

Themenbereich Gebäude

Benutzergerechte  
Assistenz- und  
Motivationssysteme  
BAM (Feldversuch)

Forschungsprojekt FP-2.6.1  
Zusammenfassung, März 2020

**58**

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

### **Auftraggeber**

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

### **Auftragnehmer**

Amstein + Walthert AG, Andreasstrasse 5, 8050 Zürich  
Universität Zürich, Sozialforschungsstelle, Binzmühlestrasse 14 / Box 13, 8050 Zürich

### **Autorinnen und Autoren**

Andreas Huterer, Amstein+Walthert, Zürich  
Dr. Jürg Artho, Universität Zürich, Sozialforschungsstelle  
Urs Vogel, Amstein+Walthert, Zürich

### **Begleitgruppe**

Dr. Silvia Banfi Frost, Energiebeauftragte der Stadt Zürich (DIB)  
Dorothee Dettbarn, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)  
Annette Kern-Ulmer, ewz  
Christine Kulemann, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)  
Alex Martinovits, Stadtentwicklung Zürich (STEZ)  
Alex Nietlisbach, AWEL Kanton Zürich  
Dr. Urs Rey, Statistik Stadt Zürich (SSZ)  
Matthias Veitinger, ewz  
Yvonne Züger-Fürer, Amt für Hochbauten (AHB)

Die Hauptstudie wurde betreut durch Dorothee Dettbarn (UGZ), Marcel Wickart (ewz) und Matthias Veitinger (ewz)

### **Sponsoren**

Wir danken den nachfolgenden Firmen herzlich für die Projektunterstützung:  
Credit Suisse, Global Real Estate Schweiz für die Übernahme zusätzlicher Entwicklungs- und Investitionskosten bei den zwei Wohnsiedlungen und für die generelle Projektunterstützung.  
Credit Suisse, Asset Management für die Bereitstellung von ergänzenden Verkaufsunterlagen, Anpassung der Mietverträge, Koordination der Bewirtschafter und Übernahme der Apéro-Kosten für die BewohnerInnen.  
Wincasa Zürich und Zug für die Unterstützung bei den Vorbereitungsarbeiten und bei den Interventionen.  
V-Zug Haushaltgeräte für das Sponsoring der Mehrkosten für die Integration der Tumbler / Waschmaschinen in das Smart-Home-System der Wohnsiedlung in Wädenswil.

### **Zitierung**

Huterer A., Artho J., Vogel U. 2020: Benutzergerechte Assistenz- und Motivationssysteme BAM: Feldversuch. Energieforschung Stadt Zürich, Bericht Nr. 58, Forschungsprojekt FP-2.6.1.

Für den Inhalt sind alleine die Autorinnen und Autoren verantwortlich. Der vollständige Bericht kann unter [www.energieforschung-zuerich.ch](http://www.energieforschung-zuerich.ch) bezogen werden.

### **Kontakt**

Energieforschung Stadt Zürich  
Geschäftsstelle  
c/o econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich  
[reto.dettli@econcept.ch](mailto:reto.dettli@econcept.ch) 044 286 75 75

### **Titelbild**

Luca Zanier, Zürich

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Energieforschung Stadt Zürich	4
<b>1</b> Das Wichtigste in Kürze	6
<b>2</b> Design des Feldversuchs	10
<b>2.1</b> Modell der Wirkungslogik	10
<b>2.2</b> Versuchsgruppen	10
<b>2.3</b> Eingesetzte Instrumente	11
<b>3</b> Ergebnisse des Feldversuchs	12
<b>3.1</b> Datenerhebungen und Datenbasis	12
<b>3.2</b> Statistische Signifikanz und praktische Relevanz	13
<b>3.3</b> Wahrnehmung, Nutzung und Beurteilung der Instrumente	13
<b>3.4</b> Wirkungen auf psychologischer Ebene	14
<b>3.5</b> Wirkungen auf die Verhaltensabsicht	14
<b>3.6</b> Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten	15
<b>3.7</b> Wirkungen auf den Energieverbrauch	15
<b>4</b> Schlussfolgerungen und Empfehlungen	18
<b>4.1</b> Schlussfolgerungen bezüglich Studiendesign und Methodik	18
<b>4.2</b> Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen	18

