

Schlussbericht, August 2020

Warmwasser-Kurzentnahmen

Auswirkung und Vermeidung



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autoren

Benoit Sicre, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie

Evelyn Lobsiger-Kägi, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Nachhaltige Entwicklung

Diego Sigrist, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie

Anna Kohler, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Nachhaltige Entwicklung

Chris Steffen, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie

Björn Zenger, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie

Peter Nötzli, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie

Noe Roth, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie

Begleitgruppe

Mathias Ahlgrimm, KWC

David Eyhorn, Bundesamt für Energie

Holger Fehrholz, Similor AG und Verband Schweizerischer Armaturenfabriken (URS)

Roland Gloor, Franke Water Systems AG und Verband Schweizerischer Armaturenfabriken (URS)

Michael Gottet, Gemeinnützige Wohnbaugenossenschaft Winterthur GWG

Rita Kobler, Bundesamt für Energie

Markus Lutz, Similor AG

Claudio Menn, Bundesamt für Energie, EnergieSchweiz

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

Zusammenfassung

Bei kurzen Warmwasserentnahmen, z.B. beim raschen Händewaschen, wird die Warmwasserlieferung zwar aktiviert, doch das warme Wasser erreicht in dieser kurzen Zeit die Entnahmestelle meist gar nicht. Das Warmwasser bleibt in der Leitung und kühlt dort ungenutzt ab. Energetisch betrachtet sind insbesondere kurze Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung, d.h., kurze Warmwasserentnahmen nachdem die Ausstossleitung wieder abgekühlt ist, unerwünscht. Eine Möglichkeit, den durch kurze Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung verursachten Energieverbrauch zu reduzieren, besteht in der Verwendung von sogenannten «Eco-Armaturen», welche bei mittlerer Hebelposition reines Kaltwasser liefern (Funktion «Mittelstellung kalt»).

Diese Feldstudie untersuchte, wie gross die tatsächliche Wirkung von der Funktion «Mittelstellung kalt» auf den Energieverbrauch in Gebäuden ist und wie die Akzeptanz der Nutzer ist. Dafür wurden zwei verschiedene methodische Ansätze verwendet: Einerseits wurde bei 16 Wohnungen eine Messkampagne durchgeführt, wobei jeweils Eco-Armaturen am Waschtisch im Bad und am Spültisch in der Küche installiert und der Wasserverbrauch sowie die Wassertemperaturen während eines Jahres gemessen wurden. Andererseits wurden die 16 Haushalte zu den Themen Zufriedenheit, Nutzung und Komfort befragt.

Die Auswertung der Messdaten zeigte, dass die Funktion «Mittelstellung kalt» ein beträchtliches Einsparpotenzial aufweist: Pro Armatur konnte der Warmwasserverbrauch (und somit der Energieverbrauch) im Durchschnitt um 28 % (Spültisch in Küche) bzw. 21 % (Waschtisch in Bad) reduziert werden. Der totale Warmwasserverbrauch bzw. Wärmebedarf für Warmwasser der Wohnungen, Duschen und Baden mitinbegriffen, konnte mit der Funktion «Mittelstellung kalt» im Durchschnitt um knapp 5 % reduziert werden. Des Weiteren hat die Messkampagne gezeigt, dass die mittels Funktion «Mittelstellung kalt» erzielte Einsparung stark vom individuellen Nutzerverhalten abhängt und relativ unabhängig von Armaturenmarke (bzw. Art der Steuerung), Nutzerkategorie und subjektiv wahrgenommenen Umgang mit Wasser (d.h., ob sich die Nutzer selbst als sparsam betrachten oder nicht) ist.

Die Nutzerbefragung hat gezeigt, dass die Funktion «Mittelstellung kalt» der Armaturen von den Nutzern gut akzeptiert wird. Dagegen kann die Spar-Funktion der Eco-Armaturen (reduzierter Durchfluss) zu Unmut und einem Gefühl der Wasserverschwendung führen. Die Standardeinstellung bei kurzen Warmwasserentnahmen wird von den Nutzern grösstenteils nicht bewusst übersteuert, der Hebel wird also meist in der Mittelposition belassen. Eigenschaften der Eco-Armaturen, welche nicht fürs Energiesparen relevant sind, wie Höhe, Ausschwenkbarkeit, Reinigungsverhalten, Spritzverhalten und generelle Handhabung haben einen weitaus grösseren Einfluss auf die Nutzerzufriedenheit und sind daher entscheidend für die Akzeptanz von Eco-Armaturen.

Aus diesen Ergebnissen wurden Empfehlungen für verschiedene Stakeholder abgeleitet. Den Immobilieneigentümern wird empfohlen, Eco-Armaturen bei einem Neubau oder bei einem sowieso nötigen Ersatz einzubauen. Der Mechanismus der Eco-Armatur und eine allfällig damit kombinierte Spar-Funktion (und dadurch längere Wartezeiten bei warmem Wasser) muss gut kommuniziert und erklärt werden, da bei den Haushalten ansonsten allenfalls das Gefühl von Wasserverschwendung aufkommen kann. Die Eco-Armaturen sollten im Fachhandel aktiv und zum gleichen Preis wie herkömmliche Armaturen angeboten werden und zum Standard in entsprechenden Normen aufgenommen werden.

Abkürzungsverzeichnis

Symbol	Erläuterung	Einheit
KW	Kaltwasser (kaltes Trinkwasser)	
kWW	Kurze Warmwasserentnahme	
kWW-kL	Kurze Warmwasserentnahme bei kalter Leitung	
MW	Mischwasser	
T	Temperatur	°C
TW	Trinkwasser	
V	Volumen	L
WW	Warmwasser (warmes Trinkwasser)	

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Motivation und Aufgabenstellung	8
3	Methodik	10
3.1	Messobjekt	10
3.2	Messkonzept	10
3.2.1	Installierte Eco-Armaturen.....	11
3.2.2	Bestimmung einer Wasserentnahme	12
3.2.3	Drei Entnahmetypen	12
3.2.4	Temperaturmessung	13
3.2.5	Abwesenheit der Bewohner	13
3.3	Systemgrenzen und Annahmen.....	13
3.4	Umrechnung auf Normliter	14
3.5	Definition: Kurze Warmwasserentnahme.....	15
3.6	Definition: Kurze Warmwasserentnahme bei kalter Leitung	16
3.7	Abschätzung der Wirkung der Funktion «Mittelstellung kalt»	16
3.8	Befragung der teilnehmenden Haushalte	17
3.9	Statistische Methoden und Begriffe	19
4	Ergebnisse der Messkampagne	21
4.1	Nutzerverhalten Eco-Armatur	21
4.2	Kurze Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung (kWW-kL)	25
4.3	Vermeidung von kWW-kL durch Eco-Armaturen	27
4.4	Energieeinsparung durch die Funktion «Mittelstellung kalt»	29
4.5	Weitere Messresultate	31
4.5.1	Totaler Wasserverbrauch gemäss Nebenkostenabrechnung.....	31
4.5.2	Totaler WW-Verbrauch gemäss Nebenkostenabrechnungen	33
4.5.3	Stromverbrauch der Armatur «KWC ZOE touch light PRO»	33
4.5.4	Volumenströme der Eco-Armaturen	34
4.5.5	WW- und KW-Temperaturen	35

5	Ergebnisse der Befragung	38
5.1	Nutzungsverhalten Eco-Armatur	38
5.2	Zufriedenheit mit den Eco-Armaturen	39
5.3	Wahrnehmung und Einstellungen gegenüber Wasser-verbrauch mit der Eco-Armatur	41
6	Diskussion der Messkampagne	44
6.1	Nutzerverhalten Eco-Armatur	44
6.2	Wirkung der Funktion «Mittelstellung kalt» (Vermeidung von kWW-kL).....	44
6.3	Weitere Erkenntnisse	46
7	Diskussion der Befragung	47
8	Synthese und Fazit	49
8.1	Kernaussagen aus dem Projekt.....	49
8.2	Empfehlungen für die verschiedenen Stakeholder	50
8.3	Einschränkungen der Studie	51
9	Danksagung.....	53
10	Literaturverzeichnis	54
11	Anhang.....	55
11.1	Messtechnik	55
11.1.1	Sensoren	55
11.1.2	Datenverarbeitung.....	55
11.1.3	Einbau der Sensoren	56
11.1.4	Aufbau des Monitoringsystem.....	56
11.2	Ausstossvolumen	58
11.3	Abkühlzeit der Ausstossleitung	59
11.4	Leitfaden Interviews	60
11.5	Kurze Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung (kWW-kL)	65
11.6	Vermeidung von kWW-kL durch die Funktion «Mittelstellung kalt».....	70

1 Einleitung

Bei kurzen Warmwasserentnahmen (kWW), z.B. beim raschen Händewaschen, wird die Warmwasserlieferung zwar aktiviert, doch das warme Wasser (WW) erreicht in dieser kurzen Zeit die Entnahmestelle meist gar nicht. Das WW bleibt in der Leitung und kühlt dort ungenutzt ab. Energetisch betrachtet sind insbesondere kWW bei kalter Leitung (kWW-kL), d.h., kWW nachdem die Ausstossleitung wieder abgekühlt ist, unerwünscht. Eine frühere Messung hat gezeigt, dass deren Anteil – je nach Nutzerverhalten – weit mehr als 50% an den getätigten Entnahmen ausmachen kann (Sicre et al., 2016). Bei herkömmlichen Einhebelarmaturen wird der Hebel aus ästhetischen Gründen meistens mittig ausgerichtet. In dieser Hebelposition tritt sowohl Kaltwasser (KW) wie auch WW, sprich Mischwasser (MW) aus der Armatur aus. Die Vermutung liegt nahe, dass eine Vielzahl von Nutzern auch bei kurzen Wasserentnahmen (z.B. beim Händewaschen) den Hebel in dieser Mittelposition betätigen. Dadurch gelangt warmes Wasser in die Leitung, kühlt dort jedoch ungenutzt wieder ab: Falls die Ausstossleitung zuvor bereits wieder abgekühlt ist, kommt es somit zu kWW-kL.

Eine Möglichkeit, den durch kWW-kL verursachten Energieverbrauch zu reduzieren, besteht in der Verwendung von sogenannten «Eco-Armaturen», welche bei mittlerer Hebelposition reines KW liefern (Funktion «Mittelstellung kalt»). Es stellt sich die Frage, wie gross die tatsächliche Wirkung von Eco-Armaturen auf den Energieverbrauch in Gebäuden ist und wie hoch die Akzeptanz bei den Nutzern ist.

In Studien zu wassersparenden Duschköpfen und Wasserhähnen (Lee et al., 2011 und Mayer et al., 2004) konnten erhebliche Wassereinsparungen und eine hohe Akzeptanz nachgewiesen werden. Die Akzeptanz von technischen Neuerungen und eine damit einhergehende Verhaltensänderung (hier: Nutzung der Eco-Armatur) ist nicht selbstverständlich, das haben verschiedene Studien zu Verhaltensänderungen gezeigt (für eine Übersicht siehe Abrahamse et al., 2005). Auch wenn die Warmwassereinsparung hauptsächlich über eine technische Intervention erreicht werden soll, bedingt diese eine Verhaltensänderung oder zumindest die Akzeptanz dieser technischen Neuerung. Aus der Literatur zu Verhaltensänderungen im Umweltbereich ist bekannt, dass dies sowohl negative Effekte (sog. «rebound» Effekte oder «moral licensing»), wie auch positive Effekte (sog. «spill over» Effekte) auf andere umweltrelevante Verhaltensweisen haben kann (Tiefenbeck et al., 2013).

2 Motivation und Aufgabenstellung

Im Rahmen einer Feldstudie untersucht ein Konsortium aus Forschung, Industrie und Gebäudebetreiber, wie die Anzahl von (vermutlich oft unbeabsichtigten) kurzen Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung (kWW-kL) mittels Funktion «Mittelstellung kalt» reduziert werden kann. Es werden die folgenden beiden methodischen Ansätze verwendet:

1. **Messung und Auswertung des Wasserverbrauches** am Waschtisch im Bad und am Spültisch in der Küche
2. **Befragung der Teilnehmenden** zu den Themen Zufriedenheit, Nutzung und Komfort

Ziel der Feldstudie ist es, die Intervention, d.h. den Einsatz von Eco-Armaturen, hinsichtlich des Potentials zur Energieeinsparung, des Nutzerverhaltens und der Nutzerakzeptanz zu bewerten. Mit der Messung und Auswertung des Wasserverbrauches (1. methodischer Ansatz) sollen die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- **Nutzerverhalten unter Verwendung der Eco-Armaturen:** Wie häufig (Anzahl Zapfungen) kommt es zu WW-, MW- und KW-Entnahmen und wie lange dauern diese? Wie hoch ist der jeweilige WW-, MW- und KW-Verbrauch?
- **Messung der kWW-kL:** Wie häufig kommt es (trotz Eco-Armaturen) zu kWW-kL (Anzahl kWW-kL gegenüber totalen WW-Entnahmen)? Wie viel WW wird durch kWW-kL verbraucht (Anteil an gesamtem WW-Verbrauch der Eco-Armatur)?
Kommt es dabei zu signifikanten Unterschieden von Eco-Armaturen, differenziert nach Entnahmestelle (Spültisch in Küche, Waschtisch in Bad), Armaturenmarke (arwa, KWC), Nutzerkategorie (Paar-Haushalt, Einzel-Haushalt, Eltern und Kind) oder wahrgenommene Sparsamkeit der Nutzer?
- **Abschätzung der durch Eco-Armaturen vermiedenen kWW-kL:** Wie gross ist die Wirkung der Eco-Armaturen, sprich, wie viel WW kann durch eine Armatur mit Mittelstellung kalt eingespart werden?
Kommt es dabei zu signifikanten Unterschieden von Eco-Armaturen differenziert nach Entnahmestelle (Spültisch in Küche, Waschtisch in Bad), Armaturenmarke (arwa, KWC), Nutzerkategorie (Paar-Haushalt, Einzel-Haushalt, Eltern und Kind) oder wahrgenommene Sparsamkeit der Nutzer?
- **Abschätzung der erzielten Energieeinsparung:** Wie hoch ist die Reduktion des (gesamten) WW-Verbrauches bzw. des Wärmebedarfs für WW?

Mittels Befragung (2. methodischer Ansatz) sollen zusätzlich die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie ist die Zufriedenheit mit den Eco-Armaturen bei den Teilnehmern? (u.a. Ausstosszeit, Geräusche, Spritzverhalten, Durchfluss, Reinigungsverhalten, Benutzerfreundlichkeit)
- Wie wird die Eco -Armatur von den Teilnehmern genutzt? Gibt es allfällige Probleme bei der Bedienung?
- Wird die Funktion «Mittelstellung kalt» bei kurzen Wasserentnahmen übersteuert?

- Gibt es bei den Teilnehmenden einen Spillover-Effekt auf andere wasserverbrauchende Aktivitäten?
- Agieren die Haushalte als Multiplikatoren bei Gästen und Familienangehörigen?
- Haben die teilnehmenden Personen das Gefühl, dass sie Warmwasser eingespart haben?
- Haben die teilnehmenden Personen das Gefühl, dass die Eco-Armatur automatisch zum Warmwassersparen beiträgt?

3 Methodik

3.1 Messobjekt

Die Feldstudie wurde in einer 2009 erbauten Wohnsiedlung der Gemeinnützigen Wohnbaugenossenschaft Winterthur (GWG) im Kanton Zürich durchgeführt. Die Siedlung besteht aus fünf Mehrfamilienhäusern und umfasst insgesamt 40 Wohnungen mit einer Grösse von 3.5 bis 4.5 Zimmern. Die Warmwassererwärmung erfolgt in jedem der fünf Mehrfamilienhäusern über eine zentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe mit einem elektrischen Heizstab für Leistungsspitzen und wird von einer thermischen Solaranlage unterstützt.

Wichtige Kriterien für die Auswahl dieser Siedlung waren die Zusammenarbeitsbereitschaft der GWG sowie die technische Umsetzbarkeit der Installation der Messtechnik. Es wird bewusst eine Siedlung mit baugleichen Häusern, sprich mit einheitlicher Gebäudestruktur, Bausubstanz und Gebäudetechnik, gewählt, damit die Vergleichbarkeit der Resultate gegeben ist. Die Rekrutierung der Studienteilnehmer erfolgte via Brief der GWG mit einem Aufruf zur Teilnahme sowie persönliche Gespräche mit den interessierten Bewohnern. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig. Der ökonomische und ökologische Mehrwert durch die potentielle Energieeinsparung stellten dabei einen wichtigen Anreiz zur Teilnahme dar.

Schlussendlich konnten insgesamt 16 Haushalte mit unterschiedlichen Haushaltstrukturen für die Studie rekrutiert werden. Dabei handelt es sich um 3 Single-, 11 Paar- und 2 Familienhaushalte (Paar mit einem/mehreren Kind/Kindern). An einem Informationsanlass wurden alle Teilnehmer über den Zweck der Studie und insbesondere über die Funktions- und Nutzungsweise der Eco-Armaturen informiert.

3.2 Messkonzept

In jedem der 16 Haushalte wurde jeweils am Spültisch in der Küche und am Waschtisch im Bad eine Eco-Armatur mit der Funktion «Mittelstellung kalt» der Marke KWC oder arwa installiert (siehe Kapitel 3.2.1). Mithilfe eines Wasserzählers wird der KW- und WW-Verbrauch der jeweiligen Entnahmestelle kontinuierlich aufgezeichnet. Zusätzlich werden die Wassertemperaturen an den KW- und WW-Verteilern¹ mit Anlegefühler gemessen. Ein Schema mit den Messpunkten ist in Abbildung 1 zu sehen, wobei die Wasserzähler mit «V» (für Volumen) und die Anlegefühler mit «T» (für Temperatur) gekennzeichnet sind.

¹ Übergang von der warmgehaltenen Verteilleitung zur Ausstossleitung

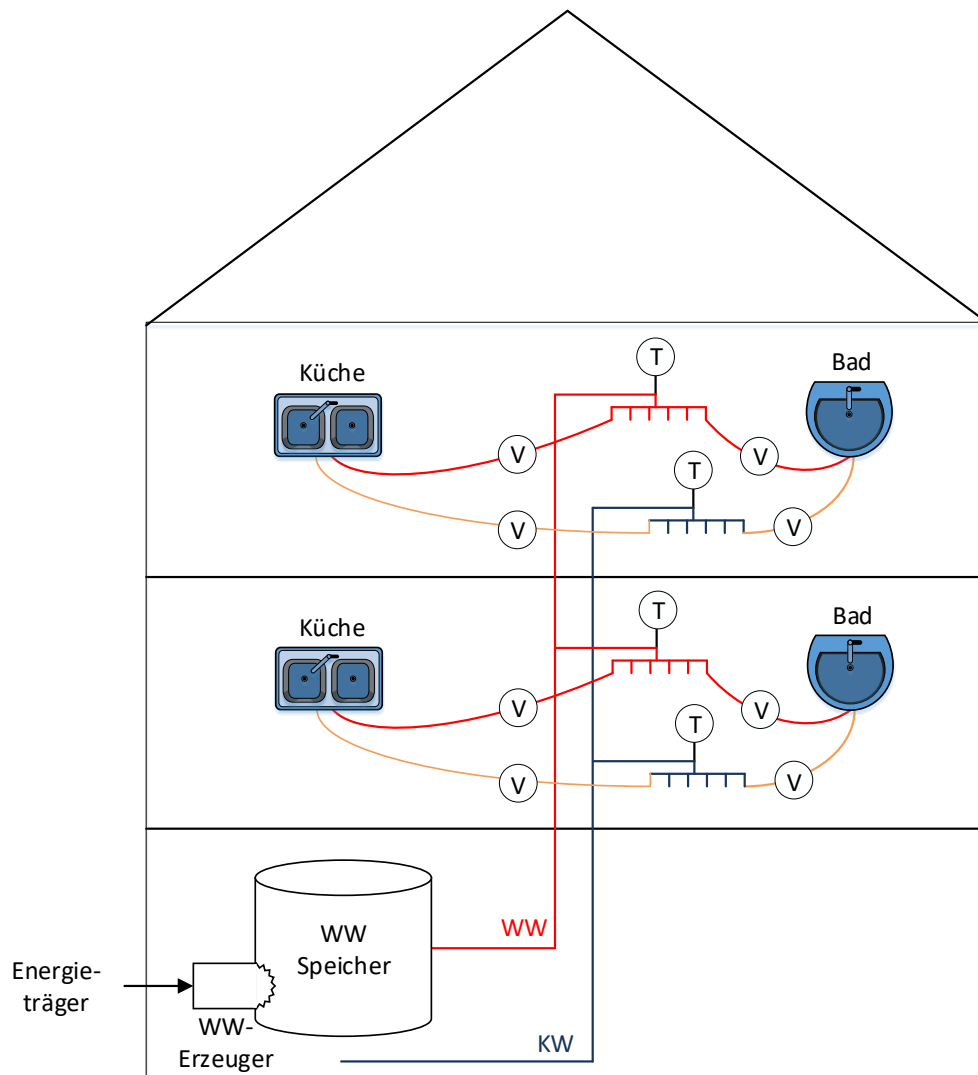



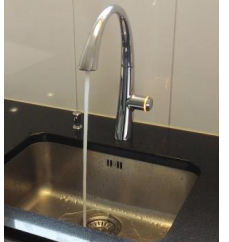


Abbildung 1: Messkonzept (V = Wasserzähler, T = Temperatur-Anlegefühler)

Die Messimpulse inkl. Zeitstempel werden von einem Datenlogger aufgezeichnet und an einen Datenserver übertragen. Die Messperiode beträgt genau ein Jahr (01.10.2018–30.09.2019). Ein detaillierter Beschrieb der Messtechnik findet sich im Anhang 11.1.

3.2.1 Installierte Eco-Armaturen

Die herkömmlichen Armaturen des Waschtisches im Bad und des Spültisches in der Küche wurden für die Feldstudie durch die in Tabelle 1 aufgeführten Eco-Armaturen ersetzt. Die mechanischen Armaturen liefern in der mittleren Hebelstellung lediglich KW und kein WW. Bei der elektronischen Armatur (KWC ZOE touch light PRO) wird die Austrittstemperatur über eine Touchfunktion gesteuert: Bei einmaligem Tippen liefert die Armatur nur KW, danach wird die Wassertemperatur durch erneutes Tippen schrittweise auf drei voreingestellte Temperaturniveaus erhöht.

