauten ungefähr dieselben Werte erreichen wie Neubauten – eine Unterscheidung also kaum sinnvoll ist. Die gute Bilanz hängt ebenso von der guten Gebäudehülle wie vom gewählten Energieträger für die Wärmeversorgung ab. Zudem präsentieren die Gebäude eine grosse Vielfalt an technischen und konstruktiven Lösungen, die zu diesen guten Planungswerten führen.

Ein anderes Bild zeigt die Analyse des tatsächlichen Energieverbrauches: Alle Gebäude liegen diesbezüglich über den Planungswerten, zum Teil sogar deutlich. Nur die „Sihlweidstrasse“ erreicht die Richtwerte des SIA-Effizienzpfades Energie zu den Treibhausgasemissionen und zur nicht erneuerbaren Primärenergie, unter der Annahme einer auf Holzschnitzel umgerüsteten Wärmeerzeugung (statt Erdgas) und unter Einbezug der PV-Anlage. Die Gebäude Segantinistrasse und Badenerstrasse weisen tiefere Werte für den gesamten Primärenergieeinsatz aus als dies die Richtwerte im Entwurf des SIA-Effizienzpfades dokumentieren. Nicht untersucht werden konnten die Ursachen für die Abweichungen zwischen Betriebs- und Planungswerten. Ob die Berechnungsweise respektive Annahmen und Vereinfachungen, das Benutzerverhalten oder die fehlende Betriebsoptimierung diese Differenzen ergeben, müssten vertiefte Betrachtungen zeigen.

Die Betriebsenergiebilanz könnte am einfachsten durch langfristige Verpflichtungen zum Bezug von Ökostrom der Qualität „naturmade star“ oder durch den Betrieb von Photovoltaikanlagen am Standort verbessert werden.

Hintergrund: Das Merkblatt SIA 2040 (SIA-Effizienzpfad Energie) dokumentiert Zielwerte nur für den Gesamtenergiebedarf, also für den Betrieb und die Erstellung des Gebäudes sowie für die mit dem Gebäudestandort zusammenhängende (Alltags-) Mobilität. Zudem nennt das Merkblatt Richtwerte für den Betrieb eines Gebäudes, differenziert für Umbauten und Neubauten. Ziel- und Richtwerte beziehen sich auf die Treibhausgasemissionen und die nicht erneuerbare Primärenergie. Keine Angaben enthält das Dokument für die gesamte Primärenergie, die aber für Beurteilungen hinsichtlich der 2000-Watt-Gesellschaft relevant ist. Für diese Studie wurde deshalb der Merkblatt-Entwurf beigezogen, der noch einen Richtwert für die gesamte Primärenergie enthält. Mangels vollständiger Verbrauchsdaten konnte das Objekt Leimbachstrasse nicht beurteilt werden.

Eine weitere Schwierigkeit in der Beurteilung von Objekten ergibt sich aus den unterschiedlichen Bezugsgrößen: Planungs- und Verbrauchswerte der Objekte sowie Ziel- und Richtwerte des Merkblattes basieren auf Energiebezugsflächen, die Werte zur 2000-Watt-Gesellschaft dagegen beziehen sich auf Personen. Scharnier zwischen den Bewertungssystemen bildet die Belegung eines Gebäudes (m^2 pro Person). Das Merkblatt geht von einem eher grosszügigen Standardwert von 60 m^2 pro Person aus. Bei den Objekten differiert dieser Wert relativ stark, zwischen $39 \text{ m}^2/\text{P}$ beim Objekt Segantinistrasse und $75 \text{ m}^2/\text{P}$ bei der Liegenschaft an der Badenerstrasse. Die Belegungsdichte akzentuiert – je nach Objekt respektive Abweichung vom Standardwert – die Resultate in einer personenbezogenen Betrachtung (siehe dazu Beispiele im folgenden Abschnitt).

Werden die Vorgaben zur grauen Energie erreicht?