# 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.

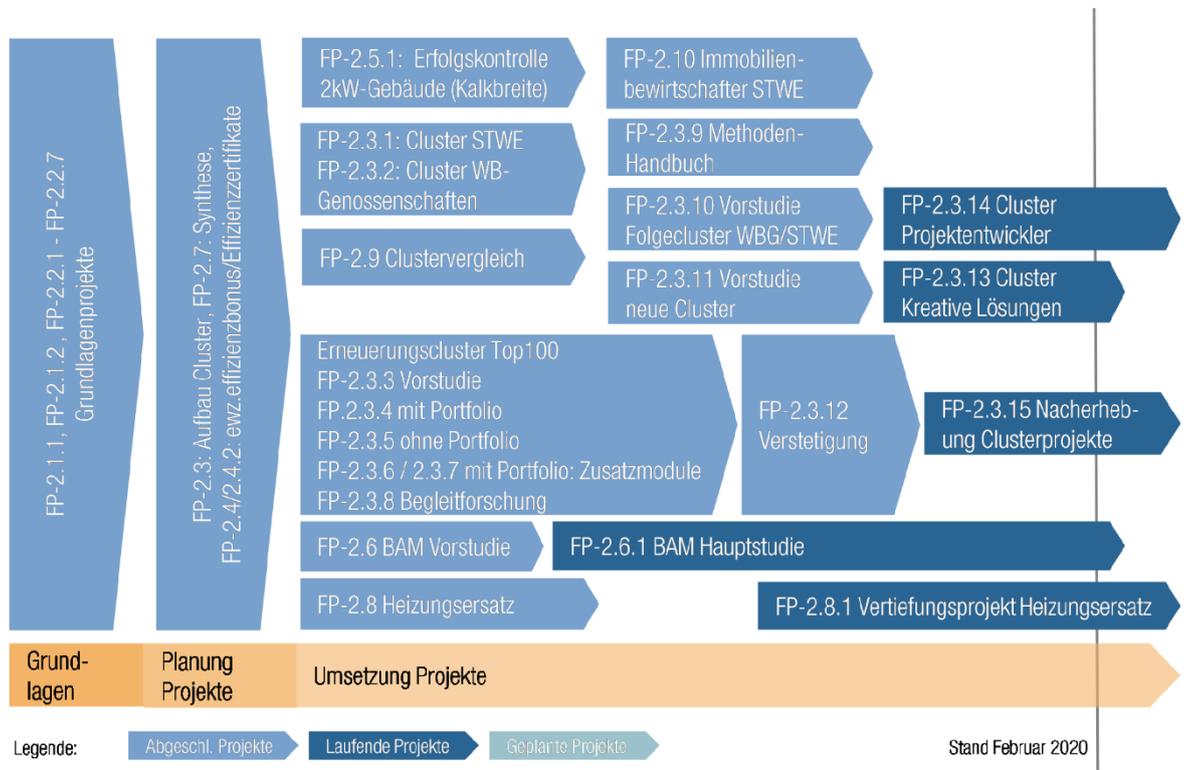
## Themenbereich Haushalte

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 (FP) im Themenbereich Gebäude



# 1 Das Wichtigste in Kürze

Mit diesem Projekt wurden Instrumente aus den Bereichen Technik und Kommunikation zur Förderung des energieeffizienten Benutzungsverhaltens in Wohnungen untersucht. Die Umsetzung des Projekts erfolgte mittels einer Vorstudie und einem Feldversuch als Hauptstudie.

Die Vorstudie beantwortet aufgrund theoretischer Überlegungen die Frage, mit welcher Kombination von Instrumenten der Technik und der Kommunikation das energieeffiziente Benutzungsverhalten von Personen in privaten Haushalten wirkungsoptimiert gefördert werden könnte. Der Bericht zur Vorstudie wurde 2016 publiziert.

Mit der Hauptstudie wurde das Zusammenwirken von ausgewählten technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten in einem Feldversuch getestet. Der Feldversuch wurde von 2017 bis Sommer 2019 durchgeführt. Der vorliegende Bericht ist der Schlussbericht des Feldversuchs.

Mit dem Akronym «BAM» wird der Einsatz von zusammenwirkenden Instrumenten aus den Bereichen Technik und Kommunikation als «Benutzergerechtes Assistenz- und Motivationssystem» bezeichnet. Ein BAM-System umfasst somit stets eine Kombination von technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten. Diese sollen eine Person bei der Motivation für energiesparendes Benutzungsverhalten und bei der konkreten Umsetzung der dazu erforderlichen Verhaltensweisen unterstützen (assistieren).

Als technische Instrumente werden Installationen und Geräte bezeichnet, welche direkt durch ihre Funktion (z.B. automatische Abschaltsteuerung bei Nichtbenutzung) oder als Grundlage für Kommunikationsinstrumente (z.B. Verbrauchsmessung und Anzeigen des Energieverbrauchs) eine Wirkung entfalten können.

Als Kommunikationsinstrumente werden Interventionen bezeichnet, welche eine Verhaltensoptimierung ohne technische Hilfsmittel anstreben oder darauf abzielen, die Wirkung eines technischen Instruments gezielt zu verstärken, z.B. Informationsmaterialien mit Überzeugungsargumenten oder mit Verhaltenstipps zur Stärkung des Handlungswissens.

Im Folgenden werden die konkreten Forschungsfragen der Studie kurz beantwortet. Anschliessend folgen die Vorstellung des Forschungsdesigns und die Zusammenfassung der Ergebnisse des Feldversuchs.

**Welche Wirkungen können bei der Anwendung eines konkreten BAM-Systems – zusammengesetzt aus technischen Instrumenten und Kommunikationsinstrumenten – in der Praxis erzielt werden?**

Als Wirkung ist für diese Studie generell die prozentuale Abweichung eines Ergebnisses von Experimentalgruppen im Vergleich zum Ergebnis der Kontrollgruppe definiert. Dies gilt gleichermaßen für die Ergebnisse zu den sozialpsychologischen Faktoren und Verhaltensweisen und für die Ergebnisse der Verbrauchsmessungen. Als «Positive Wirkungen» werden Wirkungen der Experimentalgruppen in Richtung energiesparender Denk- oder Verhaltensweisen bezeichnet. «Negative Wirkungen» sind Wirkungen in Richtung weniger energiesparender Denk- oder Verhaltensweisen im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Die im Rahmen des Feldversuchs durchgeführten Befragungen der Mieterinnen und Mieter ergaben klare Ergebnisse. Das BAM-System als Ganzes führte auf allen sozialpsychologischen Ebenen – Wissen, Haltungen, Verhaltensabsicht und selbstberichtetes Verhalten – kurzfristig und punktuell zu positiven Wirkungen. Langfristig – rund 1 Jahr nach der Intervention – sind zwar noch positive Wirkungen zu beobachten. Über das gesamte untersuchte BAM-System betrachtet sind jedoch langfristig überwiegend keine, teilweise gar negative Wirkungen zu beobachten.

Um die Wirkung des Verhaltens auf den Energieverbrauch festzustellen, wurden die Verbrauchswerte für die Verwendungszwecke Raumheizung, Elektrizität, Warmwasser und Kaltwasser untersucht. Für den gemessenen Energieverbrauch wurde in der Vorstudie die zu erwartende Effizienzsteigerung von 15% bei der Anwendung des BAM-Systems mit maximaler Intensität ermittelt. Die maximale Intensität wurde durch den konzentrierten und auf die technischen Instrumente abgestimmten Einsatz von Kommunikationsinstrumenten in der Hauptinterventionsphase des Feldversuchs von November 2017 bis April 2018 erreicht.

Der gemessene Verbrauch für die 6 Monate der Hauptinterventionsphase zeigt um bis zu 6% reduzierte Werte der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe. Das erwartete Ziel von 15% Effizienzsteigerung wurde im Feldversuch nicht erreicht.