Tabelle 1: Technische Eckdaten der installierten Eco-Armaturen

Marke	arwa	KWC	arwa	KWC
Modelltyp	arwa-twinplus Spültischmischer	KWC ZOE touch light PRO	arwa-pure Wasch- tischmischer	KWC AVA
				
Einbauort	Spültisch Küche		Waschtisch Bad	
Wohnungs-Nr.	2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 14	1, 3, 6, 9, 12, 13, 15, 16	2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 14	1, 3, 6, 9, 12, 13, 15, 16
Steuerung	Mechanisch	Elektronisch	Mechanisch	Mechanisch
V _{max} (3 bar)	5-7.2 l/min	10 l/min	3.5-5.7 l/min	7.5 l/min

V_{\max} entspricht dem (theoretisch) maximalen Durchfluss bei vollständig geöffneter Hebelstellung und einem Leitungsdruck von 3 bar. Je nach tatsächlichem Leitungsdruck variiert auch der tatsächliche maximale Durchfluss (siehe Kapitel 4.5.4).

3.2.2 Bestimmung einer Wasserentnahme

Der verwendete Wasserzähler liefert erst dann einen Impuls, wenn ein Volumen von 0.25 Liter Wasser durchgeströmt ist. Demnach verhalten sich die Impulse des Wasserzählers wie eine diskrete Messvariable, welche nicht kontinuierlich übermittelt wird, solange Wasser strömt, sondern punktuell wenn eine bestimmte Wassermenge gezählt worden ist. Die Dauer der Entnahme (Zapfung) kann daher aus keiner der gemessenen Variablen direkt abgeleitet, sondern muss daraus ermittelt werden, d.h. wie lange ein bestimmtes Impulspaket gesendet wird. In Anbetracht der gemessenen Volumenströme (siehe Anhang 4.5.4) wird eine Entnahme als beendet definiert, wenn der Zeitabstand bis zum nächsten Impuls grösser ist als 10 Sekunden ($\tau = 10$ s).

3.2.3 Drei Entnahmetypen

Für die Auswertung der Messungen werden die Wasserentnahmen (Zapfungen) in die folgenden drei Kategorien unterteilt:

- **Reine KW-Entnahme:** Hebelposition mittig ($x = 0^\circ$)
- **Reine WW-Entnahme:** Hebelposition vollständig links ($x = 90^\circ$)
- **MW Entnahme:** Hebelposition dazwischen ($0^\circ < x < 90^\circ$)

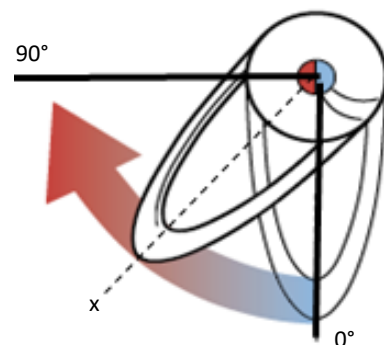


Abbildung 2: Hebelposition

3.2.4 Temperaturmessung

Bei jeder Entnahme (d.h. Zapfung) wurde die maximale (beim WW) bzw. minimale (beim KW) Temperatur bestimmt. Da die Temperaturmessung mit einem Anlegefühler erfolgte, war diese träge, d.h., sie hinkte der Verbrauchsmessung mittels Wasserzähler hinterher: Der Anlegefühler misst die Temperatur der Leitung (und nicht diejenige des Wassers), welche etwas Zeit braucht bis sie erwärmt ist und näherungsweise dieselbe Temperatur wie das enthaltene Wasser aufweist. Die Höchst- bzw. Tiefsttemperaturen wurden demnach erst rund zwei Minuten nach Entnahme ermittelt.

Die ermittelte maximale WW-Temperatur und minimale KW-Temperatur einer Entnahme wurden dann für die Umrechnung (der betroffenen) Entnahme auf Normliter verwendet (siehe Kapitel 3.4). Für die Berechnung der Abkühlzeit einer Ausstossleitung (siehe Kapitel 3.6) wurden dagegen die Mediane aller gemessenen (maximalen) WW-Temperaturen verwendet.² Die gemessenen Maxima, Minima und Mediane der WW- und KW-Temperaturen der 16 Wohnungen sind in Kapitel 4.5.5 aufgeführt.

Des Weiteren traten teilweise Übermittlungsfehler bei Temperatur-Anlegefühlern auf. Für die Umrechnung der betroffenen Entnahmen auf Normliter wurden wiederum die Medianwerte verwendet.

3.2.5 Abwesenheit der Bewohner

Es wurden jeweils nur die Anwesenheitstage der Bewohner, sprich, diejenigen Tage, an denen mindestens eine Entnahme stattfindet, berücksichtigt. Tage ohne Wasserentnahme wurden demnach nicht für die Berechnung der durchschnittlichen täglichen Wasserverbräuche verwendet.

3.3 Systemgrenzen und Annahmen

Die Messungen mit den Eco-Armaturen wurden zwischen dem 01.10.2018 und 30.09.2019 durchgeführt. Aufgrund des strikten Zeitplans und eines (von Jahr zu Jahr) ohnehin schwankenden Verbrauchsprofils (durch Mieterwechsel und unterschiedliche Witterungsverhältnisse) wurde auf eine Referenzmessung («Baseline-Szenario») mit den bisherigen Armaturen verzichtet. Zudem weisen die Eco-Armaturen, aufgrund ihrer «Spar-Funktion», geringere Durchflüsse auf, d.h., sie sind sparsamer, als die bisherigen Armaturen. Um die Wirkung der Eco-Armaturen dennoch quantifizieren zu können, wurden die folgenden Annahmen getroffen:

Annahme 1: Die Funktion «Mittelstellung kalt» der installierten Eco-Armaturen beeinflusst den Gesamtverbrauch an Wasser (Summe von WW und KW) nicht

² Es werden jedoch nur lange Entnahmen berücksichtigt, sprich, Entnahmen, welche die Bedingung für eine kurze Entnahme (Gleichung (2)) nicht erfüllen. Somit wird sichergestellt, dass die Leitung aufgewärmt ist und der Anlege-Temperaturfühler die tatsächliche WW-Temperatur misst.

Die Funktion «Mittelstellung kalt» beeinflusst die Gesamtmenge an verbrauchtem Wasser (Summe von KW und WW) nicht. Die Mittelstellung kalt hat lediglich einen Einfluss auf den KW- und WW-Verbrauch, sprich auf die Zusammensetzung des totalen Wasserverbrauchs (d.h. es wird weniger WW – dafür mehr KW verbraucht). Die installierten Eco-Armaturen verfügen jedoch neben der Mittelstellung kalt auch über eine Spar-Funktion (Durchflussregler), welche den Gesamtverbrauch reduziert. Die Untersuchung der Spar-Funktion (bzw. ihrer Wirkung auf den gesamten Wasserverbrauch) ist nicht Schwerpunkt dieser Studie, wird jedoch in Kapitel 4.5.4 trotzdem kurz behandelt.

Annahme 2: Bei herkömmlichen Armaturen wird bzw. wurde für kurze KW-Zapfungen³ ausschliesslich die mittlere Hebelposition verwendet

Da der Hebel aus ästhetischen Gründen oft mittig ausgerichtet ist, wurde angenommen, dass er auch für kurze (eigentliche) KW-Zapfungen in dieser Position verwendet wird. Der Nutzer lässt den Hebel bei kurzen Entnahmen, z.B. aus Bequemlichkeit, in der Mittelposition und verbraucht auf diese Weise auch WW – obwohl nur KW benötigt wird.⁴ Es wurde weiter angenommen, dass herkömmliche Armaturen bei mittlerer Hebelposition genau 50 % KW und 50 % WW liefern. Bei den Eco-Armaturen dagegen liefert dieselbe Hebelposition 100 % KW.

Des Weiteren konnte aus finanziellen Gründen jeweils nur eines der beiden Bäder pro Wohnung mit Eco-Armaturen ausgestattet werden. Dabei wurde diejenige Räumlichkeit gewählt, welche gemäss Bewohneraussage eine höhere Nutzungsfrequenz aufweist. Diese Limitierung der Studie muss insbesondere berücksichtigt werden, wenn die Entnahmen (vom Waschtisch im Bad) unterschiedlicher Haushalte direkt gegenübergestellt werden.

Im Bad wurde zudem ausschliesslich der Wasserverbrauch am Waschtisch (Lavabo) gemessen. Die Wasserverbräuche von Dusche, Badewanne und WC wurden bewusst nicht erfasst, da hier keine kWW erwartet werden.

3.4 Umrechnung auf Normliter

Die WW-Temperaturen unterscheiden sich teilweise sehr stark von Wohnung zu Wohnung: An den WW-Verteiler werden maximale Temperaturen zwischen 46 °C und 57 °C gemessen (siehe Kapitel 4.5.5). Gründe hierfür sind die unterschiedlichen Entfernungen zum WW-Speicher sowie unterschiedliche Einstellungen am Wärmeerzeuger und Begleitheizband. Um die WW-Verbräuche der verschiedenen Wohnungen vergleichen zu können, wurden alle WW-Volumen auf Normliter umgerechnet. Ein Normliter dient zur Beschreibung des Volumens von WW mit einer Temperatur von 60 °C, welches ab KW von 10 °C erwärmt wurde (Referenzbedingungen).

³ Kurz ist dabei gleich definiert wie bei den kWW (siehe Kapitel 3.5)

⁴ Diese Annahme hat sich in den Umfrageresultaten als ziemlich realistisch erwiesen, denn 12 von 15 Haushalten haben angegeben, dass sie vor dem Einbau der Eco-Armatur auch bei Kurzzapfungen standardmässig lauwarm oder sogar warm gezapft haben (siehe Abbildung 19)

Das gemessene WW-Volumen V_{ww} (in l) mit einer Temperatur von T_{ww} (in °C) wird mittels Gleichung (1) auf Normliter umgerechnet, wobei T_{kw} (in °C) die gemessene KW-Temperatur und $V_{60/10}$ (in l) das Normvolumen des WW (mit demselben Energiegehalt wie V_{ww} – bezogen auf die jeweilige KW-Temperatur) darstellt.

$$V_{60/10} = V_{ww} * \frac{(T_{ww} - T_{kw})}{(60 - 10)} \quad (1)$$

3.5 Definition: Kurze Warmwasserentnahme

Kurze WW-Entnahmen (kWW) sind WW-Entnahmen, deren Dauer so kurz sind, dass die Nutzbarkeitsgrenze von 40 °C (gemäss SIA 385/1) an der Entnahmestelle (d.h. Zapfstelle) nicht erreicht wird. Dies ist der Fall, wenn die Entnahmedauer kürzer ist als die Ausstosszeit t_{em} , welche wiederum die Summe der Kaltphasendauer t_c und der Anwärmphasendauer t_{hu} ist, wie in Abbildung 3 zu sehen ist.

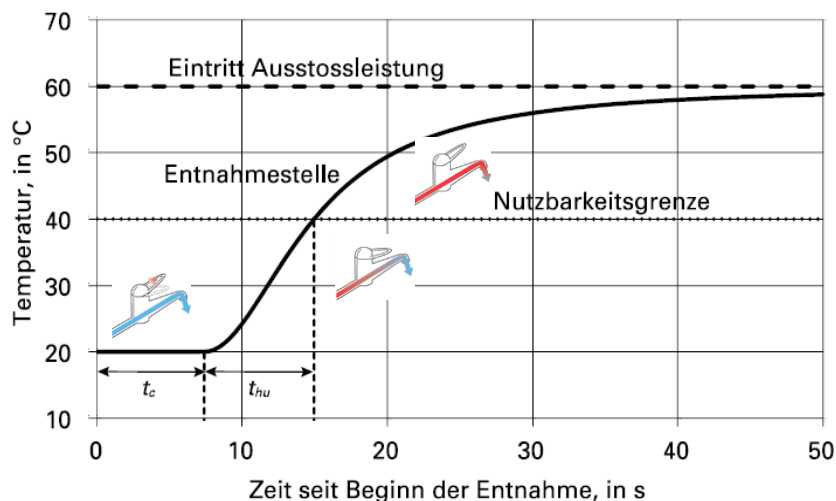


Abbildung 3: Temperaturverlauf an Entnahmestelle bei Hebelposition (x) von 90° [SIA 385/2]

Gemäss SIA 385/2 kann die Ausstosszeit auch mit der doppelten Kaltphasendauer approximiert werden. Der Faktor 2 wurde jedoch mittels Labormessungen ermittelt, wobei eine anfängliche Wasser-Temperatur von 12 °C verwendet wurde, obwohl diese in der Realität zwischen 25 °C und 35 °C liegt (Lippuner, 2015). Da die Ausstossleitungen zudem aus Kunststoff (PVC) sind, kann der Faktor 2 auf 1.5 reduziert werden (Lippuner, 2015). Die Ausstosszeit hängt jedoch auch stark von der WW-Temperatur am Eintritt der Ausstossleitung (Eintrittstemperatur) ab (siehe SIA 385/2 G.3). Da in der Wohnsiedlung Hofacker eine Eintrittstemperatur von 44.7 °C (Mittelwert der Mediane) gemessen wurde (siehe Kapitel 4.5.5), wurde die berechnete Ausstosszeit zusätzlich mit einem Faktor von 1.39 multipliziert (gemäss Tabelle 7, SIA 385/2).

Somit handelt es sich bei einer WW-Entnahme um eine kWW, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:⁵

$$V_{Entnahme} < 1.5 * V_{Ausstoss} * 1.39 \quad (2)$$

Bei $V_{Entnahme}$ (in l) handelt es sich um das entnommene Wasservolumen (insgesamt, sprich sowohl KW wie auch WW) und bei $V_{Ausstoss}$ (in l) um den Wasserinhalt der Ausstossleitung, welcher für jede Armatur separat mittels Leitungslänge (gemäss Plänen) und Innendurchmesser berechnet wurde. Die Volumina aller Ausstossleitungen sind in Anhang 11.2 gezeigt.

3.6 Definition: Kurze Warmwasserentnahme bei kalter Leitung

Kurze Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung (kWW-kL) sind kWW (d.h., WW-Entnahmen, für welche Gleichung (2) erfüllt ist), die bei abgekühlter Ausstossleitung erfolgen. Die Ausstossleitung ist als abgekühlt definiert, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\Delta t_{Entnahme} > t_{Abkühlung} \quad (3)$$

Dabei entspricht $\Delta t_{Entnahme}$ (in s) dem Zeitabstand zur vorherigen WW-Entnahme und $t_{Abkühlung}$ (in s) der Abkühlzeit, welche hier knapp 12.95 Minuten (777 Sekunden) beträgt. Die detaillierte Berechnung der Abkühlzeit befindet sich in Anhang 11.3.

3.7 Abschätzung der Wirkung der Funktion «Mittelstellung kalt»

Da aus organisatorischen Gründen keine Referenzmessung mit den herkömmlichen Armaturen durchgeführt werden konnte (d.h. kein «Baseline-Szenario» konnte ermittelt werden), muss die Wirkung der Funktion «Mittelstellung kalt» auf den WW-Verbrauch mittels den getroffenen Annahmen abgeschätzt werden (siehe Kapitel 3.3). Dabei wird angenommen, dass alle (gemessenen) kurzen Kaltwasser-Entnahmen bei kalter Leitung früher (d.h. ohne Eco-Armaturen) kWW-kL gewesen wären (vgl. Annahme 2). Dies stellt natürlich eine optimistische Annahme dar, sprich, die berechneten WW-Einsparungen können als maximal zu erreichende Einsparungen betrachtet werden. Abbildung 4 zeigt wie die Wirkung bzw. eingesparte WW-Menge der Funktion «Mittelstellung kalt» berechnet wird.

⁵ Die Gleichungen der SIA 385/2 wurden von der Entnahmedauer auf das Entnahmenvolumen umgeformt, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Bewohner immer mit maximalem Durchfluss Wasser entnehmen.

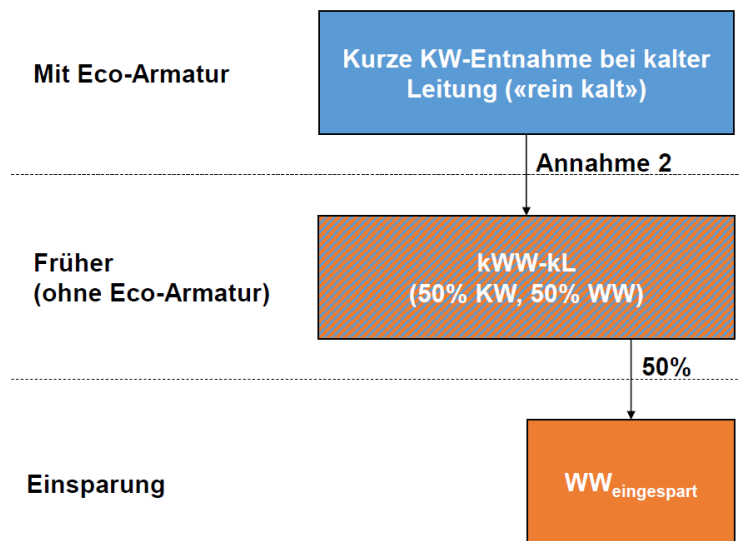


Abbildung 4: Methodik zur Bestimmung der Einsparung

Mit der ermittelten WW-Einsparung wurde zudem abgeschätzt, wie stark der totale WW-Verbrauch (inkl. Dusche und Waschtisch im zweiten Bad) reduziert werden konnte. Die Reduktion des WW-Verbrauchs ΔWW (in %) wird dabei mittels Gleichung (4) berechnet.

$$\Delta WW [\%] = \frac{WW_{\text{eingespart}}}{WW_{\text{eingespart}} + WW_{2018/2019}} \quad (4)$$

Dabei ist $WW_{2018/2019}$ der totale WW-Verbrauch vom 01.10.2018 bis 30.09.2019, welcher von den Nebenkosten-Abrechnungen entnommen wurde. Somit wurde angenommen, dass ohne Eco-Armatur die gemessene WW-Menge ($WW_{2018/2019}$) sowie die im Jahr der Messung eingesparte WW-Menge ($WW_{\text{eingespart}}$) verbraucht worden wäre. Diese Annahme gilt als wahrscheinlich, da bei den grossen WW-Verbrauchern wie Dusche oder Badewanne, die Armaturen nicht gewechselt wurden.

3.8 Befragung der teilnehmenden Haushalte

Die Befragung war explorativer Natur, da erstens noch keinerlei Erfahrungen bestanden bezüglich der Verwendung und dem Effekt der Eco-Armaturen und die Fallzahl zu gering war für eine quantitative Studie. Die Teilnahme an der Befragung war für die Teilnehmenden obligatorisch und wurde in einer Studienvereinbarung geregelt.

In Tabelle 2 sind die zu erfragenden Themen aufgelistet und der erwartete Erkenntnisgewinn pro Zielgruppe spezifiziert. Der Interviewleitfaden mit den konkreten Fragen ist in Anhang 11.4 ersichtlich.

Tabelle 2 Themen der Befragung und zu erwartendem Erkenntnisgewinn pro Stakeholder

Thema/Stakeholder	Immobilieigentümer, Verwaltungen; Bauherren	Armaturenmarke, Verbände, Sanitärplaner	Energieberatung (öffentlich, privat)	Normwesen/Forschung
Erlebnis Eco-Armatur	Empfehlungen zum Einbau, Kommunikation über Armaturen	Feedback zum Produkt		Deskriptiver Erkenntnisgewinn
Nutzerverhalten Eco-Armatur (Übersteuerung, Mittelstellung, allg. Warmwassersparen), Probleme/Vorteile von ZOE/Eco-Armatur	Sparpotential der Armaturen, Bedarf an Kommunikationsmassnahmen	Hinweise für Weiterentwicklungen Eco-Armatur, Sparpotential der Armaturen	Sparpotential der Armaturen	Deskriptiver Erkenntnisgewinn
Wichtige Aspekte für Armaturen-Zufriedenheit	Wichtige Kriterien für Armaturenauswahl	Wichtige Kriterien für Armaturen→ Weiterentwicklungen Eco-Armatur	Wichtige Kriterien für Armaturen- Empfehlungen	Deskriptiver Erkenntnisgewinn
Einstellung gegenüber der Eco-Armatur	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Zusammenhang mit Verhalten, Verhaltensintentionen, Einstellung zum Energie-/Wassersparen, Wissen
Wissensstand Wasser- /Energie-Verbrauch	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Vorwissen von Haushalten→ gezielte Informationsvermittlung	Zusammenhang mit Verhalten, Verhaltensintentionen, Einstellung zum Energie-/Wassersparen und Eco-Armaturen
(Intention zur) Veränderung des Warmwassergebrauchs	Allfällige Argumente für Einbau	Allfällige Argumente für Einbau	Allfällige Argumente für Einbau	Erfassung von Spillover-Effekte
(Intention zur) Veränderung vom übrigen energie- /wasserrelevanten Verhalten	Allfällige Argumente für Einbau	Allfällige Argumente für Einbau	Allfällige Argumente für Einbau	Erfassung von Spillover-Effekte
Einstellung zum Energie/Wasser sparen	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Bedarf an Kommunikationsmassnahmen und deren Inhalte	Zusammenhang mit Verhalten, Verhaltensintentionen, Einstellung gegenüber Eco-Armatur, Wissen
Soziodemographische Angaben	Zielgruppenspezifische Planung	Zielgruppenspezifische Beratung und Planung	Zielgruppenspezifische Beratung	Zusammenhang mit restlichen Aspekten

Die Befragungen erfolgten am Telefon, denn eine mündliche Befragung hat den Vorteil, dass allfällige Verständnisfragen geklärt werden können und die Teilnehmenden schwer zu erklärende Vorgänge und Überlegungen nicht niederschreiben müssen, sondern in einem Gespräch erklären können. Bei allfälligen Verständnisproblemen mit der Antwort kann der Interviewer direkt nachfragen. Ein gewisses Bias durch den Interviewer besteht bei persönlichen Interviews immer, spielt jedoch für ein exploratives Design eine untergeordnete Rolle. Die Interviews wurden von zwei unterschiedlichen Personen durchgeführt, die jedoch festgehalten und gut abgesprochen haben, wie mit bestimmten Situationen umzugehen ist oder wie etwas erklärt werden soll. Zum Beispiel wurden Erklärungen zur Armatur erst am Ende des Interviews abgegeben, falls von den Teilnehmenden gewünscht oder aktiv erfragt. Ausserdem wurden jeweils nur die Meinung und das Verhalten der befragten Person in die Auswertung aufgenommen, ausser die befragte Person sagte auch etwas zum Verhalten einer anderen Person in ihrem Haushalt.

Die Interviews dauerten 30-45 Minuten, je nachdem wie viel die Personen zu den Fragen erzählten.