Die Ziele zur grauen Energie werden nicht von allen untersuchten Objekten erreicht. Der Umbau an der Magnusstrasse unterschreitet die Richtwerte ebenso wie der Neubau an der Badenerstrasse. Über diesen Werten liegen dagegen die Umbauten Sihlweidstrasse und Segantinistrasse. Zu beachten ist, dass die Richtwerte gemäss Merkblatt SIA 2040 für Neu- und für Umbauten differieren. Bei den Bauvorhaben ist indessen die Unterscheidung nicht so klar, weil die Umbauten mit Neubauteilen – Anbauten und Aufstockungen – ergänzt wurden, wenn auch in unterschiedlichem Ausmass. Da der Neubau an der Badenerstrasse sehr gute Werte zur grauen Energie aufweist und die entsprechenden Werte der Umbauten aufgrund des Neubauanteils relativ hoch sind, ergeben sich nur geringe Differenzen unter den untersuchten Objekten. Bei der Umrechnung der grauen Energiebilanzen von Flächen auf Personen bezogene Werte, wie dies für eine 2000-Watt-Betrachtung üblich ist, kommt der spezifische Flächenanspruch pro Person ins Spiel. Dadurch verbessert sich die Bilanz für die Gebäude an der Magnusstrasse und Segantinistrasse relativ stark, beim Objekt Sihlweidstrasse etwas weniger deutlich. Dagegen verschlechtert sich die Bewertung aufgrund des überdurchschnittlichen Flächenanspruchs der Bewohner in der Liegenschaft Badenerstrasse.

Werden die Vorgaben bezüglich gebäudeinduzierter Mobilität erreicht?

Sowohl die Planungswerte als auch die effektiven Verbrauchswerte der durch die Gebäude induzierten Alltagsmobilität liegen unter den Richtwerten des Merkblattes 2040. Zwischen 7 % und 27 % beträgt die Abweichung gegenüber den Vorgaben bei den Planungswerten. Um 22 % unterschreiten die Verbrauchs- die Planungswerte des Gebäudes an der Leimbachstrasse, bei den anderen Gebäuden liegen die Verbrauchswerte sogar um den Faktor 2 bis 3 unter den Planungswerten. Zwischen der Verbrauchsberechnung gemäss Merkblatt SIA 2039 „Mobilität“ und jener aufgrund der Befragung ergeben sich plausible Unterschiede, auch wenn sie in ihrer Ausprägung überzeichnet sind. Denn die Richtwerte des Merkblattes bilden ein typisches alltägliches Mobilitätsver-

halten ab, das auf dem Mikrozensus Mobilität für Kernstädte des Bundesamtes für Statistik basiert. Zudem differenziert das Merkblatt nur zwischen Kernstädten und übrigen Städten, eine Unterscheidung, die der spezifischen Situation von grossen Städten wie Zürich kaum gerecht wird. Dem gegenüber zeigen die Werte des effektiven Verbrauches das grosse Potenzial eines umweltgerechten Alltagsverhaltens in der Mobilität.

Wie wirken sich Gebäudehülle und Wärmeerzeugung auf die Gesamtbilanz aus?

Um die Wirkung von Massnahmen auf die Gesamtbilanz zu bewerten, wurde den Gebäuden eine Gebäudehülle gemäss MuKEn 2008 und die bestehende Wärmeerzeugung (Variante 1) respektive eine Ölheizung (Variante 2) unterstellt. Die Resultate belegen, dass der entscheidende Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen und des Verbrauches an nicht erneuerbaren Primärenergie von den erneuerbaren Energien in der Wärmeerzeugung kommt, beispielsweise durch eine Holzfeuerung oder eine Wärmepumpe. Deutlich geringer ist der Beitrag einer im Vergleich zur MuKEn 2008 verbesserten Gebäudehülle. Das führt zum Befund, dass mit den in den Gebäuden eingesetzten Wärmeerzeugern auch dann eine zum Effizienzpfad kompatible oder fähige Lösung möglich ist, wenn keine besonderen Anstrengungen an der Gebäudehülle wirksam würden.

Werden technische Hilfsmittel von der Bewohnerschaft akzeptiert und genutzt?

Diese Frage beantworteten die Bewohnerinnen und Bewohner mit „ja“. Im Durchschnitt sind sie zufrieden mit den Interventionsmöglichkeiten, allerdings mit grossen Unterschieden zwischen den Altersgruppen. Personen über 65 Jahre sind überwiegend „sehr zufrieden“, während der Anteil der Zufriedenen bei den 16- bis 39-Jährigen unter 50 % liegt. Vermutlich sind die Ansprüche jüngerer, technisch versierterer Personen höher, eine kritische Bewertung demnach plausibel.

Verbesserungsvorschläge aus der Bewohnerschaft

Ein grösserer Teil der Bewohnerinnen und Bewohner sind nach eigener Einschätzung ungenügend über ihren Stromverbrauch informiert. Eine bessere, allenfalls auch häufigere Information ist also angezeigt. Unzureichend sind nach Aussagen der Befragten auch die technischen Möglichkeiten; insbesondere jüngere Bewohner und Bewohnerinnen sind mit der Steuerung und Programmierbarkeit der technischen Einrichtungen nicht vollständig zufrieden. Die Hinweise auf Schallemissionen der Haustechnik in der Siedlung Badenerstrasse deuten auf Mängel im Konzept respektive in der Ausführung der Lüftungsanlage hin.