**Welche Wirkungen können mit ausschliesslich technischen oder mit ausschliesslich Kommunikationsinstrumenten erreicht werden?**

In der Vorstudie gingen die Verfasser davon aus, dass der grösste Wirkungsanteil den Kommunikationsinstrumenten zuzuordnen sei. Mit den Ergebnissen des Feldversuchs konnte diese These bestätigt werden.

Die Kommunikationsinstrumente wirkten kurzfristig vor allem auf das Verhalten und innerhalb dessen vor allem auf Verhaltensweisen im Zusammenhang mit der Raumwärme positiv.

Langfristige positive Wirkungen der Kommunikationsinstrumente sind dagegen vor allem auf das Wissen zu beobachten. Auf der Stufe der Verhaltensabsicht ist in Einzelfällen der Effekt zu beobachten, dass sich eine kurzfristig positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente langfristig zu einer negativen Wirkung im Vergleich zur Kontrollgruppe verkehrt. Ein solcher Effekt kann beispielsweise auftreten, wenn Ereignisse (im Rahmen der Studie waren

dies die Klimastreiks / Fridays for Future) energiesparende Absichten in der Bevölkerung generell stark erhöhen. Die bei der Experimentalgruppe eingesetzten Kommunikationsinstrumente könnten gegenüber solchen Aktionen zur Haltung führen, man sei ja schon auf einem guten Pfad, wodurch die Sensibilisierung nicht mit jener der Bevölkerung Schritt hält. Die Absichten der Bevölkerung (repräsentiert durch die Kontrollgruppe) überholen so gleichsam die Absichten der Experimentalgruppe.

Die im Feldversuch eingesetzten technischen Instrumente alleine entfalteten nur geringe Wirkungen. Teilweise resultierten gar negative Wirkungen, welche positive Effekte der Kommunikationsinstrumente wieder zunichtemachten.

**Welche Empfehlungen lassen sich aus den Ergebnissen hinsichtlich der Optimierung der Instrumente ableiten?**

Die mit der Vorstudie durchgeführte Hemmnisanalyse und die darauf abgestimmte Wahl der Instrumente für den Feldversuch hat sich bewährt und ist zu empfehlen, weil erst dadurch eine zielgerichtete Intervention möglich ist.

Die Gestaltung der Kommunikationsinstrumente sollte mit einfachsten Mitteln umgesetzt werden. Auf Lauftext ist möglichst zu verzichten. Viel einfacher zu rezipieren sind Slogans, Merksätze und vor allem visuelle Mittel.

Für die Mieterinnen und Mieter neuartige technische Systeme, wie das im Feldversuch eingesetzte Smart-Home-System, benötigen eine sorgfältige Einführung und unkomplizierten Support. Fehlen diese Elemente, so besteht die Gefahr, dass die Mieterinnen und Mieter die technischen Systeme nicht verstehen und falsch anwenden. In der Folge kann es trotz möglicherweise vorhandenen, technisch bedingten Vorteilen zu einem negativen Effekt der technischen Instrumente kommen.

Bei den Kommunikationsinstrumenten konnte in Einzelfällen beobachtet werden, dass auf der Stufe der Verhaltensabsicht die Kontrollgruppe langfristig die Experimentalgruppen in der Wirkung überholt hat. Über einen solchen Effekt wurde in der Forschung bisher nicht berichtet. In Evaluationsstudien sollte diese Möglichkeit in Betracht gezogen und analysiert werden, ob und unter welchen Bedingungen dieser Effekt systematisch auftritt.

**Können die kurzfristigen Wirkungen bei anhaltendem Einsatz der Instrumente über längere Zeit aufrechterhalten werden?**

Die Vorstudie formulierte die Erwartung, dass die Wirkungen des BAM-Systems auf den Energieverbrauch nachlassen, wenn die Intensität der Interventionen durch Kommunikationsinstrumente nachlässt. Die technischen Instrumente standen während der ganzen Versuchsdauer im Einsatz. Nach Abschluss der Hauptinterventionsphase im April 2018 wurden keine Kommunikationsinstrumente mehr eingesetzt.

Mit der dritten Befragungswelle wurde festgestellt, dass die Wirkung der Kommunikationsinstrumente auf das Verhalten geschwunden war. Die technischen Instrumente hatten langfristig über alles gesehen keine Wirkung auf das Verhalten, weder positiv noch negativ.

Das Ergebnis der Verbrauchsmessungen über 12 Monate nach der Hauptinterventionsphase zeigt für keinen der vier untersuchten Verwendungszwecke eine relevante Verbrauchseinsparung der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe. Aus der anhaltenden Verfügbarkeit der technischen Instrumente allein konnte somit keine anhaltende Wirkung auf den Energieverbrauch erzielt werden.

Das langfristige Ergebnis der Verbrauchsmessungen ist damit konsistent mit den Ergebnissen aus den Befragungen und entspricht den Erwartungen aus der Vorstudie.

Mit ergänzenden Kommunikationsinstrumenten, welche direkt auf die Stufe des Verhaltens wirken wie beispielsweise Nudging-Instrumenten oder Handlungsanweisungen am Ort der Handlung, könnte möglicherweise das Schwinden der Wirkung der Kommunikationsinstrumente aufgefangen werden. Aber eine kurzfristige Wirkung ohne Beeinflussung der davorliegenden Variablen - Wissen/Einstellung/Haltung/Absicht - entspräche keiner nachhaltigen Beeinflussung des Verhaltens, weil die intrinsische Motivation nicht gestärkt würde. Daraus folgt, dass die intrinsische Motivation zu steigern wäre. Dafür müssten aber die Kommunikationsinstrumente dauernd aufrechterhalten werden, was kostenintensiv ist und allenfalls auch zu Gewöhnungseffekten führen könnte.

## Fazit

Die hier erläuterten Antworten auf die Forschungsfragen gelten explizit für den Feldversuch und sind nur eingeschränkt generalisierbar. In anderen Projekten könnten kaum identische Instrumentenpakete eingesetzt werden und auch die Ausstattung der Wohnungen und die Zusammensetzung der Mieterinnen und Mieter werden nicht direkt vergleichbar sein.

Die Resultate des Feldversuchs geben jedoch Hinweise, welche Wirkungen auf den Energieverbrauch von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten erwartet werden können.