Durchgeführt wurden die Interviews zwischen dem 20. Mai und dem 19. Juni 2019, da die Teilnehmenden dann bereits eine Langzeit-Erfahrung hatten mit den Eco-Armaturen. Ein Haushalt konnte auch nach mehrmaligen Anrufen für das Interview nicht erreicht werden. Ende Juni 2019 zog diese Partei aus der Wohnung aus.

Die Auswertung der Interviews orientiert sich an qualitativen Methoden (zusammenfassende Inhaltsanalyse mittels Kategorienbildung, Flick, 2002). Wo möglich und sinnvoll werden auch quantitative Aussagen gemacht, was jedoch bei 15 Haushalten immer mit einer grossen Unsicherheit verbunden ist.

3.9 Statistische Methoden und Begriffe

In der Auswertung wurden die folgenden statistischen Kennwerte verwendet:

- **Mittelwert (arithmetisches Mittel)**
- **Median:** Derjenige Messwert, der genau «in der Mitte» steht, wenn alle Messwerte der Grösse nach sortiert werden
- **(Empirische) Standardabweichung:** Streuungsmass, das angibt, wie die Daten um den Mittelwert verteilt sind

Um zu bestimmen, ob sich zwei Mittelwerte (von zwei unabhängigen Stichproben) signifikant unterscheiden, wurde der t-Test verwendet. Wenn die Mittelwerte von mehr als zwei Gruppen/Kategorien miteinander verglichen werden, wurde dagegen eine Varianzanalyse (sog. «ANOVA»-Test) durchgeführt. Es wurde jeweils eine Normalverteilung der Messwerte in den Grundgesamtheiten angenommen. Es wurde die Hypothese getestet, dass die verglichenen Mittelwerte aus unterschiedlichen Grundgesamtheiten stammen. Als Signifikanzniveau wird eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 5 % verwendet. Wurde demnach ein Unterschied als signifikant

beschrieben bedeutet dies, dass die Wahrscheinlichkeit für einen zufälligen Unterschied kleiner als 5 % war.⁶

⁶ Nicht zufällig heisst, dass sich der Unterschied über die Stichprobe hinaus auf eine Grundgesamtheit generalisieren lässt

4 Ergebnisse der Messkampagne

4.1 Nutzerverhalten Eco-Armatur

In einem ersten Schritt wird das Nutzerverhalten analysiert, wobei insbesondere der Wasserverbrauch und das Zapfverhalten der untersuchten Wohnungen genauer betrachtet wird. Abbildung 5 gibt eine Übersicht über den an den Eco-Armaturen gemessenen Wasserverbrauch. Dabei handelt es sich um die mittleren Wasserverbräuche pro Tag und Person.⁷ Der Wasserverbrauch ist jeweils in die drei Entnahmetypen WW, MW und KW aufgeschlüsselt (siehe Kapitel 3.2.3). Die Resultate sind zudem nach den Nutzerkategorien «Paar-Haushalt», «Einzel-Haushalt» und «Eltern + Kind» sortiert, von welchen auch die Mittelwerte dargestellt sind.

Es zeigt sich, dass der Wasserverbrauch sehr variabel ist und je nach Haushalt stark schwankt. Der tägliche Wasserverbrauch am Spültisch liegt zwischen 8.6 und 45.5 (Median = 22.0) Liter pro Person und Tag, während der Wasserverbrauch am Waschtisch zwischen 3.5 und 65.7 (Median = 9.4) Litern pro Person und Tag liegt. Das Verbrauchsverhalten der Wohnungen schwankt bei den Waschtischen in den Bädern deutlich stärker als bei den Spültischen in den Küchen (d.h. die Streuung ist grösser bei den Waschtischen): Die Standardabweichung ist bei den Waschtischen mit 109 % mehr als doppelt so hoch als bei den Spültischen (51 %).

Auch bei der Zusammensetzung der Wasserverbräuche (aus verschiedenen Entnahmetypen) zeigen sich grosse Unterschiede. So schwankt der Anteil an reinen KW-Entnahmen zwischen 9 % und 84 %. Der Median liegt bei 47 % für die Spültische und bei 40 % bei den Waschtischen.

Der Wasserverbrauch am Spültisch in der Küche liegt unabhängig von der Nutzerkategorie deutlich über dem Verbrauch am Waschtisch im Bad. Dabei ist zu beachten, dass nur der bei den installierten Eco-Armaturen gemessene Wasserverbrauch berücksichtigt wird. Da die Wohnungen jedoch über zwei Bäder verfügen (wovon nur eines mit Eco-Armaturen ausgestattet ist), könnte auch das Bad ohne Eco-Armatur benützt worden sein. Der Vergleich der drei Nutzerkategorien zeigt vor allem, dass die Einzel-Haushalte einen deutlich höheren Wasserverbrauch pro Person und Tag aufweisen.

⁷ Zwecks Vergleichbarkeit werden bei den WW- und MW-Entnahmen nicht normierte (sondern die tatsächlich gemessenen) WW-Volumen verwendet.

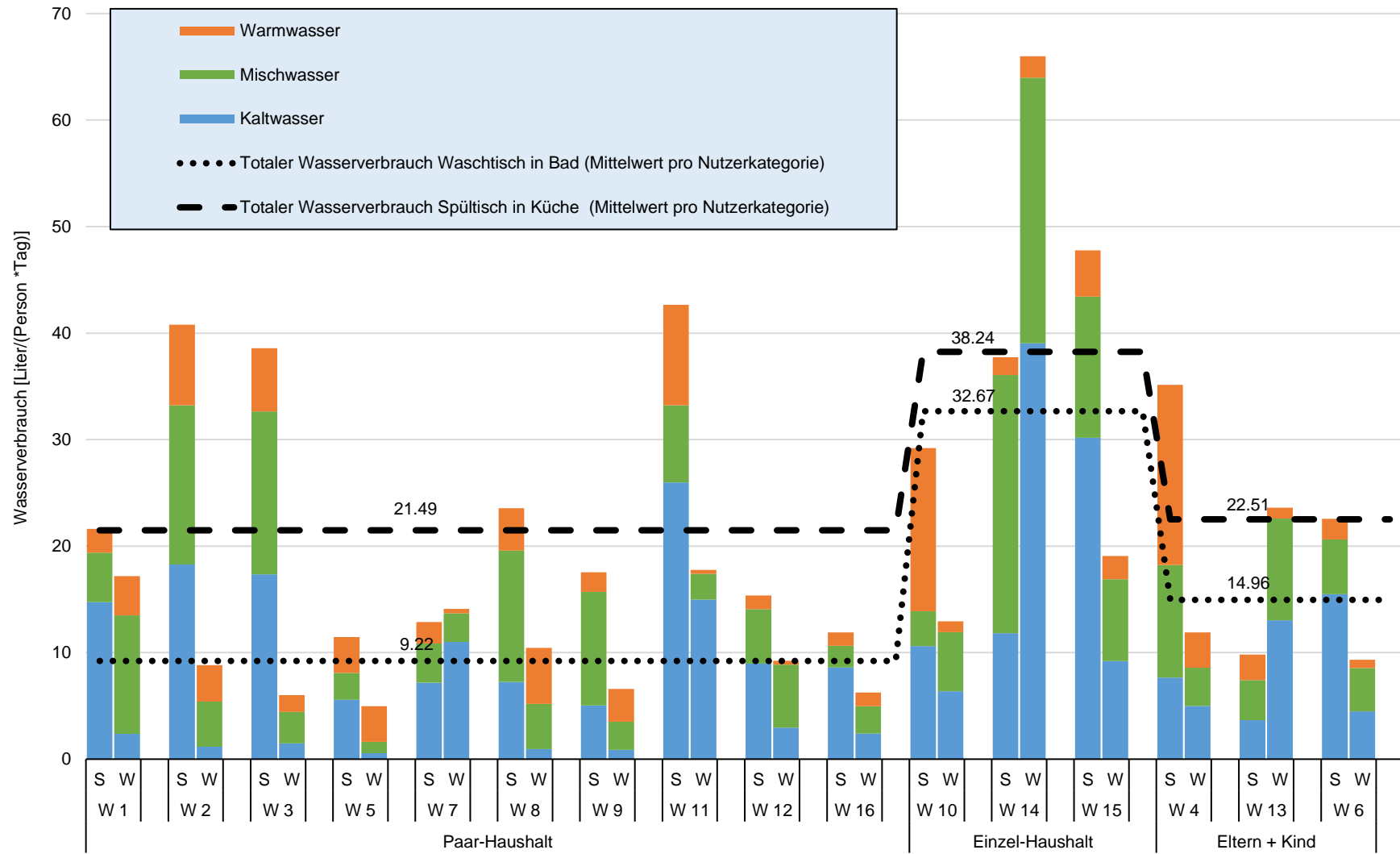


Abbildung 5: Gemessener mittlerer Wasserverbrauch an den Eco-Armaturen pro Person, aufgeteilt nach Entnahmetyp (S = Spültisch in Küche, W = Waschtisch in Bad)

In Abbildung 6 sind die (gemäss Kapitel 3.4) normierten WW-Verbräuche zu sehen. Erneut sind grosse individuelle Unterschiede ersichtlich: Der normierte WW-Verbrauch beim Spültisch liegt zwischen 1.1 und 12.7 (Median = 4.7) Liter pro Tag und Person und zwischen 0.3 und 8.8 (Median 1.9) Liter pro Tag und Person beim Waschtisch. Allerdings ist zu beachten, dass einige Bewohner entgegen ihrer anfänglichen Aussagen oft dasjenige Bad ohne Eco-Armatur (und ohne Messsensoren) benutzt haben. Diese Wohnungen sind grau markiert und haben oft sehr tiefe WW-Verbräuche beim Waschtisch im Bad.

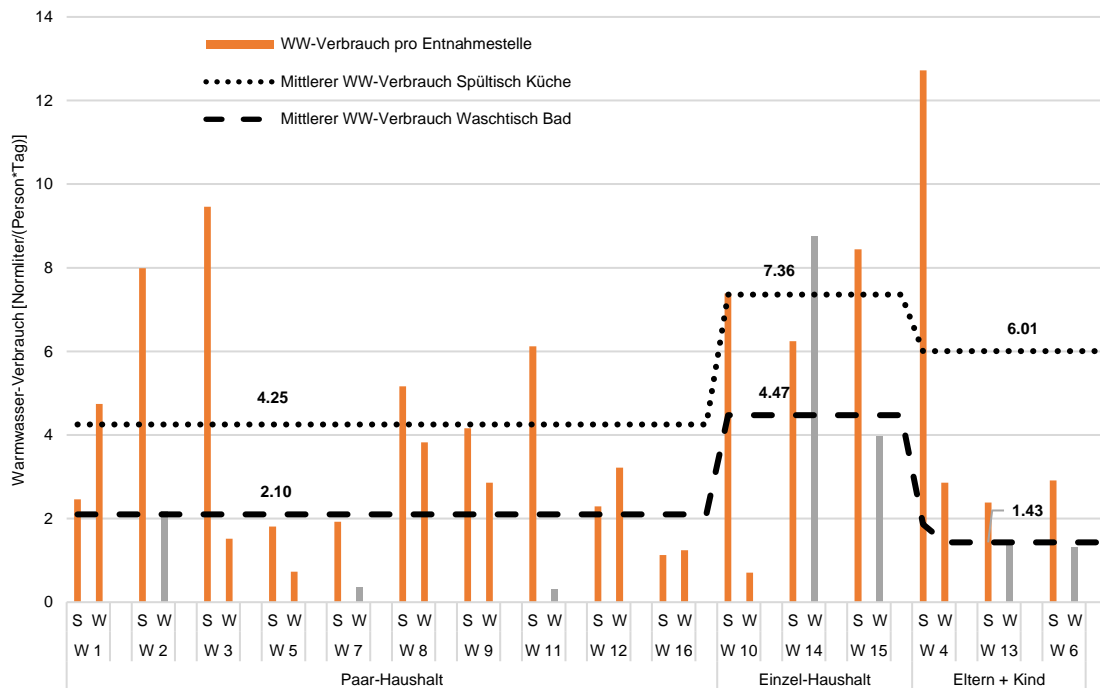


Abbildung 6: Normierter WW-Verbrauch an den Eco-Armaturen pro Person, aufgeteilt nach Entnahmetyp (S: Spültisch, W: Waschtisch, grau = Bewohner, die angegeben haben, während der Studie vorwiegend das andere Bad benutzt zu haben)

Analog zum Wasser- und WW-Verbrauch gibt es auch beim Zapfverhalten sehr grosse Unterschiede. Ein sehr hoher Anteil an reinen WW-Zapfungen wurde z.B. beim Spültisch in Wohnung 4 beobachtet. Abbildung 7 zeigt das Histogramm der Zapfungen an dieser Entnahmestelle (Beispiel mit «geringem Effekt» der Eco-Armaturen). Die vertikale Linie stellt den Grenzwert einer kWW gemäss Gleichung (2) dar (siehe Kapitel 3.5). Alle Entnahmen, welche unter dem Grenzwert liegen (d.h., links von der schwarzen Linie liegen), gelten als kurze Entnahmen.⁸ Abbildung 8 dagegen zeigt ein komplett anderes Zapfverhalten, welches einen sehr hohen Anteil an reinen KW-Zapfungen aufweist (Beispiel mit «grossem Effekt» der Eco-Armaturen). Beide Histogramme beziehen sich auf die gesamte Messperiode, sprich ein Jahr.

⁸ Dies heisst jedoch noch nicht, dass alle WW-Entnahmen links von der Linie auch kWW-kL darstellen, sprich, dass bei all diesen Entnahmen die Ausstossleitung kalt bzw. abgekühlt war. Dafür muss zusätzlich die in Kapitel 3.6 beschriebene Bedingung erfüllt sein.

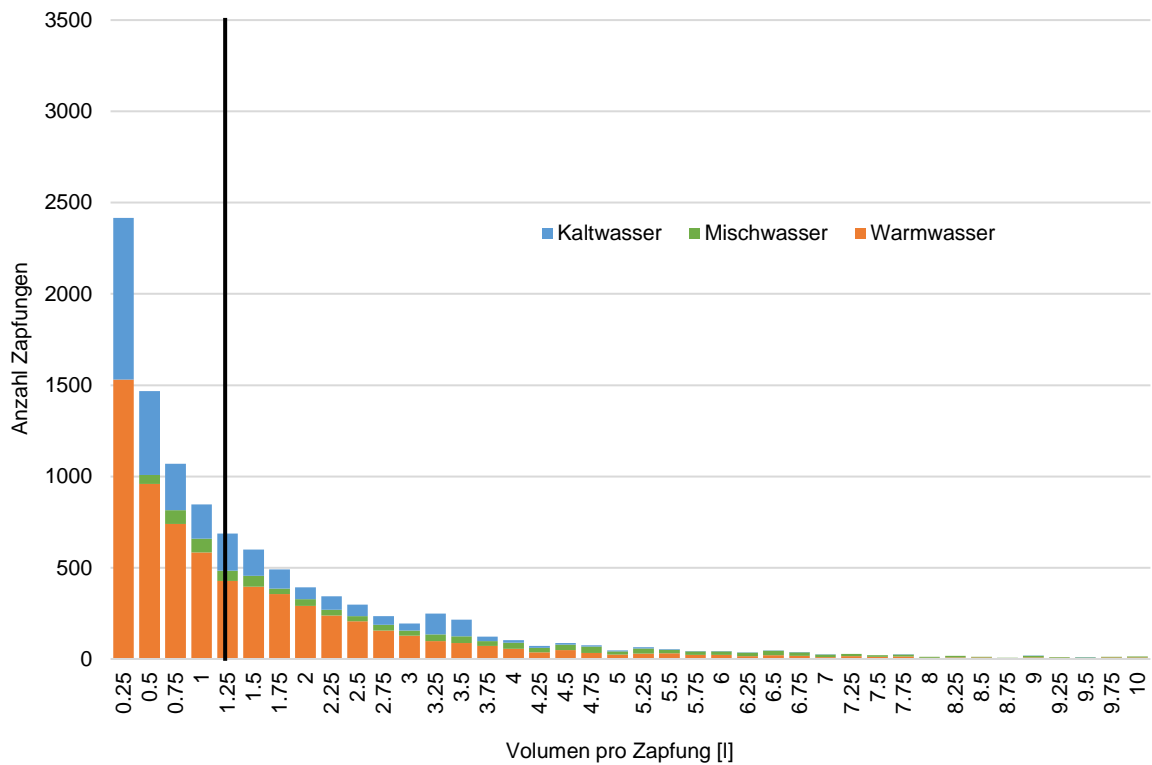


Abbildung 7: Histogramm der Zapfungen beim Spültisch in Wohnung 4 (Beispiel mit «geringem Effekt» der Funktion «Mittelstellung kalt»)

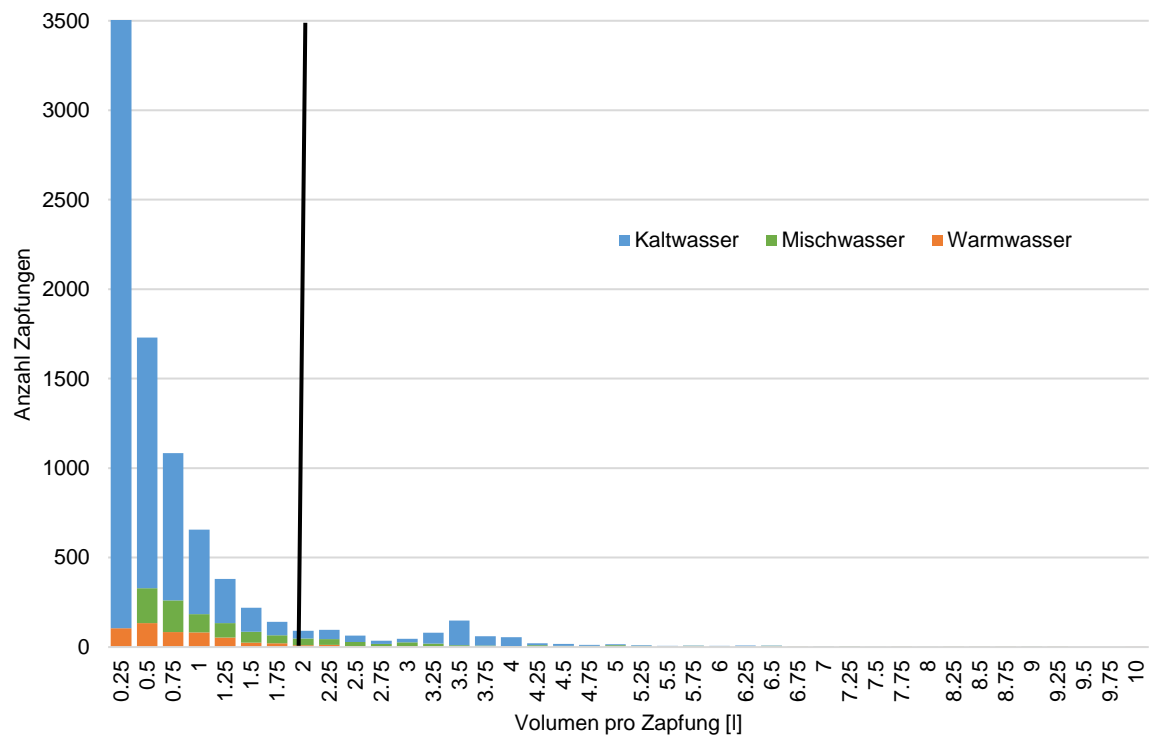


Abbildung 8: Histogramm der Zapfungen beim Spültisch in Wohnung 6 (Beispiel mit «grossem Effekt» der Funktion «Mittelstellung kalt»)

4.2 Kurze Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung (kWW-kL)

Nachfolgend wird untersucht, wie häufig kWW-kL vorkommen bzw. welche Relevanz sie gegenüber dem gesamten WW-Verbrauch der jeweiligen Eco-Armatur haben. Abbildung 9 zeigt welchen Anteil die kWW-kL an den totalen WW-Entnahmen darstellen (bezüglich Anzahl Zapfungen) und in Tabelle 3 sind die dazugehörigen statistischen Kennwerte aufgelistet.

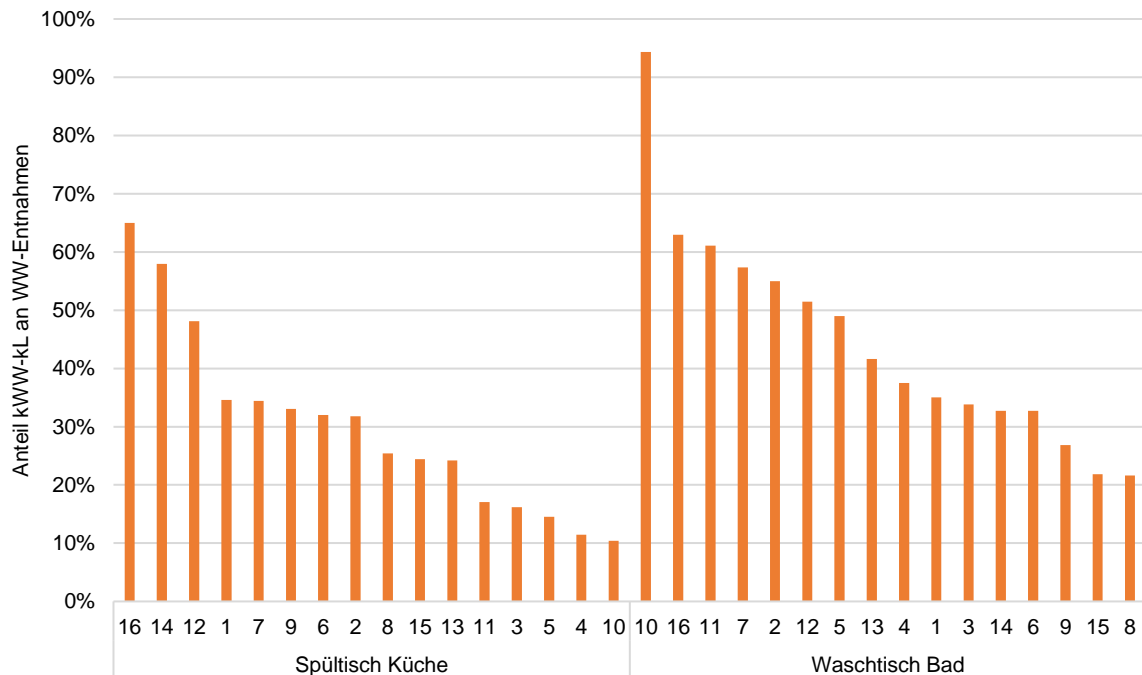


Abbildung 9: Häufigkeit von kWW-kL (Anzahl Zapfungen), gruppiert nach Entnahmestelle

Tabelle 3: Anteil der kWW-kL an totalen WW-Entnahmen bei den Eco-Armaturen (bezüglich Anzahl Zapfungen)

Entnahmestelle	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Spültisch	10 %	65 %	29 %	30 %	15 %
Waschtisch	22 %	94 %	40 %	45 %	18 %

Abbildung 10 und Tabelle 4 zeigen, welcher Anteil des WW-Verbrauchs einer Eco-Armatur durch kWW-kL verursacht wird. Dabei zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Spültischen in der Küche und den Waschtischen im Bad: Bei den Spültischen verursachen kWW-kL durchschnittlich 28 % des WW-Verbrauchs während sie bei den Waschtischen lediglich 8 % verursachen. Zudem ist zu beachten, dass die Anzahl der kWW-kL und der durch kWW-kL verursachte WW-Verbrauch nicht zwingend korrelieren. So sind beim Waschtisch in Wohnung 10 über 90 % aller WW-Entnahmen kWW-kL, welche jedoch gesamthaft nur knapp über 40 % des WW-

Verbrauchs der Eco-Armatur verursachen. Dies liesse sich durch viele sehr kurze kWW-kL und/oder kWW-kL mit nur leicht verschobenem Hebel erklären (x näher bei 0 ° als bei 90 °).