Gebäudeinfrastruktur

Genügt der Bewohnerschaft die Bedienungsoberfläche der Gebäude? Sind die technischen Hilfsmittel in den untersuchten Objekten geeignet, um neben der Regelung der Raumtemperatur, der Lüfterneuerung und der Beleuchtung auch Monitoring- und Feedback-Leistungen zu übernehmen? Zwar sind die Wohnräume in den Gebäuden mit Thermostatventilen für die raumweise Temperaturregelung ausgerüstet, doch insgesamt sind nur wenig technische Hilfsmittel verfügbar. In der Liegenschaft Magnusstrasse sind in Eckräumen mit ungedämmten Aussenwänden die Solltemperaturen kaum erreichbar. Die Steuerung der Lüftung erfolgt in den Objekten Badenerstrasse, Sihlweidstrasse und Leimbachstrasse in Abhängigkeit des CO₂-Gehaltes in der Raumluft; sie sind also bedarfsgesteuert. An der Magnusstrasse dagegen ist dies nicht möglich: Die Lüftung ist ganzjährig und rund um die Uhr mit demselben Volumenstrom in Betrieb. Ebenfalls nicht dem Bedarf entsprechend gesteuert ist die Lüftung an der Segantinstrasse. Immerhin ist eine automatische Tag-Nacht-Steuerung installiert. Voll-

ständig erfasst wird der Stromertrag der PV-Anlagen. Die Daten zur Ernte der thermischen Kollektoren sind dagegen unvollständig. Gar nicht bekannt ist die von der Migros an die Siedlung Badenerstrasse gelieferte Menge an Abwärme. In keinem Gebäude bietet sich den Bewohnern und Bewohnerinnen Möglichkeiten zum Monitoring und zum Feedback.

Auswirkungen auf den Lebensstil der Bewohnerschaft

Wie wirken sich Mobilitätskonzepte, Belegungsvorschriften und Vereinbarungen mit Bewohnern aus? Der zurückhaltende Einsatz von Autos und die überdurchschnittliche Nutzung des öffentlichen Verkehrs der Bewohnerschaft der Siedlungen Badenerstrasse und Magnusstrasse deuten darauf hin, dass die hervorragende Quartierinfrastruktur, insbesondere der täglichen Versorgung und des ÖV, einen dämpfenden Einfluss auf die Fahrleistungen im motorisierten Individualverkehr haben. Zur Akzeptanz von Mobilitätskonzepten und Vereinbarungen mit Bewohnern wurden keine Daten erhoben. Eigentliche Belegungsvorschriften sind in den Siedlungen nicht wirksam, wenn man davon absieht, dass bei Wohnungsvermietungen auf eine zur Bewohnerzahl angemessene Wohnfläche geachtet wird. Die Bewohnerinnen und Bewohner wären mit ihrer Wohnungsgrösse zufrieden, auch wenn im Vermietungsverfahren keine Selektion erfolgen würde.

Die Umsetzung von 2000-Watt-Zielen hat vielfältige Auswirkungen auf den Lebensstil von Bewohnerinnen und Bewohnern. Naturgemäss konnten diese Folgen nur ausschnittsweise beleuchtet werden. Beispielsweise die Beobachtung, dass in einem guten Raumklima zusätzliche Geräte wie Luftbefeuchter und Heizlüfter keinen Sinn machen und deshalb signifikant weniger eingesetzt werden. Es ist unverkennbar, dass sich das Leben in einer 2000-Watt-Siedlung mannigfach positiv auswirkt, wobei nicht eruiert werden konnte, ob die Bewohnerinnen und Bewohner nicht schon vor Bezug dieser Wohnungen einen ökologisch orientierten Lebensstil pflegten. Sowohl beim Wohnen und im alltäglichen Mobilitätsverhalten als auch in der Ernährung und im Konsum schneidet die Bewohnerschaft in Bezug auf Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch besser ab als der Durchschnitt der Stadtzürcher Bevölkerung – auch wenn die 2000-Watt-Ziele noch deutlich verfehlt werden. Typisch dafür ist der Befund, dass der Anteil der Car-Sharing-Mitglieder unter den BewohnerInnen deutlich höher ist als in der Stadt Zürich.