- Die Erwartung, dass in einer einzelnen Übungsanlage von spezifischen Kommunikationsinstrumenten entsprechend spezifische Wirkungen nachgewiesen werden können, scheint alles in allem nicht realistisch zu sein. Trotzdem können Kommunikationsinstrumente sinnvoll sein, wenn sie als Teil einer Gesamtheit von Sensibilisierungsmassnahmen – beispielsweise im Verbund mit Kommunikationskampagnen – verstanden werden.
- Die Erwartung, dass technische Instrumente durch die Möglichkeit der Programmierung und Vernetzung von Steuerungen und Regulierungen gleichsam automatisch eine Wirkung entfalten, muss aufgrund dieser Studie in Frage gestellt werden. Da die technischen Instrumente in Form des Smart-Home-Systems nur eine sehr geringe und gegenüber den eingesetzten Kommunikationsinstrumenten untergeordnete Wirkung entfalten konnten, sind solche Systeme nicht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Energieeffizienz in Haushalten zu betrachten.

# 2 Design des Feldversuchs

## 2.1 Modell der Wirkungslogik

Die im Feldversuch angewendete Wirkungslogik besteht sowohl für Kommunikationsinstrumente wie für technische Instrumente grundsätzlich in einer linearen Wirkungsfolge über fünf Stufen.

1. Am Anfang der Wirkungsfolge steht die Frage ob die eingesetzten Instrumente wahrgenommen werden und falls ja, wie sie beurteilt werden.
2. Falls die Instrumente wahrgenommen werden, können sie auf der zweiten Stufe eine Wirkung auf Wissen, Haltungen und Einstellungen entfalten.
3. Auf der dritten Stufe soll eine Absicht generiert werden, sich mehr oder weniger energiebewusst zu verhalten. Die Instrumente können entweder via die zweite Stufe oder aber direkt auf die Verhaltensabsicht wirken.
4. Auf der vierten Stufe können Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten erfolgen. Die Instrumente können via Stufen 2 und 3 oder direkt auf das Verhalten wirken. «Selbstberichtet» ist das Verhalten, weil es mittels Umfrage erhoben wurde.
5. Wirkungen auf die Verhaltensweisen sollten schlussendlich auch als Wirkungen auf den gemessenen Energieverbrauch nachgewiesen werden können.

Die nachfolgende Abbildung stellt die Stufen dar, bei denen Wirkungen auftreten müssen, damit sie sich letztlich im gemessenen Energieverbrauch niederschlagen können.



Abbildung 1: Wollen-Können-Tun-Modell

## 2.2 Versuchsgruppen

Der Feldversuch wurde in zwei Mehrfamilienhäusern in Zürich und Wädenswil durchgeführt. Die 42 Wohnungen in Zürich entsprechen einem heute üblichen technischen Neubau-Standard. Die 50 Wohnungen in Wädenswil sind über den üblichen Neubau-Standard hinaus mit den technischen Instrumenten eines Smart-Home ausgestattet.

Beide Gebäude erfüllen den Minergie-Standard. Alle Wohnungen sind mit einer Komfortlüftung ausgestattet. In beiden Gebäuden sind Waschmaschine und Tumbler pro Wohnung vorhanden. Die Energieeffizienz dieser Geräte sowie auch die der Küchengeräte ist in beiden Gebäuden gleichwertig.

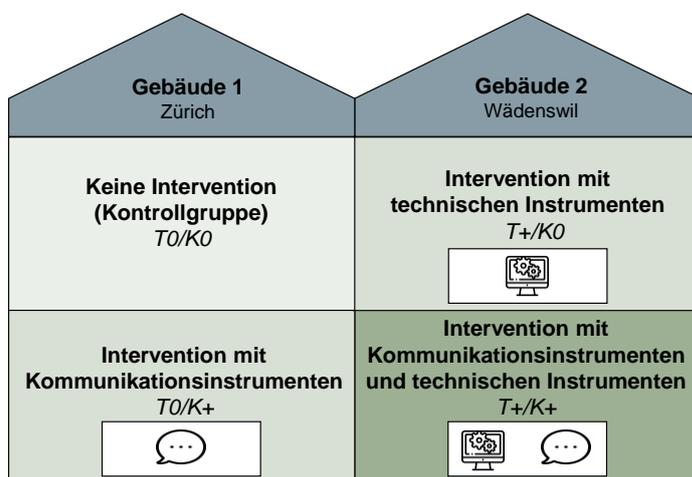


Abbildung 2: Übersicht zu den vier unterschiedlichen Versuchsgruppen

In Bezug auf die eingesetzte Instrumentenkombination wurden vier unterschiedliche Versuchsgruppen gebildet. Die Gruppe ohne die technischen Instrumente des Smart-Homes und ohne zusätzliche Kommunikationsinstrumente (T0 / K0) diente als Kontrollgruppe, damit Wirkungen bei den Experimentalgruppen auf studienexterne Einflüsse (z.B. Klimastreiks) kontrolliert und bereinigt werden konnten.

## 2.3 Eingesetzte Instrumente

Die im Feldversuch eingesetzten Kommunikationsinstrumente bestanden aus einer schriftlichen Selbstverpflichtung sowie aus Broschüren, Flyern und weiterem Informationsmaterial rund um das Thema Energieverhalten im Haushalt, welche postalisch verschickt wurden. Mit der Selbstverpflichtung willigten die Mieter ein, im Haushalt möglichst wenig Energie zu verbrauchen ohne eine Komforteinbusse in Kauf nehmen zu müssen.

Die technischen Instrumente standen nur in Wädenswil zur Verfügung. Sie umfassten das Smart-Home-System und die damit mögliche Regulierung von Beleuchtung, Heizung, Lüftung und Gerätenutzung über ein zentrales Display in der Wohnung und auch über das Smartphone. Zusätzlich wurden weitere Funktionen angeboten. Beispielsweise eine Anwesenheitssimulation, welche zur Abwehr von Einbrüchen bei Abwesenheit eine Anwesenheit mittels Lichtschaltung oder Bewegung der Storen simuliert oder ein zentraler Ein-/Aus-Taster zur Abschaltung aller nicht notwendigen Stromverbraucher beim Verlassen der Wohnung. Schliesslich hatten die Mieterinnen und Mieter in Wädenswil die Möglichkeit, ihren Energieverbrauch über eine Smartphone App zu beobachten und mit Referenzwerten zu vergleichen (Energiemonitoring).