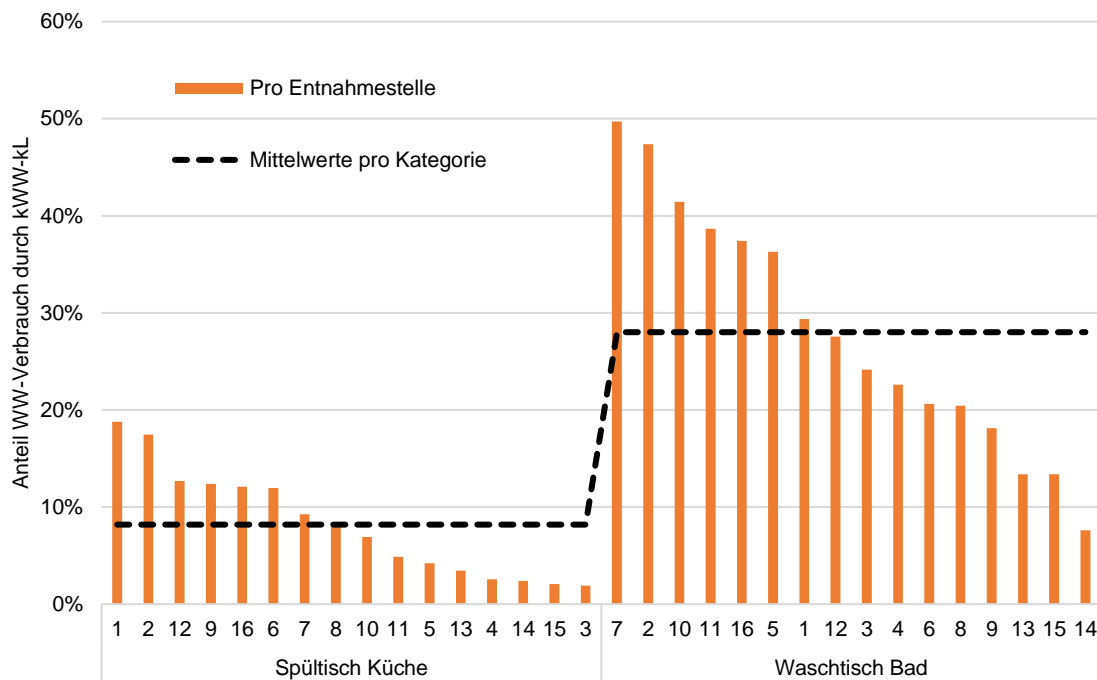


Abbildung 10: Anteil des WW-Verbrauchs durch kWW-kL, gruppiert nach Entnahmestelle

Tabelle 4: WW-Verbrauch durch kWW-kL (Anteil am gesamten WW-Verbrauch einer Eco-Armatur)

Entnahmestelle	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Spültisch	2 %	19 %	7 %	8 %	5 %
Waschtisch	8 %	50 %	26 %	28 %	12 %

Nachdem die WW-Verbräuche der kWW-kL der beiden unterschiedlichen Entnahmestellen (Spül- und Waschtisch) gegenübergestellt wurden (wo sich ein signifikanter Unterschied zeigte), wurde zusätzlich untersucht, ob sich die WW-Verbräuche durch kWW-kL der folgenden Kategorien signifikant unterscheiden:

- Armaturenmarke: «arwa» und «KWC»
- Nutzerkategorien: «Paar-Haushalt», «Einzel-Haushalt» und «Eltern + Kind»
- Selbsteinschätzung bezüglich Umgang mit Wasser: «sparsam», «mittelmässig», «nicht sparsam»

Allerdings zeigte sich bei keinem dieser drei Vergleiche ein signifikanter Unterschied im WW-Verbrauch durch kWW-kL zwischen den jeweiligen Kategorien. Alle Abbildungen und statistischen Kennwerte zu diesen Vergleichen befinden sich im Anhang 11.6.

4.3 Vermeidung von kWW-kL durch Eco-Armaturen

In einem nächsten Schritt wurden mit der in Kapitel 3.7 beschriebenen Methodik die durch die Funktion «Mittelstellung kalt» erzielten WW-Einsparungen berechnet. Abbildung 11 und Tabelle 5 zeigen den Anteil WW, welcher mittels Funktion «Mittelstellung kalt» eingespart werden konnte. Die relativen WW-Einsparungen in Prozent beziehen sich immer auf die jeweilige Entnahmestelle und nicht auf den totalen WW-Verbrauch einer Wohnung (dies wird in Kapitel 4.4 untersucht).

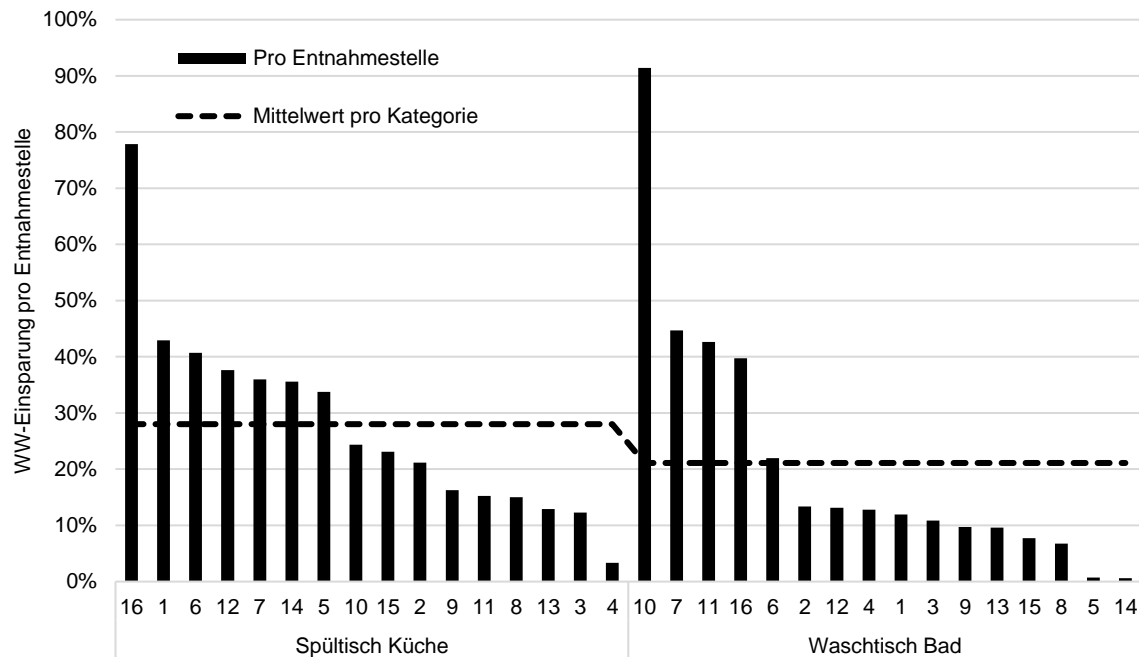


Abbildung 11: Anteil an WW, der durch die Funktion «Mittelstellung kalt» eingespart wird, gruppiert nach Entnahmestellen

Tabelle 5: WW-Einsparung durch Eco-Armatur (Anteil)

Entnahmestelle	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Spültisch	3 %	78 %	24 %	28 %	17 %
Waschtisch	1 %	91 %	12 %	21 %	23 %

Sowohl bei den Spül- wie auch Waschtischen ist jeweils ein Ausreisser mit einer sehr hohen WW-Einsparung zu erkennen. Ansonsten sind die WW-Einsparung immer unter 50 %, wobei die Streuung bei den Waschtischen grösser ist. Hier gibt es sozusagen zwei Untergruppen: Eine mit hohen Einsparungen bei ca. 40 % und eine mit tiefen Einsparungen um 10 % herum. Des Weiteren sind die WW-Einsparungen durch die Funktion «Mittelstellung kalt» bei den Spültischen (Mittelwert = 28 %, Median = 24 %) höher als bei den Waschtischen (Mittelwert = 21 %, Median = 12 %), wenn auch nicht signifikant.

Wiederum wurde untersucht, ob sich die WW-Einsparungen durch die Funktion «Mittelstellung kalt» zwischen den folgenden Kategorien erkennbar unterscheiden:

- Armaturenmarke: «arwa» und «KWC»
- Nutzerkategorien: «Paar-Haushalt», «Einzel-Haushalt» und «Eltern + Kind»
- Selbsteinschätzung bezüglich Umgang mit Wasser: «sparsam», «mittelmässig», «nicht sparsam»

Allerdings lassen sich erneut keine signifikanten Unterschiede zwischen den mittleren WW-Einsparungen der Kategorien feststellen. Dennoch werden in Tabelle 6 (Spültische) und Tabelle 7 (Waschtische) die Einsparungen der betrachteten Kategorien gezeigt. Bei der Auswertung muss jedoch stets berücksichtigt werden, dass die Mittelwertunterschiede statistisch nicht signifikant sind. Die entsprechenden Abbildungen sind im Anhang 11.6 enthalten.

Tabelle 6: WW-Einsparungen der Eco-Armaturen an den Spültischen (Küche) nach verschiedenen Kategorien

Kategorie	Mittelwert	Standardabweichung
Armaturenmarke: <ul style="list-style-type: none"> • arwa • KWC 	23 % 33 %	11 % 21 %
Nutzerkategorie: <ul style="list-style-type: none"> • Paar-Haushalt • Einzel-Haushalt • Eltern + Kind 	31 % 28 % 19 %	19 % 6 % 16 %
Umgang mit Wasser (Selbsteinschätzung): <ul style="list-style-type: none"> • Sparsam • Mittelmässig • Nicht sparsam 	32 % 23 % 29 %	24 % 11 % 5 %

Tabelle 7: WW-Einsparung der Funktion «Mittelstellung kalt» an den Waschtischen (Bad) nach verschiedenen Kategorien

Kategorie	Mittelwert	Standardabweichung
Armaturenmarke: <ul style="list-style-type: none"> • arwa • KWC 	27 % 16 %	29 % 10 %
Nutzerkategorie: <ul style="list-style-type: none"> • Paar-Haushalt • Einzel-Haushalt • Eltern + Kind 	19 % 33 % 15 %	16 % 41 % 5 %
Umgang mit Wasser (Selbsteinschätzung): <ul style="list-style-type: none"> • Sparsam • Mittelmässig • Nicht sparsam 	16 % 19 % 46 %	12 % 16 % 45 %

4.4 Energieeinsparung durch die Funktion «Mittelstellung kalt»

In einem letzten Schritt wurde ermittelt, wie stark der totale WW-Verbrauch einer Wohnung (inkl. Dusche und Waschtisch im zweiten Bad) durch die zwei eingebauten Eco-Armaturen mit «Mittelstellung kalt» reduziert werden konnte. Abbildung 12 zeigt die relativen Einsparungen an WW bzw. am Wärmebedarf für WW. Dabei sind diejenigen Wohnungen, welche (nach eigener Aussage) oft das Bad ohne Eco-Armatur benutzten, orange markiert. Falls überall eine Eco-Armatur installiert wäre, würde die Energieeinsparung (nicht nur, aber insbesondere) bei den orange markierten Wohnungen also noch höher liegen.

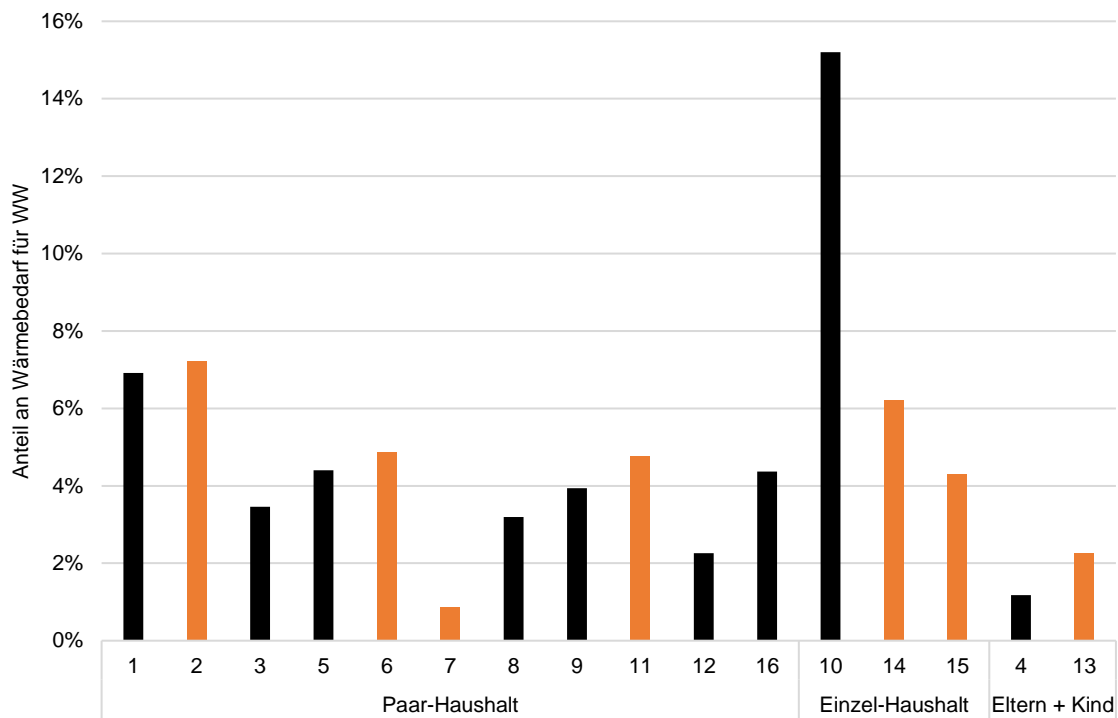


Abbildung 12: Anteil eingesparter Wärmebedarf für WW durch die zwei eingebauten Eco-Armaturen (orange = Bewohner, die angegeben haben, während der Studie vorwiegend das andere Bad benutzt zu haben)

Die absoluten Energieeinsparungen der Wohnungen durch die zwei Eco-Armaturen sind in Abbildung 13 ersichtlich.

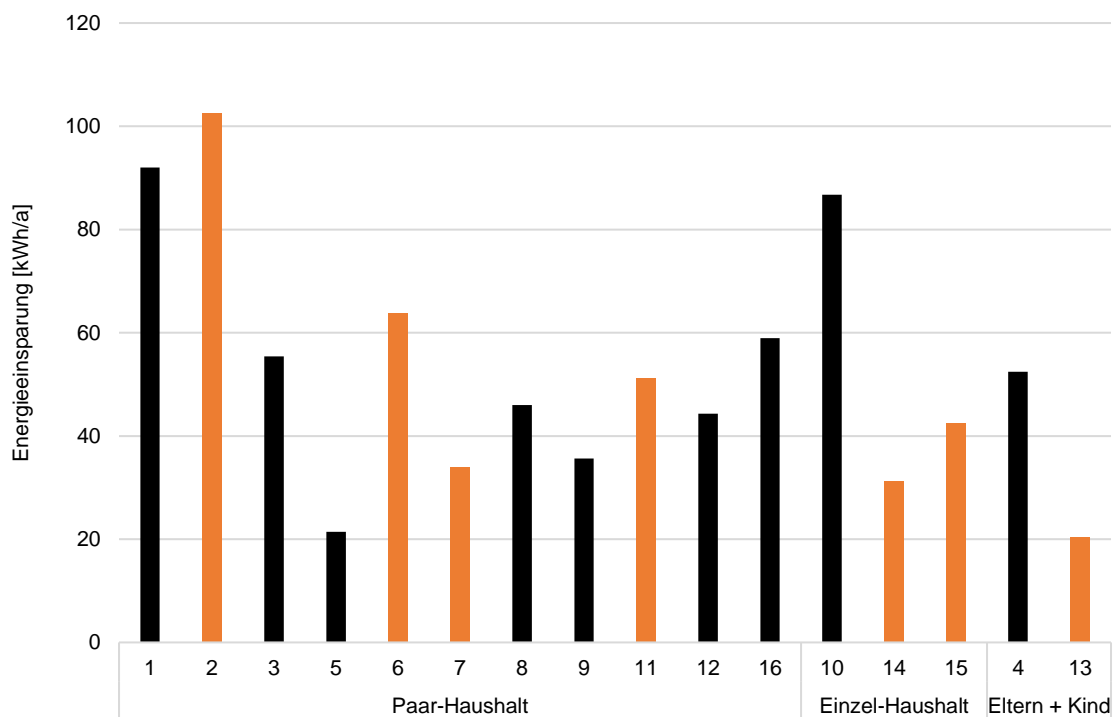


Abbildung 13: Energieeinsparung durch Eco-Armatur

Tabelle 8 zeigt zudem noch die statistischen Kennwerte der Einsparung an totalem WW-Wärmebedarf.

Tabelle 8: Eingesparter WW-Wärmebedarf durch die Funktion «Mittelstellung kalt»

Einsparung WW-Wärmebedarf	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Relativ [%]	0.9	15.2	4.3	4.7	3.2
Absolut [kWh]	20	102	49	52	23

4.5 Weitere Messresultate

Nachfolgend werden weitere Messresultate gezeigt, welche für eine gesamthafte Betrachtung ebenfalls von Bedeutung sind.

4.5.1 Totaler Wasserverbrauch gemäss Nebenkostenabrechnung

Die gesamten WW- und KW-Verbräuche (inkl. Dusche) wurden mittels Nebenkostenabrechnungen ermittelt und sind in Abbildung 14 dargestellt. Paar-Haushalte verbrauchen im Mittel 35.7 Liter WW pro Person und Tag, während Einzel-Haushalte 31.4 L/(P*d) und Eltern mit Kinder 45.5 L/(P*d) verbrauchen. Eine zweite Auswertung der gesamten WW- und KW-Verbräuche aufgeschlüsselt nach dem selbsteingeschätzten Umgang mit Wasser («sparsam», «mittelmässig», «nicht sparsam»; siehe Abbildung 21) ergab, dass die Selbsteinschätzung nur teilweise mit den tatsächlich gemessenen Wasserverbräuchen übereinstimmt. So weisen zwar die «mittelmässig sparsamen» Bewohner im Durchschnitt höhere WW- und KW-Verbräuche auf als die «sparsamen» (WW: 42.9 vs. 34.0 L/(P*d), KW: 93.3 vs. 84.3 L/(P*d)), die «nicht sparsamen» Bewohner verbrauchen dagegen am wenigsten WW und KW (WW: 19.7 L/(P*d), KW: 59.2 L/(P*d)). Allerdings ist zu beachten, dass es sich um sehr kleine Stichproben handelt. Diese Beobachtung lässt sich daher nicht verallgemeinern.

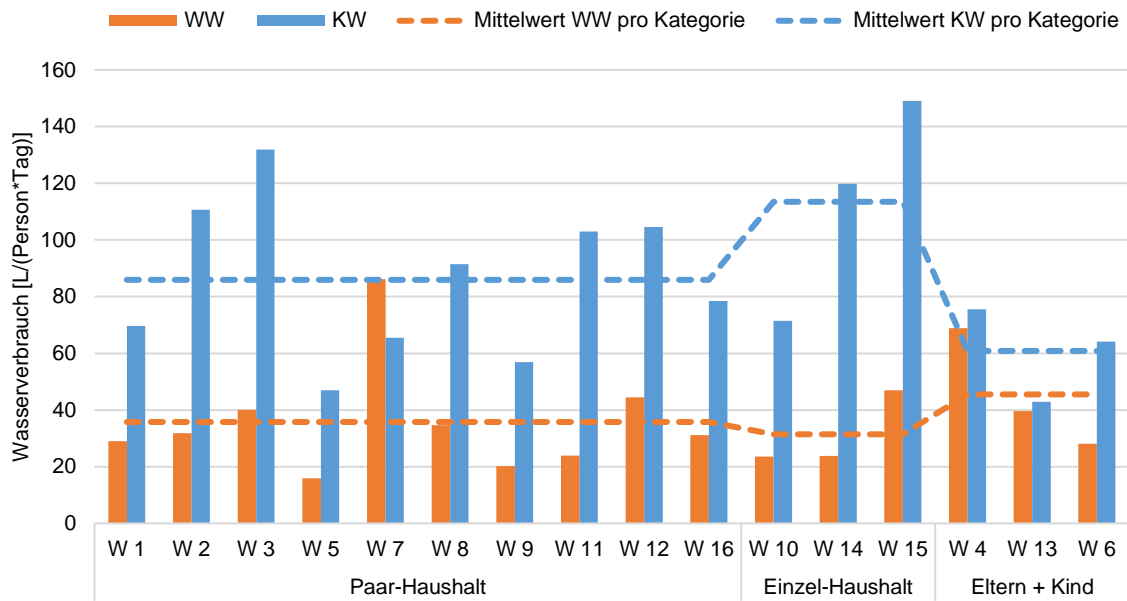


Abbildung 14: Totale WW- und KW-Verbräuche gemäss Nebenkostenabrechnung (W: Wohnungsnummer)

Der gesamte Wasserverbrauch war mit den Eco-Armaturen inkl. Spar-Funktion (10.2018–09.2019) **1.2 %** tiefer als im Jahr davor ohne Eco-Armaturen (10.2017–09.2018). Natürlich impliziert eine solche Korrelation (von Wasserverbrauch und Vorhandensein einer Spar-Funktion) noch keine Kausalität. Der zeitliche Verlauf des gesamten Wasserverbrauches ist in Abbildung 15 dargestellt (monatlicher Wasserverbrauch aller berücksichtigten Wohnungen). Dabei werden nur Wohnungen berücksichtigt, in denen es zwischen dem 10.2017 und 09.2019 keinen Mieterwechsel gab (12 von 16 Wohnungen).