3 Zum Monitoring-Konzept

Das Monitoring von 2000-Watt-Gebäuden will aufzeigen, ob:

- die Planungswerte in der Nutzung erreicht werden und diese den Zielen des SIA-Effizienzpfades Energie entsprechen.
- die Wohnqualität hinsichtlich der energierelevanten Kriterien den Erwartungen der Bewohnerschaft entspricht.
- die erforderliche Infrastruktur vorhanden und akzeptiert ist respektive genutzt wird, eingeschlossen technische Hilfsmittel zur Steuerung und Regelung der Raumwärme und der Lüfterneuerung, Monitoring- und Feedback-Systeme, energieeffiziente Beleuchtung, etc.
- Instrumente wie Mobilitätskonzepte, Belegungsvorschriften und Vereinbarungen mit Bewohnern wirksam sind, also auch tatsächlich umgesetzt und akzeptiert sind.

Im Kontext einer 2000-Watt-kompatiblen Gebäudesubstanz ist auch interessant, welchen Einfluss das persönliche Verhalten auf den individuellen Energieverbrauch hat. Und ob die Bewohnerschaft einen Lebensstil pflegt, der die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erfüllt.

Die Erfahrungen aus dem Pilot-Monitoring der fünf Gebäude erlauben Schlüsse, die für eine Konzeption des Monitorings dienlich sein können:

- Ein umfassendes Monitoring bedingt Messungen an relevanten Schnittstellen; beispielsweise die Energielieferung ab Wärme- und Stromerzeuger (PV) sollte separat dokumentiert werden.
- Im Vordergrund steht der Verbrauch von Strom und Warmwasser je Wohnung und Person, was eine entsprechende Messung voraussetzt. In Gebäuden mit geringem Heizwärmeverbrauch und tiefen Vorlauftemperaturen ist dagegen eine Erhebung des Raumwärmeverbrauchs problematisch. Die Messungen sind ungenau und teuer. Bis bessere Messmethoden verfügbar sind, ist eine rein rechnerische Verteilung des Heizwärmeverbrauchs nach gebäudespezifischen Kennziffern deshalb vertretbar.
- Für die Erhebung des individuellen Mobilitätsverhaltens und, damit verbunden, des Energieverbrauches und der Treibhausgasemissionen sollten die auf nationaler Ebene geltenden statistischen Raster wie „Mikrozensus Mobilität“ und „Haushaltbudgeterhebung (HABE)“ begleitend sein. Dabei ist konsequent zwischen Alltags- und nicht alltäglicher Mobilität zu unterscheiden. Eine allfällige Ergänzung mit Strukturdaten für Fragen der Suffizienz ist zu prüfen. Angaben zum persönlichen Konsum sind aufwändig zu erheben, weil dies hohe Anforderungen an die Befragten stellt. Eine schwierige Datenbeschaffung, verbunden mit einem kleinen Sample, führt zu Resultaten mit begrenzter Aussagekraft. Vielleicht lassen sich Synergien mit anderen Erhebungen nutzen, beispielsweise mit HABE. Die Kopplung des Gebäudemonitorings mit der Erhebung individueller Verhaltensweisen ist ohnehin nicht zwingend. Personalisierte Verhaltensmuster sollten zudem in grösseren Samples untersucht werden.
- Aufgrund der kleinen Samplevolumen beim Monitoring von Gebäuden sind die Ergebnisse durch einen einzigen Haushalt oder einige wenige Personen mitunter stark beeinflusst. Dies erschwert die Interpretation von siedlungsspezifischen Ergebnissen. Besser geeignet ist das Monitoring deshalb für das Aufzeigen von Trends. Prüfwert ist die Frage, ob zusätzlich zum Durchschnitt der Median dokumentiert werden soll.

- Zu den Ergebnissen eines Monitorings sind Vergleichs- und Referenzwerte respektive Benchmarks aufzuführen, um die Untersuchungsdaten einzuordnen. Im Vordergrund stehen die Richt- und Zielwerte des SIA-Effizienzpfades Energie sowie die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft.

Kenngrossen einer Erfolgskontrolle

Selbstverständlich bestimmen das Ziel und der Umfang eines Monitorings die zu erhebenden Kenngrossen. Für eine Bewertung von Gebäuden hinsichtlich der Kompatibilität zur 2000-Watt-Gesellschaft eignen sich Kriterien, wie sie im Pilot-Monitoring zur Anwendung kamen (Tabelle 1).