# 3 Ergebnisse des Feldversuchs

## 3.1 Datenerhebungen und Datenbasis

Mittels standardisierter Umfragen wurden die Wirkungen auf der psychologischen Ebene (z.B. Handlungswissen, Einstellungen zum Energiesparen, Erwartungen des sozialen Umfelds), auf die Absicht, sich energiesparend zu verhalten, und auf das selbstberichtete Verhalten erhoben.

Dazu wurden drei Befragungswellen im Abstand von jeweils einem Jahr durchgeführt. Die erste Erhebungswelle fand unmittelbar nach dem Einzug im Mai und Juni 2017 statt. Die Hauptinterventionsphase war von November 2017 bis April 2018, also im Winterhalbjahr. Gleich anschliessend folgte im Mai und Juni 2018 die zweite Erhebungswelle. Die dritte Erhebungswelle erfolgte ein Jahr später im Mai und Juni 2019 zur Messung der Langfristwirkungen.

Der Umfang der zur Verfügung stehenden Daten (Datenbasis) aus den Umfragen sind vom Rücklauf abhängig. Von den 72 Mieterinnen und Mietern, welche an allen drei Umfragen teilnehmen konnten, füllten 60 % alle drei Fragebogen aus. Ausfälle gab es durch Leerstände, verspätete Einzüge, verfrühte Auszüge und Teilnahme-Rückzüge. Die Verbrauchsmessungen der Wärme für Raumheizung, Elektrizität sowie Warm- und Kaltwasser wurden für alle Wohnungen laufend durchgeführt und als monatliche Verbrauchswerte pro Wohnung gespeichert. Für die normierte Auswertung des Energie- und Wasserverbrauchs konnten jedoch nur die Wohnungen berücksichtigt werden, deren Mieterschaft sich an den Umfragen beteiligt haben, da für die Verbrauchswertnormierung Angaben zur Belegung der Wohnungen benötigt wurden. Der normierte Vergleich des Energieverbrauchs über 18 Monate Versuchsdauer konnte schlussendlich für total 27 Wohnungen durchgeführt werden.

Aufgrund der mit nur drei Teilnehmenden zu kleinen Gruppengrösse musste die Gruppe T+/K0 aus allen Auswertungen ausgeschlossen werden.

Tabelle 1: Übersicht zur Datenbasis unterteilt nach Versuchsgruppen

Datenbasis nach Versuchsgruppen	T0/K0	T0/K+	T+/K0	T+/K+	Total
Total Personen 2017	28	35	17	44	124
Ausfälle 2017 bis 2019	9	19	8	16	52
<b>Versendet alle drei Wellen 2017, 2018, 2019</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>72</b>
Teilnehmende Personen Welle 1, 2017	17	15	5	23	60
Teilnehmende Personen Welle 2, 2018	15	14	4	21	54
Teilnehmende Personen Welle 3, 2019	14	11	4	19	48
<b>Teilnehmende Personen alle drei Wellen</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>43</b>
<b>Rücklauf in %</b>	<b>68.4</b>	<b>68.8</b>	<b>33.3</b>	<b>57.1</b>	<b>59.7</b>
<b>Anzahl Wohnungen mit Teilnahme alle drei Wellen</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>36</b>
<b>davon Anzahl Wohnungen für den normierten Vergleich Energieverbrauch</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>13</b>	<b>27</b>

## 3.2 Statistische Signifikanz und praktische Relevanz

Statistische Signifikanzen werden berechnet, um die Generalisierbarkeit der auf einer Stichprobe basierenden Ergebnisse auf vergleichbare Vorgehensweisen in vergleichbaren Objekten einschätzen zu können. Die Generalisierbarkeit ist hier jedoch von vornherein eingeschränkt, weil in anderen Projekten kaum identische Instrumentenpakete eingesetzt würden und sich auch die Mehrfamilienhäuser und die Mieterzusammensetzung unterscheiden dürften.

Weil im vorliegenden Projekt alle Mieter und Mieterinnen angeschrieben wurden und alle Wohnungen gemessen wurden, handelt es sich faktisch um eine Vollerhebung und nicht um eine Stichprobenerhebung. Dadurch ist eine Generalisierung der Ergebnisse auf alle Mieterinnen und Mieter in den untersuchten Liegenschaften obsolet.

Aus diesen Gründen wurde zur Einschätzung der Ergebnisse das Kriterium der praktischen Relevanz einer Wirkung verwendet. Als Wirkung wird die Veränderung in einer Gruppe bezeichnet, welche ausschliesslich auf die eingesetzten Instrumente zurückzuführen ist. Als relevant wird eine Wirkung eingeschätzt, wenn sie gleich oder grösser wie die erwartete Wirkung ist. Die erwarteten Wirkungen sind im Bericht zur Vorstudie detailliert hergeleitet und liegen meist zwischen 10 % und 15 %. Die Relevanzschwelle für die erwarteten Wirkungen aus dem Feldversuch wurde aufgrund dessen bei  $\geq 12.5$  % festgelegt.

## 3.3 Wahrnehmung, Nutzung und Beurteilung der Instrumente

Die Kommunikationsinstrumente wurden von rund drei Viertel der Personen mindestens teilweise gelesen. Die Wahrnehmungsrate des Versands kurz nach dem Einzug fiel mit 50 % der Personen, welche diesen ganz oder teilweise gelesen hatten, etwas tiefer aus. Der Grund dafür liegt in der Belastung durch Ein- und Umzugsformalitäten und -aufgaben kurz nach dem Einzug. Die Kommunikationsinstrumente wurden über alle Interventionen betrachtet von rund 60 % der Mieterinnen und Mieter als nützlich beurteilt.

Die zusätzlichen technischen Instrumente standen den Mieterinnen und Mietern der Immobilie in Wädenswil von Beginn weg zur Verfügung, weshalb nicht die Wahrnehmung, sondern deren Beurteilung und Nutzung im Zentrum stehen.