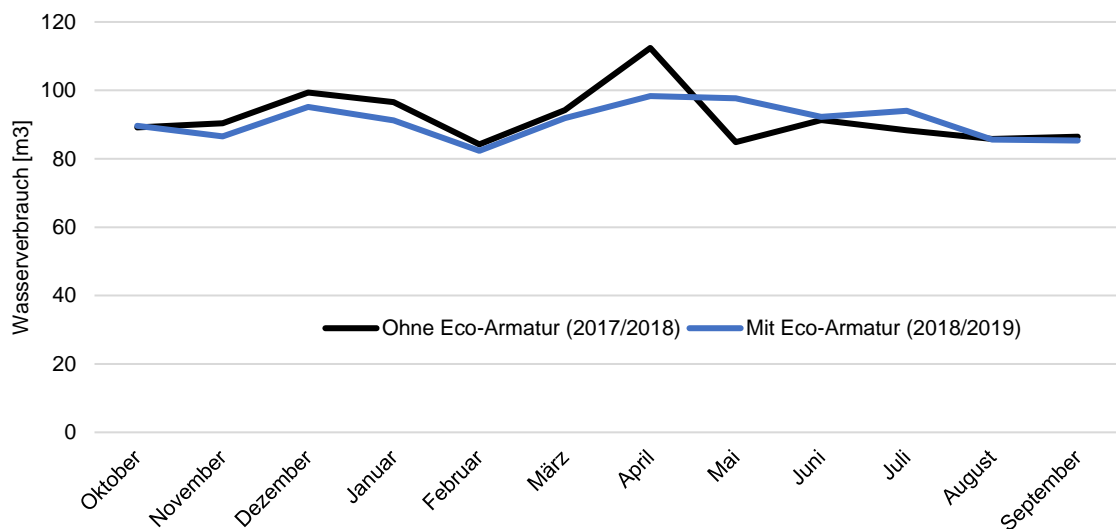


Abbildung 15: Gesamter Wasserverbrauch aller Wohnungen ohne Mieterwechsel

4.5.2 Totaler WW-Verbrauch gemäss Nebenkostenabrechnungen

Der monatliche Verlauf des totalen WW-Verbrauchs (inkl. Dusche) ist in Abbildung 16 dargestellt. Erneut werden nur Wohnungen berücksichtigt, in denen es zwischen dem 10.2017 und 09.2019 keinen Mieterwechsel gab (12 von 16 Wohnungen). Insgesamt war der totale WW-Verbrauch mit den Eco-Armaturen (10.2018–09.2019) **10.4 %** tiefer als im Jahr davor ohne Eco-Armaturen (10.2017–09.2018).

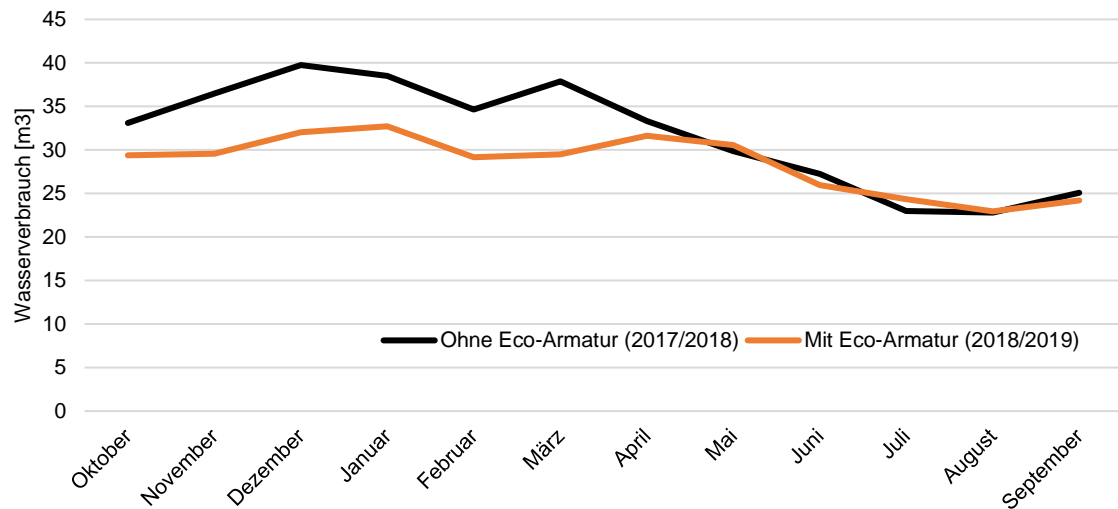


Abbildung 16: Totaler WW-Verbrauch aller Wohnungen ohne Mieterwechsel

Erneut darf durch die Korrelation von WW-Verbrauch und Vorhandensein der Eco-Armaturen nicht automatisch auf Kausalität geschlossen werden. Vergleicht man jedoch die Einsparung beim WW-Verbrauch (-10.4 %) mit jener beim gesamten Wasserverbrauch (-1.2 %) fällt auf, dass erstere deutlich grösser ist. Dies bedeutet, dass die Einsparung beim WW-Verbrauch nicht (nur) auf einen verringerten Gesamtwasserverbrauch zurückzuführen ist, sondern, dass es tatsächlich eine Verschiebung von WW zu KW gegeben haben muss.

4.5.3 Stromverbrauch der Armatur «KWC ZOE touch light PRO»

Die KWC ZOE touch light PRO ist eine Armatur, welche einerseits (über Stellmotoren) elektronisch gesteuert wird und andererseits über mehrere LED-Leuchtdioden verfügt. Tabelle 9 zeigt die gemessenen elektrischen Leistungsaufnahmen. Als Messgerät wurde der metra HIT 29 S Powermeter verwendet.

Tabelle 9: Elektrische Leistungsaufnahmen der KWC ZOE touch light PRO Armatur

Steuereinheit	Lichtring blau	Lichtring gelb	Lichtring rot	Luminaqua LED-Licht	Elektrische Leistungsaufnahme [W]
x					1.1
x	x				1.9
x		x			1.9
x			x		1.7
x				x	2.8
x	x			x	3.4

Beim Betrieb der Stellmotoren wurde eine maximale elektrische Leistungsaufnahme von 18 W gemessen. Die Stellmotoren sind nach der Betätigung des runden Bedienelements für etwas weniger als eine Sekunde in Betrieb. Pro KWC ZOE touch light PRO Armatur wurden durchschnittlich 11'760 Zapfungen getätigt. Somit ergibt sich ein berechneter jährlicher Stromverbrauch von ca. 59 Wh.⁹

4.5.4 Volumenströme der Eco-Armaturen

Gemäss SIA 385/2 beträgt der maximale Volumenstrom¹⁰ 0.1 l/s für Waschtische (Bad) und 0.2 l/s für Spültische (Küche). Dies entspricht 6 l/min für Waschtische und 12 l/min für Spültische. Effektiv gemessen wurden jedoch die in Tabelle 10 gezeigten maximalen Volumenströme, wobei sowohl für die Wasch- wie auch Spültische ein durchschnittlicher Volumenstrom von 5.3 l/min gemessen wurde. Wohnung 12 war zum Zeitpunkt der Volumenstrommessung unbewohnt, weshalb keine Volumenstrom-Daten vorhanden sind.

⁹ Unter den konservativen Annahmen, dass immer die maximale Leistungsaufnahme von 18 W und eine Betriebsdauer von einer Sekunde pro Zapfung erreicht wird

¹⁰ Volumenstrom bei voll geöffneten, auf warm positionierter Entnahmearmatur

Tabelle 10: Maximale Volumenströme (Herstellerangaben in Klammern)

Wohnung	Armaturenmarke	\dot{V}_{max} [l/min] Spültisch (Küche)		\dot{V}_{max} [l/min] Waschtisch (Bad)	
		WW	KW	WW	KW
1	KWC	4.9	4.7	7.5	7.1
2	arwa	9.1	8.4	6.3	7.1
3	KWC	4.1	5.4	7.3	7.6
4	arwa	4.8	5.8	3.9	3.9
5	arwa	3.7	3.7	3.1	3.7
6	KWC	4.6	2.9	5.2	3.9
7	arwa	5.6	5.8	3.8	3.5
8	arwa	5.4	5.9	3.3	3.2
9	KWC	5.9	5.3	7.1	7.5
10	arwa	5.1	5.5	3.7	3.6
11	arwa	4.5	5.3	3.4	3.4
12	KWC	-	-	-	-
13	KWC	5.7	5.9	6.9	7.1
14	arwa	4.2	4.9	3.2	3.8
15	KWC	7.1	6.7	7.9	6.2
16	KWC	5.2	5.7	7.3	7.4
Durchschnitt	KWC	5.3 (10)		6.9 (7.5)	
Durchschnitt	arwa	5.5 (5-7.2)		3.9 (3.5-5.7)	

Beim Spültisch der Wohnung 2 wurden vergleichsweise sehr hohe Volumenströme gemessen (rot markiert), welche jedoch mit einer zweiten Messung bestätigt werden konnten. Im Mittel stimmen die maximalen Volumenströme gut mit den Herstellerangaben (angegeben in Klammern) überein. Dies trifft jedoch nicht auf die elektronischen KWC-Armaturen bei den Spültischen (KWC ZOE touch light PRO) zu, bei welchen im Vergleich zu den Herstellerangaben sehr tiefe Volumenströme gemessen wurden.

Die SIA 385/1 gibt für Energiesparmischer einen Mindestvolumenstrom von 4 l/min vor, welcher nur von den arwa-Armaturen bei den Waschtischen ganz knapp verfehlt wird. Ansonsten entsprechen die gemessenen Volumenströme den Anforderungen aus der Norm.

4.5.5 WW- und KW-Temperaturen

Die an den Verteilern gemessenen WW-Temperaturen der 16 Wohnungen sind in Abbildung 17 dargestellt. Ebenfalls abgebildet ist der Grenzwert der SIA-Norm. In den warm gehaltenen Leitungen sind dies 55 °C (gemäss SIA 385/1, 3.2.4).

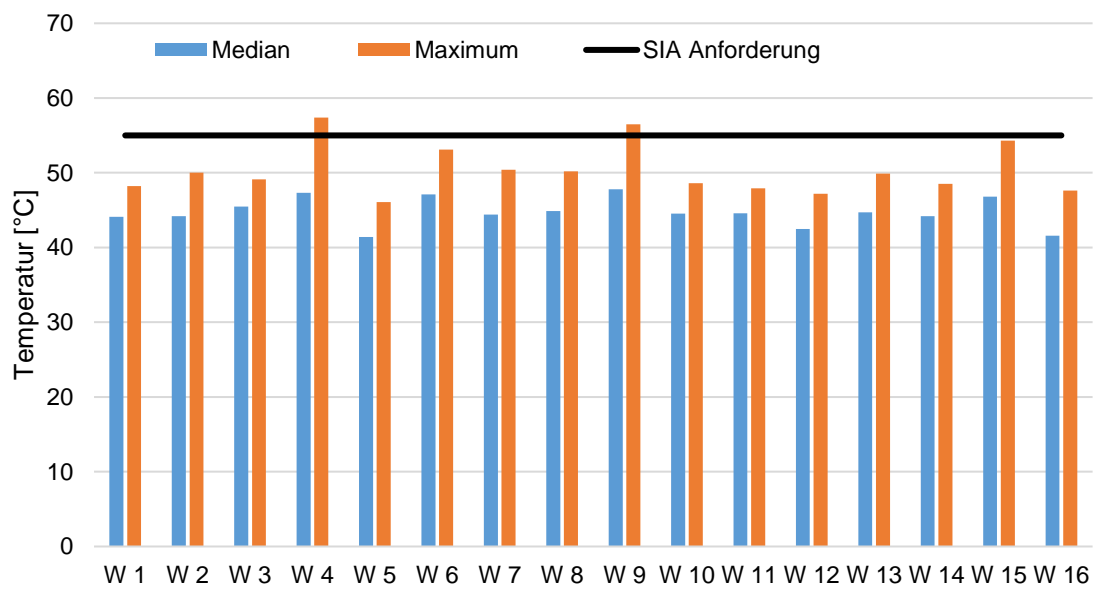


Abbildung 17: An den Verteilern gemessene WW-Temperaturen (Median- und maximaler Wert über die Messperiode von einem Jahr)

Es ist deutlich erkennbar, dass keine der Wohnungen die SIA-Anforderung von 55 °C erreicht. Sogar bei den maximalen WW-Temperaturen erreichen nur zwei Wohnungen Temperaturen über 55 °C. Die an den Verteilern gemessenen KW-Temperaturen der 16 Wohnungen sind in Abbildung 18 dargestellt.

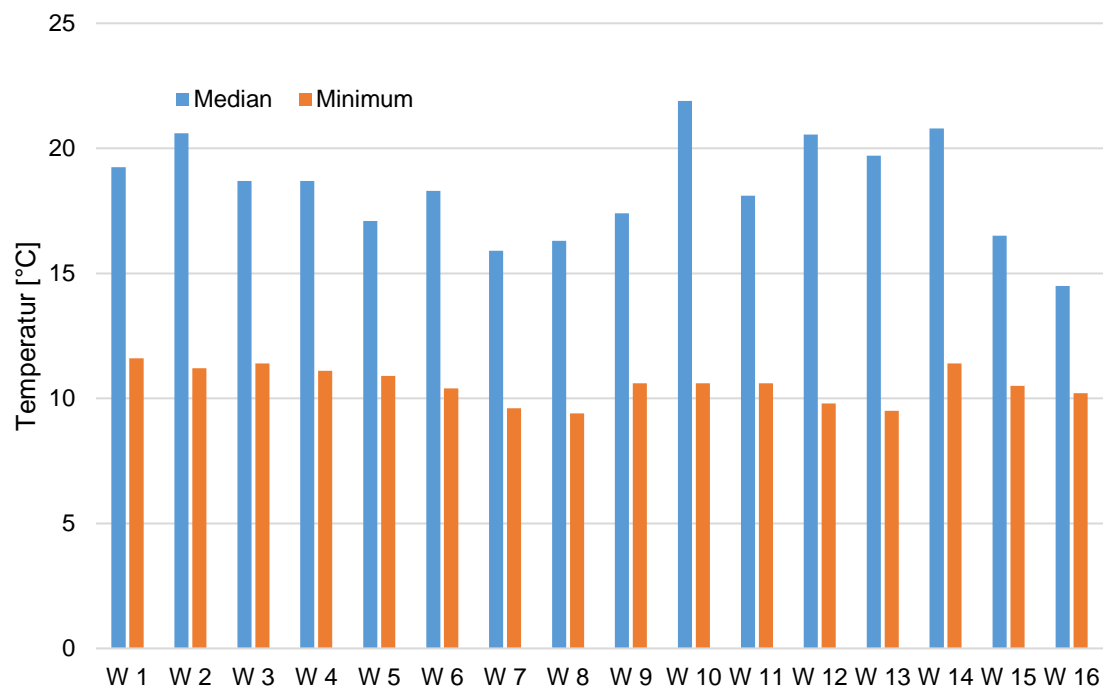


Abbildung 18: An den Verteilern gemessene KW-Temperaturen (Median- und maximaler Wert über die Messperiode von einem Jahr)

5 Ergebnisse der Befragung

5.1 Nutzungsverhalten Eco-Armatur

Der direkte Vergleich der Standardeinstellung während Kurzentnahmen am Waschtisch zeigt eine starke Änderung des Nutzungsverhalten. Während neun Personen angaben, vor dem Einbau der Eco-Armatur standardmässig lauwarmes Wasser eingestellt zu haben, war es mit der Eco-Armatur nur noch eine Person. Die Mehrheit gab an, die Standardeinstellung neu auf kalt zu haben (siehe Abbildung 19).

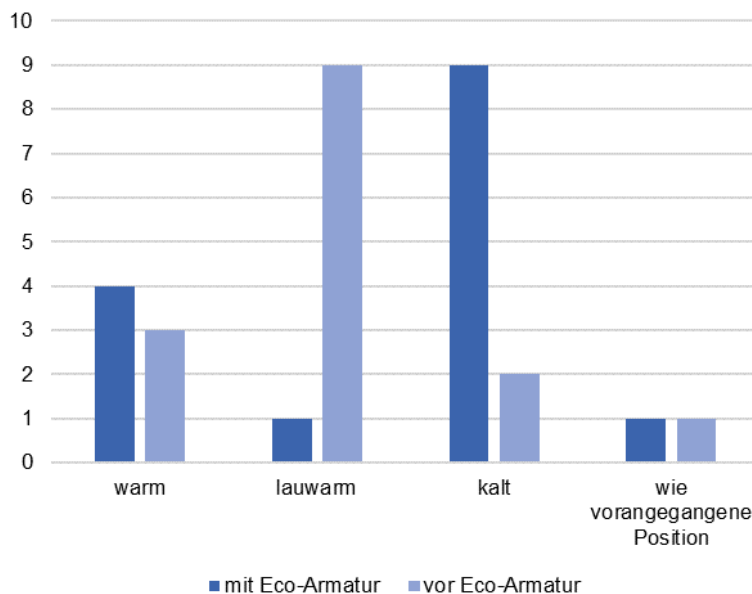


Abbildung 19: Standardeinstellung für Kurzentnahmen am Waschtisch vor und nach Einbau Eco-Armatur

Auch wenn der Wasserhahn abgestellt wurde, blieb der Hebel bei zehn Personen in der Mittelstellung eingeschwenkt, während er bei vier Personen auf lauwarm war (ca 45°-Winkel) und bei einer Person so stehen blieb, wie das Wasser gerade benutzt wurde (keine bewusste Steuerung). Die Mehrheit der Teilnehmenden rapportierte keine saisonalen Unterschiede. Je zwei Personen gaben an, im Sommer vermehrt kaltes Wasser respektive im Winter eher warmes Wasser zu benutzen.

Am Spültisch zeigte sich nach dem Einbau der Eco-Armatur eine ähnliche Verteilung der Standardeinstellungen für Zapfungen wie in Dusche/Bad: Neun Personen wählten standardmässig kaltes Wasser, drei lauwarmes, zwei warmes und eine Person belies den Hebel wo er gerade war (keine bewusste Steuerung). Da die Eco-Armaturen von KWC elektronisch (via Touchpad; Modell «Zoe») bedient werden, kann für die Küche nur bedingt eine Aussage zur Standardposition der Hebel in ausgeschaltetem Zustand gemacht werden.

Weiter wurden die Teilnehmenden gefragt, für welche Zwecke sie ganz bewusst warmes Wasser zapften. In der Küche war dies vor allem fürs Kochen oder den Abwasch (10 Nennungen) und zum Putzen (2). Im Bad war es für die Körperhygiene (5) sowie ebenfalls zum Putzen (3).

10 Personen gaben an in den meisten Fällen dort wo die Eco-Armatur eingebaut wurde (Bad 1 oder Bad 2) auch die meisten Kurzentnahmen wie z.B. Händewaschen zu tätigen. Der Einbau der Eco-Armatur bewirkte nur bei einer Person ein Ausweichverhalten, also eine Änderung dieser Gewohnheit damit die Eco-Armatur nicht benutzt werden muss.

5.2 Zufriedenheit mit den Eco-Armaturen

In den Interviews war neben den Nutzungsgewohnheiten auch die Zufriedenheit mit den Eco-Armaturen sowie deren Vor- und Nachteile im Vergleich zu herkömmlichen Armaturen ein wichtiges Thema. Teilgenommen haben acht Haushalte welche Eco-Armaturen der Marke Arwa eingebaut erhalten hatten sowie sieben Haushalte mit Eco-Armaturen der Marke KWC. Abgefragt wurden explizit auch Themen wie Handhabung, Wasserdruck, Reinigung, Bedienfreundlichkeit, Aussehen und die Dauer bis reines WW oder KW fließt. Im Folgenden werden nur diejenigen Antworten aufgelistet, welche explizit genannt wurden. Die Teilnehmenden, welche sich zu einigen Themen nicht äusserten, empfanden in der Regel keine nennenswerten Unterschiede zur herkömmlichen Armatur für die entsprechenden Merkmale.

Abbildung 15 zeigt auf, dass die Unterschiede zwischen den beiden Armaturenmarken vernachlässigbar sind. Deutliche Unterschiede sind hingegen zwischen Waschtisch und Spültisch festzustellen. Die Mehrheit der Teilnehmenden war mit den Armaturen im Bad insgesamt zufrieden (total 12 Personen). Für drei Personen verbesserte sich die Bedienung im Vergleich zur herkömmlichen Armatur, während sie für die meisten gleichblieb (5) oder sich verschlechterte (1). Aufgefallen ist eine längere Wartezeit bis das Wasser ganz heiss oder ganz kalt floss (9 Nennungen), was in der Folge dazu führte, dass bei einigen ein Gefühl der Wasserverschwendung aufkam (2). Drei Personen gaben zudem an, der Wasserdruck sei zu gering. Das Aussehen der Armatur wurde eher positiv bewertet: Für drei Personen war sie schön, für eine Person normal und für eine weitere Person nicht schön. Die Reinigung war für einige der Teilnehmenden unpraktischer als vorher (3 Nennungen) und es wurde von einer verstärkten Verkalkung berichtet (2). Die niedrige Anzahl Nennungen der einzelnen Nachteile unterstreicht jedoch die anfänglich erwähnte hohe Zufriedenheit mit den Eco-Armaturen am Waschtisch.