Neben den Nutzungsmodalitäten der Gebäude ist das Verhalten der Bewohnerschaft in Bezug auf ihre Ernährung und ihren persönlichen Konsums periodisch zu erfassen. Für eine zuverlässige Erhebung derartiger Daten müsste allerdings eine Buchführung verfügbar sein. Eine derartige Dokumentation könnte zum Beispiel alle fünf Jahre erfolgen. Alternative Methoden wie Stichtagerhebungen oder Befragungen können zu erheblichen Schätz- und Erinnerungsfehlern führen. Mit einem weiteren Zeithorizont ist zu prüfen, ob sich bestehende Datensätze wie Mikrozensus Verkehr oder HABE für Monitorings im Kontext der 2000-Watt-Gesellschaft eignen.

Das skizzierte Monitoring-Konzept bedarf der Weiterentwicklung im Rahmen von Energieforschung Stadt Zürich. In Betracht zu ziehen sind insbesondere Vereinfachungen und eine Konzentration auf die wichtigsten Kriterien sowie eine synergetische Nutzung von anderen Statistiken wie HABE und Mikrozensus Verkehr, die sich fallweise um stadtzürcherische Daten interessierender Personengruppen erweitern lassen.

Gebäudeeigenschaften	Einmaliges Monitoring	Wiederholtes Monitoring
Erschliessung und Standort	- Zentralität und Nahversorgungsqualität - ÖV-Erschliessungsklasse - Distanz zum nächsten Mobility-Standort	
Erstellung	- Gebäudehüllzahl gemäss SIA 416 (Entwurf) - Bauweise (Massivbauweise, Holzbauweise, Mischbauweise) - Bilanz der grauen Energie	
Nutzung	- Anzahl und Grösse der Wohnungen - Belegungsvorschriften	- Anzahl und Verhalten der Bewohner und Bewohnerinnen - bei Mischnutzungen Art und Anteile der Nutzungen
Betrieb	- Gebäudehüllzahl - Energiebezugsfläche - Energiebedarf - Vorhandene Haustechnikanlagen (Raumwärme, Warmwasser, Lüftung, erneuerbare Energieproduktion, Messung, Steuerung, Regelung)	-
Betriebsenergieverbrauch	- Welche Grössen können beeinflusst werden? (Temperatur, Lüftung, Steuerungs- und Rege-	- Jährlicher Betriebsenergieverbrauch des gesamten Gebäudes (für Raumwärme, Warm-

Gebäudeeigenschaften	Einmaliges Monitoring	Wiederholtes Monitoring
	lungengeräte) - Auf welche Weise können die Grössen beeinflusst werden? Temperatur: Zentral, pro Raum, mit Thermostatventilen pro Heizkörper, manuell, programmierbar, mit Anzeige, mit Auswertungsmöglichkeiten Lüftung: Ein/Aus, Stufenschaltung oder CO ₂ -gesteuert, manuell oder programmierbar	wasser, Allgemeinstrom) - Jährlicher Betriebsenergieverbrauch je Wohnung (Strom) - Temperatur und Luftfeuchtigkeit aller Wohnungen
Mobilität: Ausstattung und Parkierung	- Ausstattung mit Parkplätzen: Anzahl und Art der Parkplätze (Auto und Velo) - Anzahl Parkplätze in der Blauen Zone - Mobilitätskonzept	- Einfluss und Akzeptanz von Mobilitätskonzepten - Kosten der Parkplätze - Vermietung und Nutzung der Parkplätze sowie allfälliger zugemieteter fremder Parkplätze - Anteil fremdvermietete und Besucherparkplätze - Leerstände - Anzahl Autos, Motorräder und Velos der Bewohnerschaft - Besitz von ÖV-Abonnements - Mobility-Mitgliedschaften

Tabelle 1: Für Monitorings geeignete Kriterien und Eigenschaften von Gebäuden

Mobilität: Monatliche (jährliche) Mobilitätsleistung pro Verkehrsmittel und Verkehrszweck
- Minimalvariante: Unterscheidung zwischen Alltagsmobilität und nicht alltäglicher Mobilität
- Differenziertere Variante: Unterscheidung von Pendler-, Einkaufs- und Freizeitverkehr

Tabelle 2: Monitoring des Mobilitätsverhaltens

Ernährung	Konsum
- Fleisch- und Fischkonsum	- Gesamtausgaben für übrigen Konsum
- Milch und Milchprodukte	- Anteil zertifizierter (Label-) Produkte
- Konsum von Eiern	
- Kaffee	
- Alkohol	
- Anteil einheimischer/regionaler Produkte	
- Anteil verdorbener Produkte, die weggeworfen werden	

Tabelle 3: Monitoring der Ernährung und des Konsums