Die technischen Instrumente wurden über alles gesehen von einem Drittel aller Personen als nützlich beurteilt und von der Hälfte aller Personen genutzt. Allerdings gibt es je nach Instrument sehr unterschiedliche Beurteilungs- und Nutzungs-Quoten, wie folgende Beispiele zeigen:

- Beurteilung: Die Funktionsweise der Heizungs- und Lüftungsregulation wurde von 72 % der Mieterinnen und Mieter verstanden. Die Programmierung der Haustechnik verstanden dagegen nur rund 40 % der Bewohnenden. Das Energiemonitoring über die Smartphone App oder das zentrale Display beurteilten ebenfalls nur gut 40 % aller Personen als nützlich (wobei zusätzliche 44 % aller Personen das Energiemonitoring gar nicht wahrgenommen haben und deshalb auch nicht beurteilen konnten).

- Nutzung: Die zentrale Heizungs- und Lüftungsregulierung wurde (mangels Alternative) von allen Personen (100%) mindestens einmal genutzt. Die in das Smart-Home-System integrierte Anwesenheitssimulation wurde dagegen nur durch 17% der Mieterinnen und Mieter genutzt. Das Energiemonitoring wurde von 21 % der Personen genutzt.

Alles in allem sind die Wahrnehmungs- und Beurteilungsquoten bei den technischen Instrumenten deutlich schlechter als bei den Kommunikationsinstrumenten.

### **3.4** Wirkungen auf psychologischer Ebene

Auf die Einstellungen, das heisst auf die Wahrnehmung der vorhandenen Handlungsfreiheit, des Aufwands und der finanziellen Kosten, hatten weder die technischen Instrumente noch die Kommunikationsinstrumente einen Einfluss.

Die Kommunikationsinstrumente wirkten auf das Verständnis der Energieetikette für Haushaltsgeräte, auf das Wissen, wie Möbel in der Wohnung energetisch sinnvoll platziert werden und auf die wahrgenommenen Erwartungen des sozialen Umfelds kurzfristig positiv. Das entspricht drei von zwölf erhobenen Elementen auf der zweiten Stufe der Wirkungslogik. Das Verständnis der Energieetikette für Haushaltsgeräte konnte um 24 % gesteigert werden. Die zwei anderen Wirkungen betragen 16 %.

Deutlich stärker war jedoch die langfristige Wirkung der Kommunikationsinstrumente, d.h. die Wirkung von der ersten bis zur dritten Erhebungswelle. Es wurden Wirkungen auf Handlungswissen, auf das Verpflichtungsgefühl und auf die Wahrnehmung der Erwartungen durch das soziale Umfeld untersucht. Gut die Hälfte aller einzelnen dieser untersuchten Wirkungen sind grösser als + 20 %.

Die in dieser Studie eingesetzten technischen Instrumente wirkten auf der psychologischen Ebene dagegen eher negativ, was dazu führte, dass die positiven Wirkungen der Kommunikationsinstrumente abgeschwächt oder ganz neutralisiert wurden.

### **3.5** Wirkungen auf die Verhaltensabsicht

Die positiven Wirkungen auf die Absicht, sich energiesparend zu verhalten, sind alles in allem deutlich schwächer als jene auf der psychologischen Ebene. Es wurden die Verhaltensabsichten bezüglich Raumheizung, Waschen/Trocknen, Warmwasser- und Gerätenutzung untersucht.

Zwar lassen sich kurzfristig positive Wirkungen der Kommunikationsinstrumente feststellen (Absicht Heizen: + 14 %; Absicht Gerätenutzung: + 27 %). Beim Heizen hat sich die kurzfristig positive Wirkung auf die Verhaltensabsicht (+ 14 %) langfristig markant ins Gegenteil verkehrt (- 31 %). Ein solcher Effekt kann auftreten, wenn Ereignisse (im Rahmen der Studie waren dies die Klimastreiks / Fridays for Future) energiesparende Absichten in der Bevölkerung generell stark erhöhen. Die bei der Experimentalgruppe eingesetzten Kommunikationsinstrumente könnten gegenüber solchen Aktionen zur Haltung führen, man sei ja schon auf einem guten Pfad, wodurch die

Sensibilisierung nicht mit jener der Bevölkerung Schritt hält. Die Absichten der Bevölkerung (repräsentiert durch die Kontrollgruppe) überholen so gleichsam die Absichten der Experimentalgruppe.

Die technischen Instrumente wirken auf der Ebene der Absichten praktisch nicht – weder positiv noch negativ.

### **3.6** Wirkungen auf das selbstberichtete Verhalten

Die Kommunikationsinstrumente wirkten über alle Energieverwendungszwecke betrachtet kurzfristig positiv auf das Verhalten. Dies ist bei der Hälfte aller 18 untersuchten Verhaltensweisen festzustellen. Die Wirkungen bewegen sich um + 20 % oder darüber. Langfristig sind allerdings Fading-out-Effekte festzustellen, so dass sich das Verhalten langfristig meist wieder auf dem gleichen Niveau bewegt wie vor der Intervention.

Ebenfalls über alles gesehen wirkten die technischen Instrumente auf das Verhalten kurzfristig entweder gar nicht oder sie neutralisierten die positive Wirkung der Kommunikationsinstrumente.

Idealtypisch ist dies bei der Schlafzimmertemperatur festzustellen: Die Kommunikationsinstrumente haben in der Gruppe ohne zusätzliche technische Instrumente auf das selbstberichtete Verhalten eine kurzfristige Wirkung von + 24 %. In der Gruppe, in welcher sowohl Kommunikations- wie auch technische Instrumente eingesetzt wurden, ist aber keine Wirkung feststellbar. Die kurzfristige Wirkung der Kommunikationsinstrumente wurde in dieser Gruppe durch die zusätzliche Technik vollständig neutralisiert. Den technischen Instrumenten wird in diesem Fall eine neutralisierende Wirkung zugeschrieben.

Langfristig geht die Wirkung der Kommunikationsinstrumente zurück ohne dass die technischen Hilfsmittel eine positive oder negative Wirkung hätten.