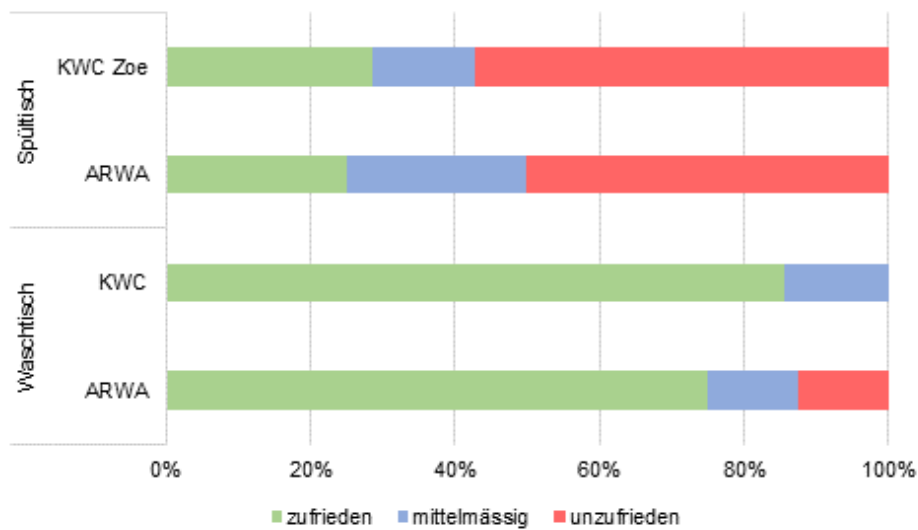


Abbildung 20: Zufriedenheit mit Eco-Armaturen aufgeteilt nach Raum und Marke

Die Eco-Armaturen in der Küche schnitten bei den Teilnehmenden wesentlich schlechter ab. Acht Personen gaben an, unzufrieden zu sein, drei waren mittelmässig zufrieden und nur vier waren mit der Eco-Armatur am Spültisch insgesamt zufrieden. Der Hauptgrund für die Unzufriedenheit hatte jedoch nur indirekt mit der Funktion «Mittelstellung kalt» zu tun: Der Ausfluss der Eco-Armatur war im Vergleich zur vorherigen Armatur höher oben und weniger gut auf die Spültische abgestimmt. Dies führte zu einem verstärkten Spritzen wenn Wasser gezapft wurde (10 Nennungen), was von den Nutzenden als am störendsten empfunden wurde. Ausserdem konnte beim Modell Arwa der Spültisch nicht mehr bis in die Ecken gespült werden. Im Vergleich zur herkömmlichen Armatur verschlechterte sich für viele auch die Bedienung (10 Nennungen). Ebenfalls negativ aufgefallen ist eine längere Wartezeit bis das Wasser ganz heiss oder ganz kalt floss (12), was bei zwei Personen ein Gefühl der Wasserverschwendung hervorrief. Fünf Personen gaben zudem an, der Wasserdruck sei zu gering. An der Optik schieden sich die Geister etwas: Vier Personen fanden die Armatur schön, eine Person normal und 3 Personen nicht schön.

Diejenigen, welche eine elektrische Armatur (Zoe) eingebaut erhalten hatten, wurden zusätzlich zu den Vor- und Nachteilen derselben befragt. Insgesamt überwogen hier die Nachteile deutlich. Insbesondere genannt wurden: Komplizierte Handhabung (7), Limitierung auf nur drei Presets (2) und Bedienung nur mit trockenen Händen (2). Dagegen sah je eine Person einen Vorteil in der ausziehbaren Brause sowie den individualisierbaren Einstellungen. Von letzterer Option machten jedoch nur zwei Personen auch tatsächlich Gebrauch. Beide gaben dabei an, dies sei nur mit viel Aufwand möglich gewesen (zusätzliche Internet-Recherche notwendig, Einstellungen konnten nicht gespeichert werden). Die vorhandene Beleuchtung wurde einstimmig als eine reine Spielerei ohne sichtbaren Mehrwert angesehen.

Zusammenfassend für beide Armaturenmodelle in der Küche kann zudem festgehalten werden, dass sich die Bedienung des Hebels/Touchpads auf der rechten Seite nicht immer eignet (Linkshänder, keine Hand frei).

Die von den Teilnehmenden vorgeschlagenen Verbesserungsmöglichkeiten an den Armaturen lassen sich direkt mit den empfundenen Nachteilen in Verbindung bringen. Die am häufigsten genannten waren: Den Wasserhahn besser auf Spültische abstimmen (5), schnellere Verfügbarkeit von Heisswasser (3), Bedienung von oben statt seitlich (3) und Ausschwenkbarkeit ermöglichen (3).

Abschliessend gilt es festzuhalten, dass die Eco-Armatur auch bei Besuchen in der Wohnung ab und zu ein Gesprächsthema war (bei 9 Teilnehmenden), wobei in vielen Fällen die Optik der Armatur auffiel und im Anschluss die wahrgenommenen Vor- oder Nachteile diskutiert wurden. Vier Personen gaben zudem zu Protokoll, dass eine Erklärung für die Benutzung notwendig war und auch Kleinkinder hatten in einigen Fällen Mühe, die Armaturen zu bedienen.

5.3 Wahrnehmung und Einstellungen gegenüber Wasserverbrauch mit der Eco-Armatur

Die Teilnehmenden wurden während des Interviews auch gebeten, den Wasserverbrauch ihres gesamten Haushaltes einzuschätzen. Auf die Frage «Unabhängig von der Eco-Armatur: Haben Sie das Gefühl, dass Sie in Ihrem Haushalt sparsam mit Wasser umgehen?» antworteten 40 % mit ja und weitere 47 % mit mittelmässig. Lediglich 13 % (zwei Haushalte) schätzten ihren Wasserkonsum als nicht sparsam ein (siehe Abbildung 21).

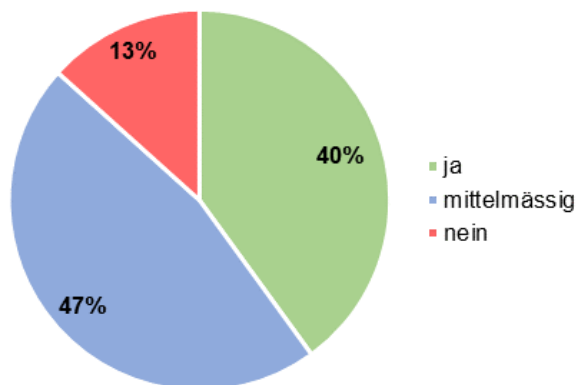


Abbildung 21: Einschätzung sparsamer Umgang mit Wasser eigener Haushalt

Weiter wurden auch die individuellen Einschätzungen zum Effekt der Eco-Armaturen in ihrem Haushalt in Bezug auf Einsparungen von Warmwasser, Wasser insgesamt und Energie erhoben. Zusätzlich wurden die Teilnehmenden gefragt, ob sie denken, dass mit der Eco-Armatur automatisch Warmwasser gespart werde. Abbildung 22 zeigt die Antworten grafisch zusammengefasst auf.

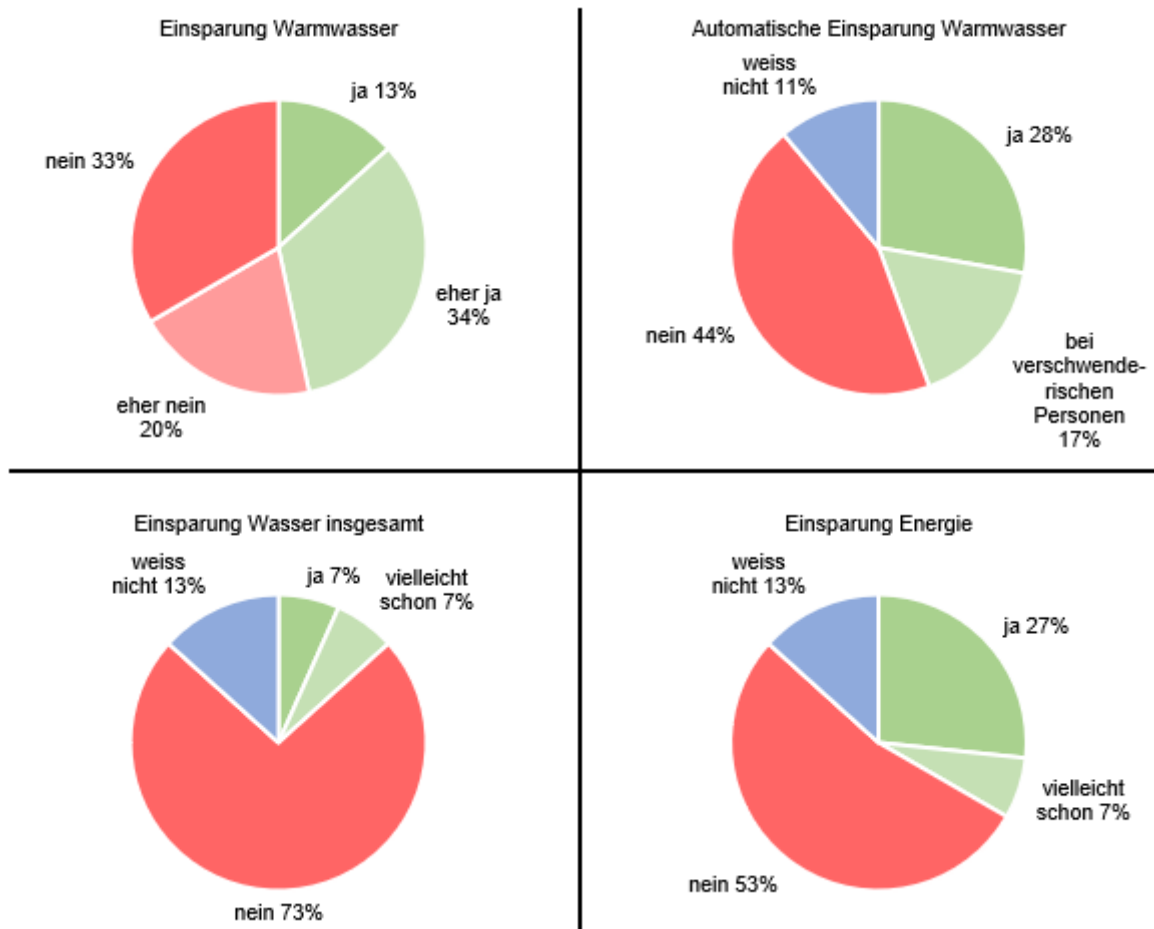


Abbildung 22: Einschätzung individuelle Einsparung mit Eco-Armatur

Dabei zeichnete sich ein gemischtes Bild ab. Rund die Hälfte hatte den Eindruck, dass sie mit der Eco-Armatur kein Warmwasser gespart hatten, da sie dies bereits zuvor sehr bewusst konsumiert hätten. 34 % glaubten eher Warmwasser gespart zu haben und nur 13 % war sich dessen sicher (Grafik oben links). Auch die Frage, ob die Nutzenden das Gefühl hatten, dass man mit einer Eco-Armatur automatisch Warmwasser einspare, wurde nicht einstimmig beantwortet (oben rechts). Interessant ist die Tatsache, dass 17 % das Gefühl hatten, dass die Einsparung bei ihnen selber aufgrund des sowieso schon sparsamen Warmwasserkonsums nicht automatisch sei, dies aber bei verschwenderischen Personen durchaus funktionieren könnte.

Einzig die Frage nach der Wassereinsparung insgesamt wurde weitgehend einheitlich mit 73% verneint (unten links). Dies ist auch auf die oben beschriebene Tatsache zurückzuführen, dass die längere Dauer bis Heisswasser fliesst ein Gefühl der Wasserverschwendung ausgelöst hatte. Ähnlich wie die Einsparung des Warmwassers wurde die Einsparung von Energie beurteilt (unten rechts), wobei für viele Teilnehmer der direkte Zusammenhang nicht unmittelbar ersichtlich war. Die Hälfte der Befragten beantwortete die beiden Fragen nämlich je einmal positiv und einmal negativ.

Die Frage, ob sie seit der Installation der Eco-Armatur allgemein sparsamer mit Warmwasser umgehen, beantworteten zwei Drittel mit nein und ein Drittel mit ja. Mit der genau gleichen Verteilung

wurde auch die Frage beantwortet, ob der Warmwasserverbrauch jetzt als Energie- und Umweltproblem präsenter geworden sei. Auf allfällige weitere Nebeneffekte der Eco-Armatur antworteten zwei Personen zudem, sie hätten insgesamt ein grösseres Umweltbewusstsein entwickelt.

6 Diskussion der Messkampagne

6.1 Nutzerverhalten Eco-Armatur

Sowohl die absoluten Verbräuche an WW, MW und KW wie auch deren relative Anteile am gesamten Wasserverbrauch unterscheiden sich stark von Wohnung zu Wohnung, sprich, sind sehr individuell. Es zeigte sich jedoch, dass in allen Nutzerkategorien (d.h. in Einzel-Haushalten, Paar-Haushalten und bei Eltern mit Kinder/n) an den Spültischen (Küche) deutlich mehr WW, MW und KW verbraucht werden als bei den Waschtischen (Bad). Wie bei den Wasserverbräuchen ist auch beim Zapfverhalten eine enorme Streuung festzustellen. Es gibt Haushalte, welche energetisch betrachtet, ein nahezu optimales Zapfverhalten aufweisen (fast keine kWW) und solche, bei denen die Funktion «Mittelstellung kalt» keinen oder nur einen sehr geringen Effekt zeigt (sehr viele kWW).

Bemerkenswert ist auch, dass die Bewohner ihren Umgang mit Wasser oft falsch einschätzen – im Vergleich mit den anderen Bewohnern. So verbrauchen die sich selbst als «sparsam» bezeichnenden Bewohner im Durchschnitt zwar etwas weniger WW und KW als die sich selbst als «mittelmässig sparsam» bezeichnenden Bewohner, jedoch immer noch deutlich mehr als die sich selbst als «nicht sparsam» bezeichnenden Bewohner. Dies zeigt, dass solch subjektive Einschätzungen stets mit Vorsicht zu interpretieren sind. Insgesamt unterschätzten die Teilnehmenden den Einfluss individueller Gewohnheiten auf den Verbrauch von WW und KW und somit auch die Wirkung der Eco-Armatur.

Bei der Eco-Armatur beim Waschtisch im Bad kommt es deutlich häufiger zu kWW-kL als bei jener beim Spültisch in der Küche. So sind bei den Waschtischen mit Eco-Armaturen 45 % aller Zapfungen kWW-kL, während es bei den Spültischen mit Eco-Armaturen nur 30 % sind. Beide Werte liegen jedoch unter 50 % – und somit deutlich unter den Werten von früheren Messstudien bei Entnahmestellen ohne Eco-Armaturen (Sicre et al., 2016). Dies scheint ein erster Hinweis auf die Wirksamkeit der Eco-Armaturen zu sein. Betrachtet man bei den Eco-Armaturen nicht die Anzahl Zapfungen, sondern den WW-Verbrauch, so werden bei den Waschtischen immer noch 28 % des WW-Verbrauchs durch kWW-kL verursacht, während es bei den Spültischen durchschnittlich nur 8 % sind. Dies hat wohl mit den unterschiedlichen Tätigkeiten in Küche und Bad zu tun: In der Küche wird WW weniger oft – dafür länger bezogen (z.B. beim Kochen oder Abwaschen), während man das Bad öfter – dafür nur punktuell besucht (z.B. um die Hände zu waschen oder die Zähne zu putzen).

6.2 Wirkung der Funktion «Mittelstellung kalt» (Vermeidung von kWW-kL)

Durch die Funktion «Mittelstellung kalt» konnte eine beträchtliche Menge an WW (bzw. Energie) eingespart werden. Pro Entnahmestelle sind es durchschnittlich 28 % bei den Spültischen (Küche) und 21 % bei den Waschtischen (Bad). Weiter zeigte sich, dass die gemachten Einsparungen je

nach Nutzer sehr unterschiedlich ausfallen und relativ unabhängig sind von Armaturenmarke¹¹, Nutzerkategorie und subjektiv wahrgenommenem Umgang mit Wasser. Ob sich die Nutzer selbst als sparsam oder nicht sparsam betrachten hat demzufolge keinen Einfluss auf die erzielten Einsparungen bzw. die Wirkung der Eco-Armaturen.

Der totale WW-Verbrauch bzw. Wärmebedarf für WW (inkl. Dusche und Waschtisch im zweiten Bad, welche nicht mit einer Eco-Armatur ausgestattet wurden) konnte um knapp 5 % reduziert werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sieben Wohnungen oft das zweite Bad (ohne Eco-Armatur) benutzten. Ausserdem wären die Einsparungen vermutlich noch höher als 5 %, wenn alle Armaturen mit Eco-Armaturen ersetzt worden wären. Des weiteren ist zu erwähnen, dass die prozentualen Einsparungen vermutlich auch bei Gewerbe- und Bürogebäuden höher wären, da solche Gebäude oftmals keine oder weniger Duschen enthalten.

Die über die Nebenkostenabrechnungen ermittelten totalen WW-Verbräuche scheinen die Wirkung der Eco-Armaturen zu bestätigen. Dabei ist nicht ausschlaggebend, dass der totale WW-Verbrauch im Vergleich zum Vorjahr (ohne Eco-Armaturen) um 10.4 % abnahm, sondern die Tatsache, dass der gesamte Wasserverbrauch im gleichen Zeitraum um nur 1.2 % abnahm. Dies legt eine Verschiebung von WW- zu KW-Zapfungen nahe.

Für eine Wohnung mit vier Personen würde eine Einsparung von 5 % ungefähr 150 kWh/a entsprechen.¹² Eine solche Einsparung ist vergleichbar mit der Einsparung, die erzielt wird, wenn über ein ganzes Jahr die Wäsche nur noch mit 40 °C statt 60 °C gewaschen wird.¹³ Bei einem Wärmepreis von 10 Rp./kWh¹⁴ könnten mit Eco-Armaturen somit pro Wohnung jährlich 15 Franken Heizkosten gespart werden. Bei Neubauten oder bei einem Ersatz der Armaturen in bestehenden Gebäuden ist der Einbau einer Eco-Armatur mit Funktion «Mittelstellung kalt» somit sehr empfehlenswert.

Diese Empfehlung wird auch bei der ökologischen Betrachtung unterstützt: Eine Eco-Armatur enthält graue Energie in der Höhe von 58 kWh (nicht erneuerbarer) Primärenergie.¹⁵ Mit einer jährlichen Einsparung an 136 kWh Primärenergie (wenn das WW mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe erzeugt wird) bzw. 195 kWh Primärenergie (wenn das WW mit einer Ölheizung erzeugt wird) wird die graue Energie von zwei bis drei Eco-Armaturen bereits nach dem ersten Jahr «amortisiert».¹⁶ Rein ökologisch betrachtet lohnt sich demnach ein sofortiger Umstieg auf Eco-Armaturen.

¹¹ Bei den Spültischen (Küche) zeigt sich somit auch kein signifikanter Unterschied zwischen den mechanischen (arwa) und elektronischen Eco-Armaturen (KWC)

¹² Durchschnittlicher Nutzwarmwasserbedarf pro Person in MFH = 35 Normliter pro Tag (gemäss SIA 385-2)

¹³ Die eingesparte Nutzwärme durch die Funktion «Mittelstellung kalt» und eingesparte Elektrizität durch die Reduktion der Wasch-Temperatur werden mit den Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbar) nach KBOB 2009/1:2016 gewichtet. Zudem werden 100 Waschgänge pro Jahr angenommen.

¹⁴ Beim Wärmepreis (CHF pro kWh Nutzwärme) handelt es sich um eine Annahme, da er je nach Art der WW-Erzeugung variiert.

¹⁵ Die graue Energie umfasst die (nicht erneuerbare) Primärenergie, welche bei Herstellung, Verteilung (d.h. Transport) und Entsorgung anfällt (Corella et al., 2014)

¹⁶ Primärenergiefaktoren nach KBOB 2009/1:2016

6.3 Weitere Erkenntnisse

Die WW-Temperaturen an den Entnahmestellen sind gegenüber den Anforderungen der SIA 385-1 klar ungenügend (siehe Kapitel 4.5.5). Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass das Begleitheizband zu klein dimensioniert ist. Der Gebäudebetreiber wurde über diesen Mangel informiert und ist der Ursache nach Projektabschluss nachgegangen.

Die Spar-Funktion der Eco-Armaturen, sprich die reduzierten Volumenströme am Spül- und Waschtisch, machten sich beim gesamten Wasserverbrauch (gemäss Nebenkostenabrechnungen) nicht gross bemerkbar. Der gesamte Wasserverbrauch (WW und KW) nahm um 1.2 % ab im Vergleich zum Vorjahr. Die Volumenströme sind jedoch sehr tief – halten jedoch grösstenteils die Anforderungen der SIA 385/1 Norm ein.

Bei der elektronischen Eco-Armatur (KWC ZOE touch light PRO) wurden jedoch Volumenströme gemessen, die durchschnittlich fast 50 % unter dem vom Hersteller angegebenen Volumenstrom liegen. Ein möglicher Grund könnte sein, dass sich nicht alle Bewohner bewusst waren, wie über die Touch-Bedienung ein maximaler Volumenstrom eingestellt wird. Denn die Mengenregulierung erfolgt bei dieser Armatur über gleichzeitiges Drehen und Drücken des runden Bedienelements. Wird dieses jedoch nur angetippt, werden die voreingestellten 50 % des maximalen Durchflusses geliefert.

Mit ca. 60 Wh fällt der jährliche Stromverbrauch dieser Eco-Armatur vernachlässigbar tief aus, weshalb der nicht in die Berechnungen der Energieeinsparung miteinbezogen wurde.

7 Diskussion der Befragung

Die Diskussion der Umfrage ist anhand der Forschungsfragen gegliedert und zeigt am Schluss die Einschränkungen der Untersuchung auf.

Wie ist die Zufriedenheit mit den Eco-Armaturen bei den Teilnehmern? (u.a. Ausstosszeit, Geräusche, Spritzverhalten, Durchfluss, Ausschwenkbarkeit, Reinigung, Benutzerfreundlichkeit)

Die neu installierten Eco-Armaturen wurden von vielen Haushalten kritisch beurteilt und viele waren eher unzufrieden vor allem mit der Küchen-Armatur, unabhängig von der Marke (und damit unabhängig von elektronischer Armatur oder mechanischer). Die Unzufriedenheit ist aber in keinem der Haushalte auf die Funktion Mittelstellung kalt zurückzuführen. Diese wurde von niemandem als störend empfunden. Vielmehr sind es andere veränderte Eigenschaften der Armatur (Höhe, Ausschwenkbarkeit, Reinigungseigenschaften, Handhabung generell), welche bemängelt wurden. Bei einigen führte die im Vergleich zur vorherigen Armatur erhöhte Ausstosszeit zu Unmut und in manchen Fällen sogar zu einem Gefühl der Wasserverschwendung. Tatsächlich trifft dies nicht zu, da in der gleichen Zeit einfach weniger Wasser ausfliesst und sich die Wartezeit für warmes Wasser aus diesem Grund erhöht. Diese geringere Durchflussmenge pro Zeit ist an sich ebenfalls eine Eco-Funktion, da dies auch zu (Warm-) Wassereinsparungen führen kann (Lee et al., 2011 und Mayer et al., 2004). Im Nachgang des Interviews wurde den interessierten Haushalten erklärt weshalb es länger dauert bis warmes Wasser austritt. Dabei stellte sich heraus, dass das Konzept der Ausstosszeit gar nicht so einfach zu vermitteln ist, jedoch anhand von volumenabhängigen Zapfungen (z.B. Füllen eines Kochtopfs dauert nun länger) anschaulich erklärbar ist.

Wie wird die Eco -Armatur von den Teilnehmern genutzt? Gibt es allfällige Probleme bei der Bedienung?