### **3.7** Wirkungen auf den Energieverbrauch

Die spezifischen Verbrauchswerte der Wohnungen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche liegen bei allen Versuchsgruppen im Bereich von heute aktuellen Richtwerten für effizienten Verbrauch, was aufgrund des einheitlichen Neubau-Standards der Wohnungen auch erwartet wurde.

Für die weiteren Auswertungen wurden die Messwerte anhand der Wohnungsgrösse, der Wohnungslage und der effektiven Personenbelegung normiert, indem ein individueller Referenzwert pro Wohnung und Verwendungszweck berechnet wurde. Die Personenbelegung während den Messperioden wurde dazu explizit für die einzelnen Wohnungen erfragt. Erst mit dieser Normierung können die Verbrauchswerte von unterschiedlichen Wohnungen mit unterschiedlicher Personenbelegung direkt verglichen werden.

Die festgestellte Streuung der Verbrauchswerte ist auch nach dieser Normierung in jeder Versuchsgruppe und für jeden Verwendungszweck in einem Bereich vom halben bis zum doppelten Referenzwert (50% bis 200%) sehr hoch. Bei Elektrizität, Warm- und Kaltwasser weisen einzelne Wohnungen Verbrauchswerte bis zum 4-fachen des Referenzwertes auf.

Die hohe Streuung der Verbrauchswerte erfordert eine entsprechende Aggregation für die Auswertung. Die Auswertung der Verbrauchsmessungen erfolgte pro Versuchsgruppe über drei auf die Interventionen und Befragungen abgestimmte Messperioden von je 6 Monaten. Vorübergehende Wirkungen des BAM-Systems auf den Energieverbrauch, welche nur wenige Tage oder Wochen anhalten, können mit dieser aggregierten Auswertung nicht festgestellt werden.

Die Auswertung der Verbrauchsmessungen ergab folgende Ergebnisse:

- Die erste Messperiode von November 2017 bis April 2018 ist identisch mit der Hauptinterventionsphase. Aus den Resultaten der Vorstudie wurde erwartet, dass in dieser Phase bis zu 15% reduzierte Verbrauchswerte der Experimentalgruppen gegenüber der Kontrollgruppe beobachtet werden können. Bei der Wärme für Raumheizung, dem Elektrizitätsverbrauch und bei Kaltwasser konnte jedoch keine solche Reduktion festgestellt werden. Nur beim Warmwasserverbrauch lagen die Werte der Kontrollgruppe in der ersten Messperiode um rund 20% über den Werten der Experimentalgruppen. Wenn jedoch ein relevanter Effekt der Interventionen auf die Experimentalgruppen vorhanden gewesen wäre, dann hätte der Verbrauch der Experimentalgruppen von der ersten bis zur dritten Periode wieder auf das Niveau der Kontrollgruppen ansteigen müssen. Die Messungen des Warmwasserverbrauchs in der dritten Periode zeigen jedoch, dass sich die Werte der Experimentalgruppen sogar noch gering reduziert haben, aber insbesondere, dass die Werte der Kontrollgruppe auf die Werte der Experimentalgruppen abgesunken sind. Eine relevante Wirkung der Interventionen auf den Energieverbrauch in der ersten Messperiode konnte damit für keinen der vier Verwendungszwecke nachgewiesen werden.
- In der zweiten Messperiode von Mai 2018 bis Oktober 2018, die Sommerperiode, wurde der Verbrauch für Raumheizung nicht ausgewertet, da diese Verbrauchswerte in den Übergangsmontaten Mai sowie September, Oktober nicht relevant sind. Die Verbrauchswerte für Elektrizität und Warmwasser von allen Versuchsgruppen lagen um teilweise bis zu 20% unter den Werten der ersten Messperiode. Diese Verbrauchsänderungen sind durch die warmen Sommertage und die längere Tageshelligkeit einfach begründet. Als Ausnahme zu den generell tieferen Verbrauchswerten in der Sommerperiode wurde im Gebäude Wädenswil bei Kaltwasser ein deutlicher Verbrauchsanstieg festgestellt. Dieser Anstieg kann mit dem höheren Bedarf für Pflanzenbewässerung aufgrund des grosszügigeren Aussenraums der Wohnungen in Wädenswil gegenüber Zürich plausibel begründet werden.
- In der dritten Messperiode von November 2018 bis April 2019 lagen die Verbrauchswerte der Kontrollgruppe für Raumheizung um rund 15% unter den Werten der Experimentalgruppen. Der Stromverbrauch der Kontrollgruppe ist jedoch gegenüber der ersten Messperiode um rund 10% angestiegen. Dagegen weist die Experimentalgruppe in Zürich gegenüber der ersten Periode einen um rund 10% tieferen Stromverbrauch auf. Der Warmwasserverbrauch liegt bei allen Versuchsgruppen unter den Werten der ersten Messperiode.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Versuchsgruppen mit 7 bis 13 Wohnungen sehr klein sind und die Streuung der Verbrauchswerte innerhalb der Gruppen gross ist.

Die Auswertung der Verbrauchsmessungen wurde daher mit umfangreichen Detailarbeiten wie beispielsweise Normierung, Referenzierung und der Erhebung der tatsächlichen Wohnungsbelegung pro Periode ausgeführt. Die in der dritten Messperiode festgestellten Änderungen der Verbrauchswerte können nicht mit einem Späteeffekt im

Sinne von schwindenden oder sich verstärkenden Wirkungen aus der Interventionsphase erklärt werden. Sie liegen innerhalb des Unsicherheitsbereichs der Auswertung und sind damit als nicht relevant einzustufen. Aus der Auswertung der Verbrauchsmessungen folgt somit keine Evidenz für relevante Wirkungen des untersuchten BAM-Systems auf den gemessenen Energieverbrauch.

# 4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

## 4.1 Schlussfolgerungen bezüglich Studiendesign und Methodik

Die Rücklaufquoten der Umfragen sind angesichts der dreijährigen Projektlaufzeit als sehr gut einzustufen. Jedoch resultierten tiefe Fallzahlen aufgrund der Aufteilung der Gesamtheit der 92 Wohnungen auf vier Gruppen sowie durch Ausfälle während des Versuchs (z.B. Leerstände, Mieterwechsel).