Die Eco-Armatur in Bad/Dusche wurde von den meisten wie vorher verwendet und es gab keine Probleme bei der Bedienung. In der Küche gab es neben den oben erwähnten Unzufriedenheiten auch Probleme bei der Bedienung auf aufgrund der Touchpad-Steuerung und vereinzelt wegen der rechtsseitigen Montage des Hebels/Touchpads.

Wird die Funktion «Mittelstellung kalt» bei kurzen Wasserentnahmen übersteuert?

Grösstenteils wird die Funktion «Mittelstellung kalt» nicht übersteuert. Bei den Kurzentnahmen fand mit der Eco-Armatur meist ein Wechsel von lauwarmem auf kaltes Wasser statt und die Standardeinstellung der Armatur wurde von den meisten als mittig (=kaltes Wasser) angegeben. Die Standardeinstellung wurde für die Kurzentnahmen also von den meisten nicht verändert. Dieser Befund bestätigt die Wirksamkeit der Funktion «Mittelstellung kalt», zumindest gemäss dem berichteten Verhalten der Teilnehmenden. Eine bewusste Übersteuerung (immer warm zapfen) oder Ausweichung auf eine herkömmliche Armatur wurde nur von zwei Personen berichtet.

Agieren die Haushalte als Multiplikatoren bei Gästen und Familienangehörigen?

Die Eco-Armaturen regten durchaus Diskussionen zwischen Bewohnern und Gästen an. Sofern die Haushalte zufrieden waren mit der Armatur, konnten diese dabei als Multiplikatoren wirken und so etwas zur Sensibilisierung beitragen. Oft wurde jedoch auch über die als störend empfundenen

Eigenschaften der neuen Armaturen (Spritzverhalten, Bedienung, Ausstosszeit, etc.) gesprochen. Dabei zeigte sich, dass die sozialen Normen bezüglich Ästhetik und Benutzerfreundlichkeit durchaus wichtig sind und so die in den Interviews rapportierte Meinung der Gäste immer auch derjenigen der interviewten Person entsprach.

Haben die teilnehmenden Personen das Gefühl, dass sie Warmwasser eingespart haben?

Diese Frage kann nicht eindeutig beantwortet werden, da sich ein eher heterogenes Bild abzeichnete. Einerseits hatten einige das Gefühl, weniger warmes Wasser zu nutzen für die Kurzentnahmen, andererseits zeigte sich bei anderen auch da wieder das Gefühl der Wasserverschwendung beim Warten auf warmes Wasser und so verneinten die meisten, dass sie Wasser (kalt und warm) gespart hätten. Diese Diskrepanz ergibt sich wahrscheinlich durch die beiden Effekte der hier verwendeten Eco-Armatur: einerseits die Funktion Mittelstellung kalt, andererseits die geringere Durchflussmenge. Ausserdem stellen wir eine bestimmte Diskrepanz zwischen Warmwasser und Energie fest: viele sehen die direkte Verbindung zwischen Warmwassersparen und Energiesparen nicht und sehen somit den Warmwasserverbrauch nicht als Energieproblem. Dafür waren mehrere interviewte Personen der Meinung, man müsse insgesamt Wasser sparen, der Anteil des Warmwassers war dabei eher sekundär.

Haben die teilnehmenden Personen das Gefühl die Eco-Armatur trägt automatisch zum Warmwassersparen bei?

Die meisten haben nicht das Gefühl, dass die Eco-Armatur automatisch zum Warmwassersparen beiträgt. Interessant ist jedoch, dass einige erwähnten, dass die Eco-Armatur bei sehr verschwenderischen oder wenig sensibilisierten Personen durchaus Potenzial für Einspareffekte hätte. Da sich die meisten selber aber schon als sparsam oder zumindest mittelmässig sparsam im Umgang mit Wasser einschätzten, wurde das grundsätzliche Sparpotential beim eigenen Haushalt als gering wahrgenommen.

Gibt es bei den Teilnehmenden einen Spillover-Effekt?

Von einem konkreten Spillover-Effekt berichteten die wenigsten Haushalte, ein paar nannten eine erhöhte Sensibilisierung bezüglich Umweltproblemen und einige gaben an, allgemein sparsamer mit Wasser umzugehen ohne jedoch konkrete Beispiele zu nennen. Diese Aussagen sind also mit Vorsicht zu interpretieren. Wahrscheinlich spielt bei diesen Antworten auch die soziale Erwünschtheit eine massgebliche Rolle. Ausserdem ist das Spillover-Potenzial durch die Tatsache eingeschränkt, dass die Haushalte die Verbindung zwischen Warmwasser und Energie meist nicht sehen.

8 Synthese und Fazit

8.1 Kernaussagen aus dem Projekt

- Die Eco-Armaturen mit Funktion «Mittelstellung kalt» haben ein **beträchtliches Einsparpotenzial**: Pro Armatur konnte der WW-Verbrauch (und somit der Energieverbrauch) im Durchschnitt um 28 % (Spültisch in Küche) bzw. 21 % (Waschtisch in Bad) für die jeweilige Entnahmestelle reduziert werden.
- Der totale WW-Verbrauch bzw. **Wärmebedarf für WW** der Wohnungen konnte mit den Eco-Armaturen im Durchschnitt um knapp 5 % reduziert werden. Somit sollten Eco-Armaturen in Neubauten sowie im Ersatzfall (d.h. um herkömmliche Armaturen nach Ende ihrer Lebensdauer zu ersetzen) eingebaut werden.
- Die Funktion «Mittelstellung kalt» der Eco-Armaturen wird **von den Nutzern gut akzeptiert**, wie die Befragung gezeigt hat. Dagegen kann die Spar-Funktion der Eco-Armaturen (reduzierter Durchfluss) zu Unmut und einem Gefühl der Wasserverschwendung führen.
- Die Befragung hat weiter gezeigt, dass die Funktion «Mittelstellung kalt» bei kWW grösstenteils **nicht bewusst übersteuert** wird. So wird der Hebel – gemäss Aussagen der Nutzer – meist in der Mittelposition belassen. Die Messungen zeigten jedoch, dass immer noch 45 % (Waschtisch) bzw. 30 % (Spültisch) aller Zapfungen kWW-kL darstellen, sprich, die Funktion «Mittelstellung kalt» wird oft unbewusst übersteuert.
- Die Menge und Zusammensetzung (aus WW und KW) des **Wasserverbrauchs** schwanken beträchtlich von Nutzer zu Nutzer. Des Weiteren deckt sich die **Selbsteinschätzung** der Nutzer bezüglich deren Umgang mit Wasser (sparsam / nicht sparsam) oft nicht mit den tatsächlich gemessenen Wasserverbräuchen. Umso stärker ist der Nutzen einer Eco-Armatur mit «Mittelstellung kalt» einzuschätzen.
- Am Waschtisch im Bad kommt es häufiger zu **kurzen Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung (kWW-kL)** als beim Spültisch in der Küche. Auch mit der Funktion «Mittelstellung kalt» sind bei den Waschtischen durchschnittlich immer noch 45 % der Gesamtanzahl an Zapfungen kWW-kL, während es bei den Spültischen im Mittel nur 30 % sind. Dies lässt sich vermutlich auf die unterschiedlichen Tätigkeiten in Küche und Bad zurückführen.
- Die **mittels Funktion «Mittelstellung kalt» erzielte Einsparung** hängt stark vom individuellen Nutzerverhalten ab und ist relativ unabhängig von Armaturenmarke (bzw. Art der Steuerung), Nutzerkategorie und subjektiv wahrgenommenen Umgang mit Wasser (d.h., ob sich die Nutzer selbst als sparsam betrachten oder nicht).
- Eigenschaften der Eco-Armaturen, welche nicht fürs Energiesparen relevant sind, wie Höhe, Ausschwenkbarkeit, Reinigungsverhalten, Spritzverhalten und generelle Handhabung haben einen weitaus grösseren **Einfluss auf die Nutzerzufriedenheit** und sind daher entscheidend für die Akzeptanz von Eco-Armaturen.
- Bei der **elektronischen Eco-Armatur** waren für die Nutzenden keine Vorteile gegenüber einer herkömmlichen bzw. mechanischen Eco-Armatur ersichtlich. Vielmehr traten teilweise Probleme bei der Bedienung über das Touchpad auf. Der durch die Stellmotoren verursachte Stromverbrauch ist vernachlässigbar klein.

- Viele Nutzer sehen **keine direkte Verbindung zwischen Warmwassersparen und Energiesparen**. Ausserdem herrscht die Meinung, man müsse insgesamt Wasser sparen, unabhängig vom Anteil des WW.

8.2 Empfehlungen für die verschiedenen Stakeholder

Immobilieigentümer, Verwaltungen, Bauherren, Architekten:

- Die Eco-Armaturen werden grundsätzlich gut akzeptiert von den Haushalten und haben ein Sparpotential. Der Einbau solcher Armaturen empfiehlt sich sofern neue Armaturen eingebaut werden müssen (Neubau oder Ersatz alter Armaturen bei Ende der Lebensdauer).
- Haushalte müssen sowohl über die «Mittelstellung kalt»-Funktion wie auch die Spar-Funktion der Eco-Armatur und die mit der Spar-Funktion einhergehende längere Ausstosszeit (und dadurch längere Wartezeiten bei warmem Wasser) transparent informiert werden. Insbesondere die verlängerte Ausstosszeit kann für die Haushalte zum Gefühl von Wasserverschwendung führen, sofern Ihnen der Mechanismus nicht verständlich gemacht werden kann. Eine Schulung ist ausserdem wichtig, damit die Funktion «Mittelstellung kalt» nicht unbewusst übersteuert wird.
- Haushalte sollten insbesondere bezüglich der Relevanz des Warmwassersparens und somit Energiesparens sensibilisiert werden. Von einigen Haushalten wird die Verbindung von Warmwasser und Energie nicht explizit erkannt und bei vielen Haushalten wird vor allem darauf geachtet, dass Wasser (WW und KW) gespart wird. In der Schweiz jedoch ist vor allem das Warmwassersparen wegen dem Energieverbrauch wichtig – nicht so sehr das Wassersparen an sich.¹⁷
- Bei der Auswahl der Armaturen muss auf eine Passung auf das Spülbecken geachtet werden, sowie auf allfällige spezielle Nutzergruppen. Zum Beispiel sind seitwärts platzierte Hebel für Linkshänder etwas unpraktisch zu bedienen, für Kinder sind die elektronischen Armaturen schwierig zu bedienen.

Armaturen-Hersteller, Verbände, Fach-/Sanitärplaner:

- Das Spritzverhalten der U-förmigen Armaturen wurde oft bemängelt, es ist daher wichtig, dass die Armaturen auf die Spültische abgestimmt werden.
- Bei der Entwicklung der Armaturen ist darauf zu achten, dass sie von den unterschiedlichen Nutzergruppen gut bedient werden können, insbesondere die elektronische Armatur ist für Kinder und ungeübte Personen problematisch, wobei jedoch auch viele andere Nutzer die Bedienung als unpraktisch einstufen. Die Linkshänder empfanden die seitlichen Hebel auf der rechten Seite als unpraktisch.

¹⁷ In der Schweiz übersteigen die Trinkwasserressourcen den durchschnittlichen inländischen Verbrauch bei Weitem (BAFU, 2019).

- Die Eco-Armaturen sollten zu einem vergleichbaren Preis wie herkömmliche Armaturen und von den Fach-/Sanitärplanern aktiv angeboten werden, damit diese möglichst oft zum Einsatz kommen – nicht nur bei sensibilisierten Immobilieneigentümern.

Energieberatung, öffentliche Hand:

- Das Sparpotential durch die Funktion «Mittelstellung kalt» ist grundsätzlich vorhanden und wird von den Haushalten gut akzeptiert. Eine allfällige damit kombinierte Spar-Funktion (und dadurch längere Wartezeiten bei warmem Wasser) muss gut kommuniziert und erklärt werden, da bei den Haushalten ansonsten allenfalls das Gefühl von Wasserverschwendung aufkommen kann, sofern Ihnen der Mechanismus nicht verständlich gemacht werden kann.
- Das Thema Wassersparen ist bei vielen Haushalten bereits präsent, dies wird aber oft nicht in Verbindung mit Energie sparen gebracht. Es besteht Bedarf an Sensibilisierung zum Thema Warmwasser sparen und der damit verbundenen Einsparung an Energie, was in der Schweiz wichtiger ist als reines Wassersparen.¹⁸ Die Eco-Armatur hat bei einigen trotzdem zur weiteren Sensibilisierung beigetragen, vor allem bezüglich Warmwasserverbrauch.
- Die Selbsteinschätzung der Nutzenden deckt sich nicht unbedingt mit den gemessenen Wasserverbräuchen. So schätzen sich Personen, die relativ viel Wasser verbrauchen, als sparsam ein und umgekehrt. Verbrauchsfeedbacks können da allenfalls zu einem realistischeren Bild beitragen. Des Weiteren scheint es auch eine Diskrepanz zwischen dem Bewusstsein und den Gewohnheiten zu geben, d.h. selbst sensibilisierte Personen zeigen nicht unbedingt ein ideales Konsumverhalten. Eine Eco-Armatur hilft, diese Diskrepanz zu vermindern.

Normwesen/Forschung:

- Die Eco-Armaturen sollten als empfohlener Standard in die Normen aufgenommen werden. Darüber hinaus ist es wichtig, Vorlauftemperaturen und Wasserdruck im Verteilsystem zu überprüfen und erst, wenn diese korrekt eingestellt sind, neue Armaturen mit höherer Ausstosszeit zu montieren.
- Das Thema Warmwasserverbrauch und Verhaltensweisen der verschiedenen Haushalte sollte weiter erforscht werden, insbesondere die Selbsteinschätzung der Haushalte und die tatsächlichen Praktiken, die zu WW-Verbrauch führen. Eine Erkenntnis aus den Interviews war nämlich, dass die Haushalte sehr unterschiedlich mit Warmwasser umgehen, ihr eigenes Verhalten dabei aber oft als sparsam bzw. der Norm entsprechend wahrnehmen.

8.3 Einschränkungen der Studie

Die vorliegende Studie weist die nachfolgenden Limitierungen auf, welche bei möglichen Schlussfolgerungen zu bedenken sind:

- Aus organisatorischen Gründen konnte vor der Installation der Eco-Armaturen keine Referenzmessung gemacht werden, weshalb kein direkter Vorher/Nachher-Vergleich

¹⁸ In der Schweiz übersteigen die Trinkwasserressourcen den durchschnittlichen inländischen Verbrauch bei Weitem (BAFU, 2019).

möglich ist. Auch gab es keine Kontrollgruppe, bei welcher keine Intervention (keine Eco-Armaturen) vorgenommen wurde. Daher mussten die in Kapitel 3.3 beschriebenen Annahmen getroffen werden.

- Die geringe Anzahl an untersuchten Haushalten (16 Wohnungen) sowie deren unausgeglichene Durchmischung führen zu einer eingeschränkten Repräsentativität der Stichprobe.
- Die sehr tiefen Vorlauf-, sprich, WW-Temperaturen (siehe Kapitel 4.5.5) verlängern die Ausstosszeit – theoretisch betrachtet – um fast 40 % (siehe Gleichung (2)). Ob die Bewohner in der Praxis jedoch tatsächlich auch dementsprechend länger WW beziehen – und sich nicht schon früher (d.h. mit tieferen WW-Temperaturen) zufriedengeben – ist ungewiss.

9 Danksagung

Wir bedanken uns beim Bundesamt für Energie für die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung der Studie wie auch für den fachlichen Austausch und die wertvollen Inputs. Den beiden Unternehmen Franke Water Systems AG und Similor AG danken wir für die Bereitstellung der Armaturen für die Studie und die finanzielle Unterstützung. Der Wohnbaugenossenschaft GWG danken wir herzlich für die tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Studie, das Bereitstellen der untersuchten Wohnsiedlung, den Kontakt zu den Bewohnenden und die grosszügige finanzielle Unterstützung. Bei allen Personen der Begleitgruppe bedanken wir uns für die wertvollen Inputs und die spannenden Diskussionen. Den Bewohnenden gilt unser ganz spezieller Dank für die Teilnahme an diesem Forschungsprojekt.

10 Literaturverzeichnis

- Abrahamse, W.; Steg, L.; Vlek, C.; Rothengatter, T. A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *J. Environ. Psychol.* 2005. 25, 273–291, doi:10.1016/j.jenvp.2005.08.002.
- BAFU. 2019. «Indikator Wasser» Zuletzt aktualisiert am: 25.07.2019. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wasser/wasser--daten--indikatoren-und-karten/wasser--indikatoren/indikator-wasser_pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ijL0FibURIdGFpbD9pbmQ9V1MwMDMmbG5nPWRI.html
- Cordella, M., Garbarino, E., Calero, M., Mathieux, F., Wolf, O. MEErP Preparatory Study on Taps and Showers. Final report, JRC Science and Policy Reports, Report EUR 26939 EN, Seville, 2014.
- Flick, U. (2002): *Qualitative Sozialforschung*, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg.
- Lee, M.; Tansel, B.; Balbin, M. Influence of residential water use efficiency measures on household water demand: A four year longitudinal study. *Resour. Conserv. Recycl.* 2011. 56, 1–6, doi:10.1016/j.resconrec.2011.08.006.
- Lipuner, U.: *Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden (SIA 385/1 und 385/2)*. Information des Fachbereichs Sanitär | Wasser | Gas, suissetec, Zürich, 2015.
- Mayer, P.; DeOreo, W.; Towler, E.; Martien, L.; Lewis, D. Tampa Water Department residential water conservation study: the impacts of high efficiency plumbing fixture retrofits in single-family homes. *Aquacraft, Inc. Water Eng. Manag.* 2004.1–187.
- Sicre, B., von Euw, R., Heim, T.: *Strategie für den Ersatz von Elektrowassererwärmern unter Einbezug des Gesamtwärmesystems im Gebäude*, Bundesamt für Energie, Bern, 2016.
- Tiefenbeck, V.; Staake, T.; Roth, K.; Sachs, O. For better or for worse? Empirical evidence of moral licensing in a behavioral energy conservation campaign. *Energy Policy* 2013. 57, 160–171, doi:10.1016/j.enpol.2013.01.021.

11 Anhang

11.1 Messtechnik

11.1.1 Sensoren

Wasserzähler mit Impulsgeber:



- Messprinzip: Einstrahl-Wasserzähler für WW und KW
- Hersteller: GWF MessSysteme AG, Luzern
- Modell: UNICO Q3 2.5 DN15
- Impulsgeber: Typ IPG14 mit Impulswertigkeit von 0.25 Liter

Anlegefühler mit Funkmodul:



- Funktionsprinzip: Kompakter Funksensor für Temperaturerfassung (Pt1000) an Leitungen, Rohren und Heizungsträgern
- Hersteller: merkur Funksysteme AG, Sursee
- Modell: ME-FUAN1-IA-PT1000
- Sender: Lizenzfreies ISM 433/434-MHz-Band

Impulszähler:



- Funktionsprinzip: Funk-Multifunktionsbox mit drei Digitaleingängen für Zähler oder für binäre Signale
- Hersteller: merkur Funksysteme AG, Sursee
- Modell: ME-FUMF1-IA-ES-DA-TD
- Sender: Lizenzfreies ISM 433/434-MHz-Band

11.1.2 Datenverarbeitung

Messbox:



- Funktionsprinzip: Messwert-Erfassungszentrale mit Funkmodem
- Hersteller: emation, DE-35799 Merenberg
- Modell: e3m Box

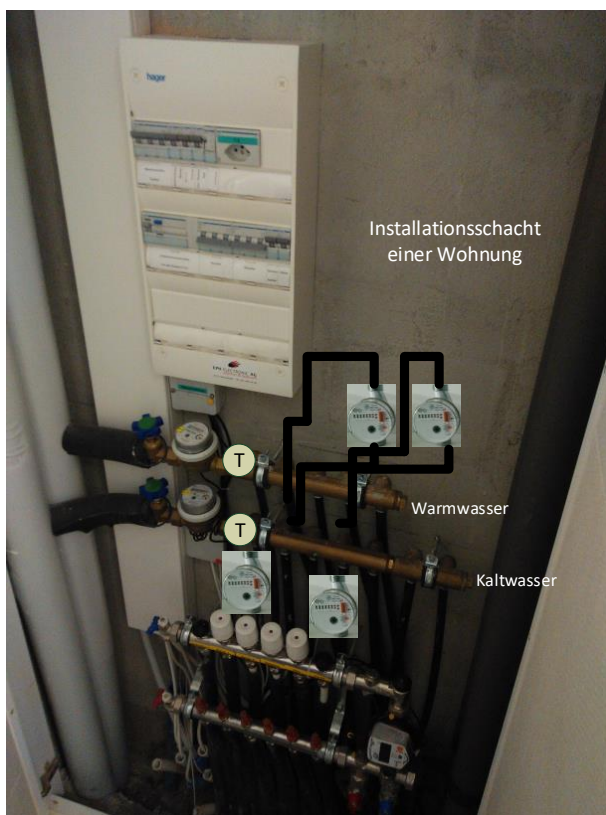
Datenserver:



- Funktion: Datenserver und Online-Datenauswertung für z.B. Energiecontrollingzwecke
- Hersteller: Enastra, Zürich
- Modell: e3m Data Center

11.1.3 Einbau der Sensoren

Die Wasseruhren und Temperatur-Anlegefühler werden im Installationsschacht an den Kalt- und Warmwasserverteiler angeschlossen, wie in Abbildung 23 zu sehen ist.



Legende:



- Wasserleitung
-  Wasseruhr mit Impulsgeber
-  Temperatur-Anlegefühler

Abbildung 23: Prinzipschema für den Einbau der Sensoren

11.1.4 Aufbau des Monitoringsystem

Das Monitoringsystem der untersuchten Wohnsiedlung ist in Abbildung 24 schematisch dargestellt.