Die effektive Belegung der Wohnungen und die Anwesenheit der Bewohnenden erwiesen sich für die Interpretation der Verbrauchsmessungen als wesentliche Grössen. Da diese nur über Befragungen ermittelt werden konnten, resultierten auch für die exakte Auswertung der Energieverbrauchsdaten tiefe Fallzahlen.

Um das gleiche Studiendesign mit reduziertem Risiko der tiefen Fallzahlen anzuwenden, müsste die Grundgesamtheit mindestens verdoppelt werden und somit minimal 200 Wohnungen betragen. Die Vergleichbarkeit in Bezug auf die Ausstattung der Wohnungen müsste dabei bestmöglich gewährleistet bleiben. Durch eine Erhöhung der Stichprobe würden die Ergebnisse robuster. Die Generalisierbarkeit auf den Einsatz von Kommunikationsinstrumenten und technischen Instrumenten in anderen als der untersuchten Liegenschaften wäre aber auch mit der Erhöhung der Stichprobe nur dann uneingeschränkt möglich, wenn die identischen Instrumente eingesetzt würden.

Die Messung der Verbrauchswerte bereits vor dem Beginn der Interventionen wäre hilfreich, um die Messwerte während und nach den Interventionen besser interpretieren zu können. Im durchgeführten Feldversuch war dies nicht möglich, da die Wohnungen alle neu bezogen wurden. Mit der Weiterführung der Messungen bis 12 Monate nach der Hauptinterventionsphase konnte im Feldversuch die Plausibilisierung der Messwerte während den Interventionen dennoch gewährleistet werden.

Für den Nachweis von nur kurzfristig anhaltenden Wirkungen auf den gemessenen Energieverbrauch müssten der Energieverbrauch und das Verhalten der Nutzenden gleichzeitig und in einer hohen zeitlichen Auflösung erfasst werden. Dies würde eine konsequente Überwachung der Präsenz und der Aktivität der Nutzenden in der Wohnung über die ganze Versuchsdauer bedeuten. Für einen längerfristig angelegten Feldversuch ist diese permanente Überwachung der Nutzenden aber nicht realistisch vorstellbar.

## 4.2 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen

Die Ergebnisse des Feldversuchs sind trotz der tiefen Fallzahlen nachvollziehbar und sinnvoll zu interpretieren.

Technische Systeme, welche den Mieterinnen und Mietern energiesparendes Verhalten erleichtern sollen, für diese aber neuartig sind, führen aus den folgenden Gründen nicht per se zu energiesparenderem Verhalten:

- Mieterinnen und Mieter nutzen technische Systeme in der Regel so, wie sie es gewohnt sind, d.h. über Schalter, Taster und Regler am Ort der Wirkung (z.B. Thermostaten an den Heizkörpern) – es sei denn, diese Möglichkeit besteht nicht.

- Neuartige technische Systeme sind – aus Sicht der Mieterinnen und Mieter – schwer verständlich. Durch die vielen Möglichkeiten (z.B. Programmierung der Haustechnik) wird die Bedienung und Anwendung komplexer.
- Mieterinnen und Mieter sind in der Regel nur ansatzweise gewillt, zusätzlichen Aufwand für das Erlernen der Technik aufzubringen.

In der Folge benötigen neuartige technische Systeme eine sorgfältige Einführung und unkomplizierten, rasch und einfach verfügbaren Support, was im Feldversuch nur bedingt aber dadurch auch realitätsnah gegeben war.

Die Erwartung, dass technische Instrumente durch die Vereinfachung von Steuerungen und Regulierungen – beispielsweise eine zentrale Steuerung beim Heizen oder die Bedienung über ein Smartphone – gleichsam automatisch eine Wirkung entfalten, muss aufgrund dieser Studie in Frage gestellt werden. Die Menschen haben im Feldversuch die technischen Instrumente nicht als Vereinfachungen, sondern als Verkomplizierung wahrgenommen, weil sie nicht gleich funktionieren, wie sie es sich gewohnt sind (z.B. Bedienung über Thermostaten).

Da gemäss den Resultaten des durchgeführten Feldversuchs die technischen Instrumente in Form des Smart-Home-Systems nur eine sehr geringe und gegenüber den eingesetzten Kommunikationsinstrumenten untergeordnete Wirkung entfalten konnten, sind solche Systeme nicht als Voraussetzung für eine Verbesserung der Energieeffizienz in Haushalten zu betrachten.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen zum Einsatz der Kommunikationsinstrumente können wie folgt zusammengefasst werden:

- Mieterinnen und Mieter sind unmittelbar nach dem Einzug mit Umzugsformalitäten belastet und haben keine Kapazitäten, für sie nicht akut relevante Informationen zu verarbeiten. Auf den Versand von Informationsmaterial unmittelbar nach dem Einzug kann verzichtet werden.
- Da nur eine Minderheit der Mieterinnen und Mieter die eingesetzten Kommunikationsinstrumente ganz gelesen hat, sollten diese Instrumente mit einfachsten Mitteln umgesetzt werden. Auf Lauftext ist möglichst zu verzichten. Viel einfacher zu rezipieren sind Slogans, Merksätze und vor allem visuelle Mittel.
- Bei den Kommunikationsinstrumenten konnte in Einzelfällen beobachtet werden, dass auf der Stufe der Verhaltensabsicht die Kontrollgruppe langfristig die Experimentalgruppen in der Wirkung überholt hat. Über einen solchen Effekt wurde in der Forschung bisher nicht berichtet. In Evaluationsstudien sollte diese Möglichkeit in Betracht gezogen und analysiert werden, ob und unter welchen Bedingungen dieser Effekt systematisch auftritt.

Die Erwartung, dass in einer einzelnen Übungsanlage spezifische Wirkungen von entsprechend spezifischen Kommunikationsinstrumente nachgewiesen werden können, scheint alles in allem nicht realistisch zu sein. Trotzdem können Kommunikationsinstrumente sinnvoll sein, wenn sie als Teil einer Gesamtheit von Sensibilisierungsmassnahmen – beispielsweise im Verbund mit Kommunikationskampagnen – verstanden werden.