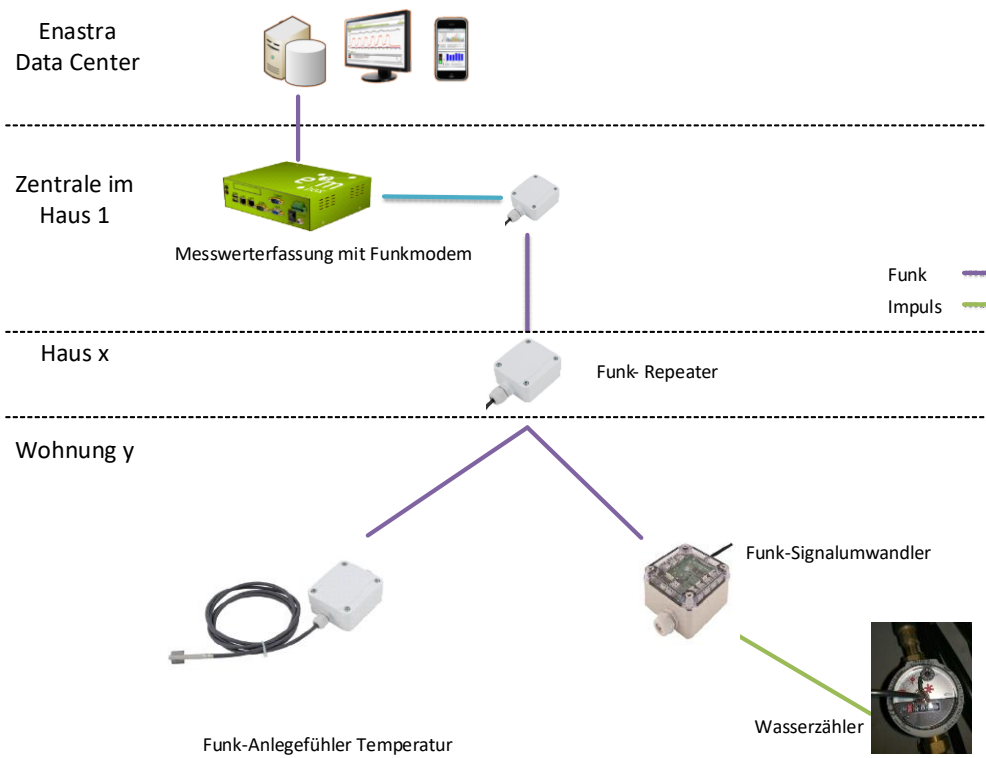


Abbildung 24: Aufbau des Monitoringsystems

11.2 Ausstossvolumen

Je nach Wohnung und Entnahmestelle unterscheiden sich die Längen der Ausstossleitungen deutlich, welche mittels Grundrissplänen abgeschätzt wurden. Die Längen sowie damit berechneten Volumina der Ausstossleitungen sind in Tabelle 11 gezeigt. Dabei wird ein Innendurchmesser von 0.015 m angenommen.

Tabelle 11: Ausstossvolumina

Wohnung	Länge Ausstossleitung [m]		Volumen Ausstossleitung V_{Ausstoss} [l]	
	Bad	Küche	Bad	Küche
1	5.4	11.7	0.95	2.07
2	7.0	14.7	1.24	2.60
3	4.6	9.1	0.82	1.61
4	2.9	5.4	0.52	0.95
5	2.9	5.4	0.52	0.95
6	2.9	4.9	0.52	0.87
7	3.1	8.3	0.55	1.48
8	2.8	11.7	0.49	2.07
9	4.7	5.4	0.83	0.95
10	7.0	14.7	1.24	2.60
11	2.9	5.4	0.52	0.95
12	4.6	9.1	0.82	1.61
13	2.8	11.7	0.49	2.07
14	3.2	9.1	0.56	1.61
15	3.1	8.3	0.55	1.48
16	4.2	8.3	0.75	1.48
Durchschnitt	4.0	9.0	0.71	1.58

Im Mittel sind die Entnahmestellen in den Küchen mehr als doppelt so weit vom Verteiler entfernt wie die Entnahmestellen im Bad.

11.3 Abkühlzeit der Ausstossleitung

Für die Berechnung der Abkühldauer $t_{Abkühlung}$ (in s) wird ein Modell des Wärmestroms durch einen Zylinder mit mehreren Schichten verwendet, welches mit den folgenden Gleichungen in diskreter Form beschrieben wird:

$$\dot{Q}(t^i) = \frac{2\pi L(T_{Wasser}(t^i) - T_{Raum})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2}} \quad (5)$$

$$T_{Wasser}(t^{i+1}) = \frac{-\dot{Q}(t^i)(t^{i+1} - t^i)}{c_{Wasser} \rho_{Wasser} \pi r_1^2 L} + T_{Wasser}(t^i) \quad (6)$$

Wobei:

$\dot{Q}(t^i)$	Wärmeverluststrom der Ausstossleitung zum Zeitpunkt t^i	[W]
L	Länge der Ausstossleitung	[m]
$T_{Wasser}(t^i)$	Wassertemperatur in der Ausstossleitung zum Zeitpunkt t^i	[°C]
T_{Raum}	Raumtemperatur	[°C]
λ_1	Wärmeleitfähigkeit der ersten Schicht (PVC)	[W/(m*K)]
λ_2	Wärmeleitfähigkeit der zweiten Schicht (Zementestrich)	[W/(m*K)]
r_1	Innerer Radius der Ausstossleitung	[m]
r_2	Radius bis und mit erster Schicht	[m]
r_3	Radius bis und mit zweiter Schicht	[m]
c_{Wasser}	Spezifische Wärmekapazität von Wasser	[J/(kg*K)]
ρ_{Wasser}	Dichte von Wasser	[kg/m ³]

Es werden die folgenden Annahmen getroffen:

- $T_{Wasser}(t^0) = 44.73$ °C (Mittelwert der Mediane)
- $T_{Raum} = 21$ °C (gemäss SIA 2024)
- $\lambda_1 = 0.17$ W/(m*K), $\lambda_2 = 1.4$ W/(m*K)
- $r_1 = 0.0075$ m, $r_2 = 0.0115$ m, $r_3 = 0.0615$ m
- $c_{Wasser} = 4184$ J/(kg*K) (bei 20 °C), $\rho_{Wasser} = 1000$ kg/m³

Es wird die Zeit t^i berechnet, bis die Wassertemperatur $T_{Wasser}(t^i)$ unter 25 °C fällt. Denn mikrobiologisch betrachtet gilt die Wassertemperatur dann als abgekühlt. Zusammen mit den

getroffenen Annahmen ergibt sich eine Abkühlzeit $t_{\text{Abkühlung}}$ von 12.95 Minuten (777 s).¹⁹ Abbildung 25 zeigt den entsprechenden Temperaturverlauf grafisch.

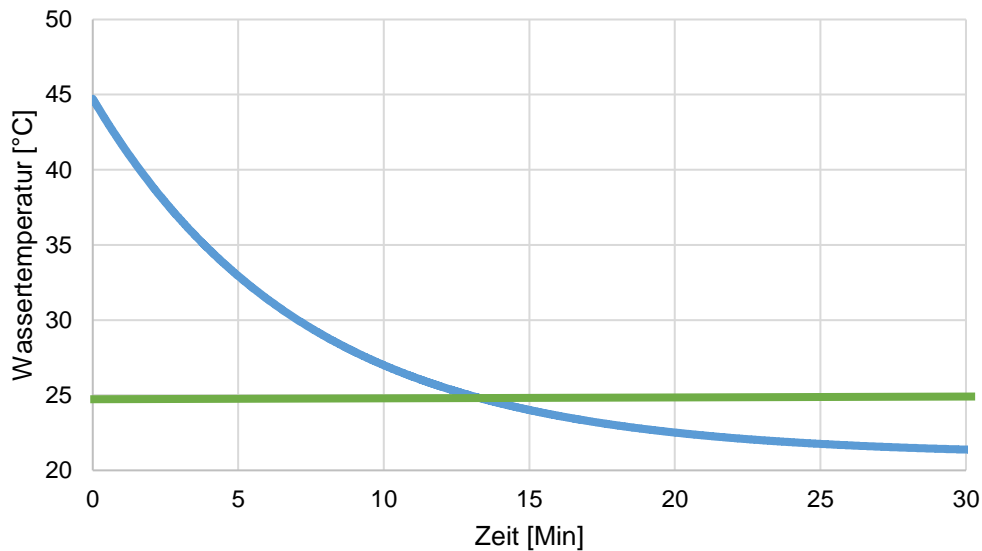


Abbildung 25: Abkühlung einer Ausstossleitung mit stehendem Wasser

11.4 Leitfaden Interviews

Eco-Armaturen: Zufriedenheit und Nutzungsverhalten
InterviewerIn:
Interviewte Person:
Kinder (ja (Anzahl)/nein):
Eco-Armaturen Marke in Bad/Dusche (kwc/arwa):
Einbau Eco-Armatur (Bad/Dusche):
Zoe-Armatur in Küche (ja/nein):
→ gelbe Felder im Leitfaden entsprechend anpassen!
Interviewtermin/Ort:

¹⁹ Dies gilt für alle betrachteten Ausstossleitungen, da sich die Länge rauskürzt, wenn die Gleichungen (5) und (6) kombiniert werden. Zudem wird für alle Ausstossleitungen die gleiche Rohrdimension und -beschaffenheit angenommen.

Dauer des Interviews:
Benötigtes Material: Leitfaden, Stift, Papier, Computer
<p>Herzlichen Dank, dass Sie sich Zeit für dieses Interview nehmen. Bevor wir beginnen, möchte ich Ihnen nochmals kurz erzählen, worum es uns bei unserem Projekt geht. In Ihrem Badezimmer oder in der Dusche und in der Küche wurden sogenannte Eco-Armaturen installiert, bei welchen in der Mittelstellung nur Kaltwasser gezapft wird. Ausserdem wurde ein Messgerät installiert, welches die Wassermengen und Temperaturen misst und so eine Auswertung zum Energie-Spareffekt der Armaturen erlaubt.</p> <p>Neben dem Spareffekt wollen wir auch die Nutzerzufriedenheit und die Handhabung dieser Armaturen untersuchen. Daher führen wir heute ein Interview mit Ihnen durch. Die Fragen beziehen sich jeweils auf Sie persönlich oder Ihren Haushalt und es gibt kein Richtig oder Falsch. Es ist für uns spannend zu erfahren, was Sie wirklich denken und wie Sie mit den Eco-Armaturen umgegangen sind. Lassen Sie uns also auch wissen wo Sie Verbesserungspotential sehen.</p> <p><i>Haben Sie dazu gerade noch Fragen?</i></p> <p>Ich schätze, das Interview wird ca. 30 Minuten in Anspruch nehmen.</p> <p><i>Noch zu den formellen Angelegenheiten:</i> Wir werden das Gespräch protokollieren und für allfällige Unklarheiten das Gespräch auch auf Band aufnehmen. Dadurch kann ich dem Gespräch auch besser folgen. Selbstverständlich werden Ihre Angaben vertraulich und nur für dieses Projekt verwendet. Ist das soweit in Ordnung für Sie?Gut, dann zur ersten Frage....</p>

Einstiegsfragen (insgesamt ca. 5 min)

<i>Frage</i>
Wir haben Sie ja im Brief oder am Telefon gebeten zu einer bestimmten Zeit die beiden Eco-Armaturen je 1 Minute ganz heiss und eine Minute ganz kalt laufen zu lassen. Diese Angaben brauchen wir um die Messungen korrekt zu erfassen. Können Sie uns sagen wann Sie dies in Bad/Dusche und in der Küche getan haben?
In welchem Raum werden die meisten Kurzzapfungen (kurze Wasserentnahmen wie Händewaschen) gemacht, im Bad oder in der Dusche? Gab es im Laufe des Projekts diesbezüglich eine Änderung der Nutzungsgewohnheiten?
Zu Beginn kurz eine Frage zu Ihrer früheren Armatur (also diejenigen, bei welchem der Hebel auf beide Seiten geschwenkt werden konnte): Wenn Sie kaltes Wasser zapfen wollten, in welcher Stellung haben Sie den Hebel platziert? Und wenn Sie nicht explizit kaltes brauchten aber auch nicht warmes?

Hauptteil (insgesamt ca. 15-20 min)

Nun interessiert es uns, ob Sie mit den Eco-Armaturen in **Bad/Dusche** und Küche zufrieden waren und wie Sie diese genutzt haben. Die Fragen beziehen sich jeweils auf Sie persönlich, ausser wir fragen explizit nach den Gewohnheiten in Ihrem Haushalt.

<i>Frage</i>
Sind Sie mit der Eco-Armatur im Bad/Dusche zufrieden? Wenn nein, wieso nicht?
Welche Unterschiede zur herkömmlichen Armatur haben Sie wahrgenommen?

<p>(Sind Sie zufrieden mit dem Durchfluss sprich der Menge Wasser die austritt? Sind Sie zufrieden mit der Dauer, bis warmes Wasser austritt?)</p> <p>(Anderes: Geräusche, Spritzverhalten, Ausschwenkbarkeit, Reinigung, Benutzerfreundlichkeit)</p>
<p>Sind Sie mit der Eco-Armatur in der Küche zufrieden? Wenn nein, wieso nicht?</p> <p>Welche Unterschiede zur herkömmlichen Armatur haben Sie wahrgenommen?</p> <p>(Sind Sie zufrieden mit dem Durchfluss sprich der Menge Wasser die austritt? Sind Sie zufrieden mit der Dauer, bis warmes Wasser austritt?)</p> <p>(Anderes: Geräusche, Spritzverhalten, Ausschwenkbarkeit, Reinigung, Benutzerfreundlichkeit)</p>
<p>Wenn Kinder im Haushalt: Wie haben die Kinder die Armatur bedient? Hatten die Kinder Mühe die Armatur zu bedienen? Oder gab es sonstige Probleme für die Kinder?</p>
<p>Haben Sie bei der Eco-Armatur jeweils die Mittelstellung genutzt für kurze Wasserzapfungen? Im Bad und in der Küche unterschiedlich?</p> <p>Bei Kein Effekt der Eco-Armatur: explizit nachfragen wieso nicht</p> <p>Für welche Zwecke haben Sie bewusst warm gezapft?</p>
<p>Gab es saisonale Unterschiede? Haben Sie die Armatur im Winter anders genutzt als im Sommer für kurze Zapfungen?</p>
<p>Wie ist in Ihrem Haushalt die Eco-Armatur im Bad/Dusche in der Regel eingestellt? Mittelstellung oder anders?</p>
<p>Wenn nicht-Zoe: Und in der Küche?</p>
<p>Wenn ZOE installiert: Haben Sie die Presets (Voreinstellungen für Temperatur und Wasserdruck) geändert? Wie?</p>
<p>Wenn ZOE installiert: Welche Vor- und Nachteile hat die elektrische Armatur in der Küche für Sie?</p> <p>Haben Sie die Beleuchtung benutzt? War das ein Vorteil für Sie oder jemand anderes im Haushalt?</p>

Nun interessiert uns auch, wie Sie sonst Wasser und speziell warmes Wasser im Alltag nutzen.

<p><i>Frage</i></p>
<p>Jetzt unabhängig von der Eco-Armatur: Haben Sie das Gefühl, dass Sie in Ihrem Haushalt sparsam mit Wasser umgehen? Hier gebe ich Ihnen 4 Antwortmöglichkeiten vor: Ja Mittelmässig Nein Weiss nicht</p>
<p>Haben Sie das Gefühl, Sie haben Warmwasser eingespart seit der Installation der Eco-Armaturen?</p>
<p>Haben Sie das Gefühl, die Eco-Armaturen tragen automatisch zum Warmwassersparen bei?</p>
<p>Gehen Sie in Ihrem Haushalt seit der Installation der Eco-Armatur allgemein sparsamer mit Warmwasser um? Bei was genau?</p>

Ist der Warmwasserverbrauch als Energie- und Umweltproblem seit der Installation der Eco-Armatur bei Ihnen präsenter?
Haben Sie in den vergangenen Monaten daran gedacht, dass Ihr Wasserkonsum gemessen wird?
(Hat dies Ihr Verhalten beeinflusst? Inwiefern?)
Wurden Sie von Besuchern oder Familienangehörigen auf die Eco-Armatur in Ihrer Wohnung angesprochen?
Wenn ja: Über was haben Sie gesprochen?
Haben Sie das Gefühl mit der Eco-Armatur haben Sie insgesamt Wasser gespart?
Und Energie?
Hatten die Eco-Armaturen andere Nebeneffekte bei Ihnen im Haushalt? (z.B. Sensibilisierung Energiethema allgemein, Heizung, Ausweichverhalten....?)
Haben Sie eine Idee, wie man die Eco-Armatur verbessern könnte? Ziel kann entweder sein mehr Warmwasser zu sparen oder die Armatur benutzerfreundlicher zu gestalten.
Welche Funktion einer Armatur würden Sie sich wünschen?

Nun haben wir noch eine Frage zu Ihrem Haushalt.

<i>Frage</i>
Ist seit Herbst 2017 jemand ausgezogen oder neu eingezogen in Ihrem Haushalt? Wann?

Abschlussfragen (ca. 2 min)

<i>Frage</i>
Wir sind nun am Ende meiner Fragen. Haben Sie noch irgendwelche Bemerkungen oder Hinweise, die Sie uns mitgeben möchten?

Gut, herzlichen Dank für Ihre Antworten, dann sind wir am Ende des Interviews.

Wir werden nun bis im Herbst den Projektschlussbericht erstellen und Ihnen eine Zusammenfassung der Resultate zusenden. Ausserdem wird zum Projekt auch ein Artikel in der GWG-Zeitung erscheinen.

Wir messen Ihre Wasserverbräuche noch bis Ende Oktober dieses Jahres danach wird die installierte Messtechnik wieder ausgebaut. Nur die Wasseruhren bleiben drin, aber diese senden keine Messergebnisse an uns. Auch die Armaturen werden wieder ausgebaut, da bereits zu viele Beschwerden wegen des Spritzens eingegangen sind. Zum Ausbau der Messtechnik und der Armaturen werden wir oder die GWG Sie wiederum persönlich kontaktieren um den Ausbautermin mit Ihnen zu koordinieren.

Besten Dank nochmals für die Teilnahme am Interview und die interessanten und vielfältigen Aussagen. Einen schönen Tag/Abend wünsche ich Ihnen.

Allgemeine Hinweise bei Fragen:

Ziel der Eco-Armaturen ist Warmwasser zu sparen bei kurzen Zapfungen. Oft erreicht bei kurzen Zapfungen ein grosser Teil des warmen Wassers gar nie den Wasserhahn, sondern bleibt in der Leitung und kühlt dort ungenutzt wieder ab.

Warmes Wasser soll auf Grund des hohen Energieverbrauchs für die Bereitstellung von warmem Wasser gespart werden. Kaltes Wasser muss in der Schweiz heutzutage nur in Ausnahmefällen gespart werden (in heissen, trockenen Sommerperioden).

Die Eco-Armatur werden rückgebaut, da die Armaturen schlecht auf die Waschbecken abgestimmt sind und sie zu stark spritzen.

Die Funkstärke der Messinstallation beträgt rund 10 weniger als eine WLAN und mehr als 25 mal weniger als ein schnurloses Telefon oder ein Natel. Wie oft die Messeinstallation sendet, ist abhängig von den getätigten Wasserzapfungen in der Wohnung.

Rückmeldungen zum Thema Temperatur des Heisswassers (ist eher zu niedrig gemäss unseren Messungen) nehmen wir entgegen und leiten sie weiter

Die Dauer bis warmes Wasser kommt ist bei der Eco-Armatur länger, da der Durchfluss etwas geringer ist bei dieser Armatur, das bedeutet es fliesst weniger Wasser pro Minute. Es dauert also länger bis ein Kochtopf mit Wasser gefüllt ist, da in der gleichen Zeit nun weniger Wasser fliesst. Es wird also nicht mehr Wasser verschwendet beim längeren Warten auf warmes Wasser.

11.5 Kurze Warmwasserentnahmen bei kalter Leitung (kWW-kL)

Abbildung 26 (Spültisch Küche) und Abbildung 27 (Waschtisch Bad) zeigen erneut, welchen Anteil des WW-Verbrauchs einer Eco-Armatur mit Funktion «Mittelstellung kalt» durch kWW-kL verursacht wird. Diesmal wird jedoch nicht nach Entnahmestelle, sondern nach Armaturenmarke unterschieden. Die entsprechenden statistischen Kennwerte sind in Tabelle 12 und Tabelle 13 zu finden.

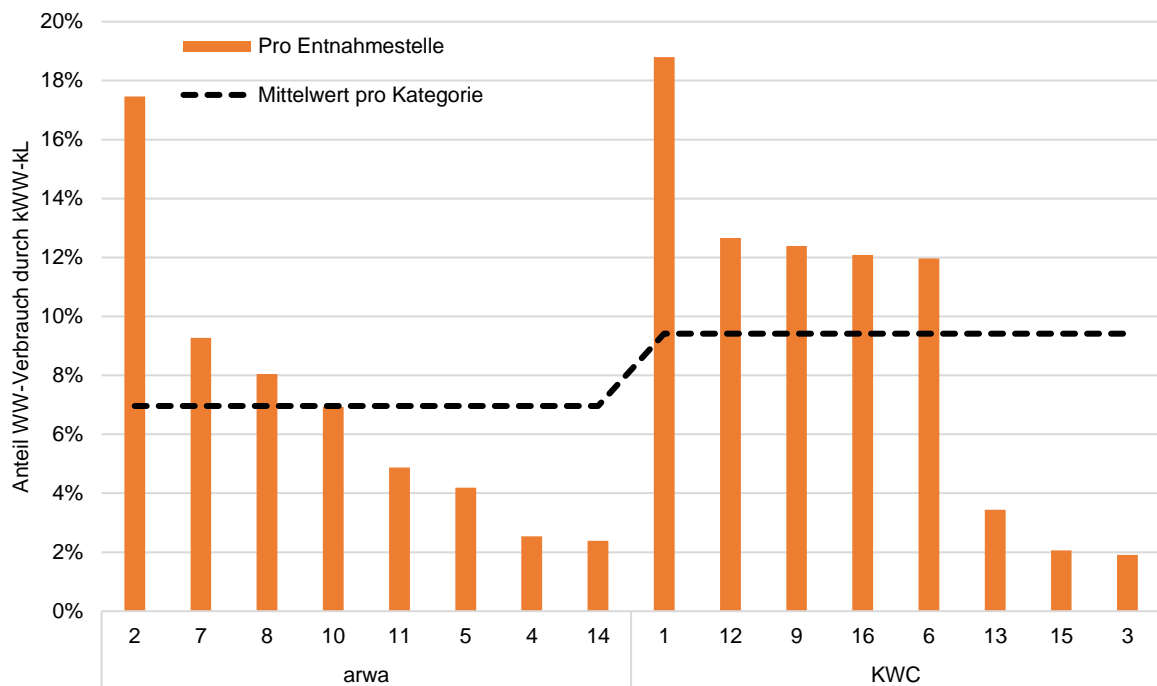


Abbildung 26: WW-Verbrauch durch kWW-kL bei Spültischen (Küche), gruppiert nach Armaturenmarke

Tabelle 12: WW-Verbrauch durch kWW-kL (Anteil am gesamten WW-Verbrauch einer Eco-Armatur) bei Spültischen (Küche), gruppiert nach Armaturenmarke

Marke	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
arwa	2 %	17 %	6 %	7 %	5 %
KWC	2 %	19 %	12 %	9 %	6 %

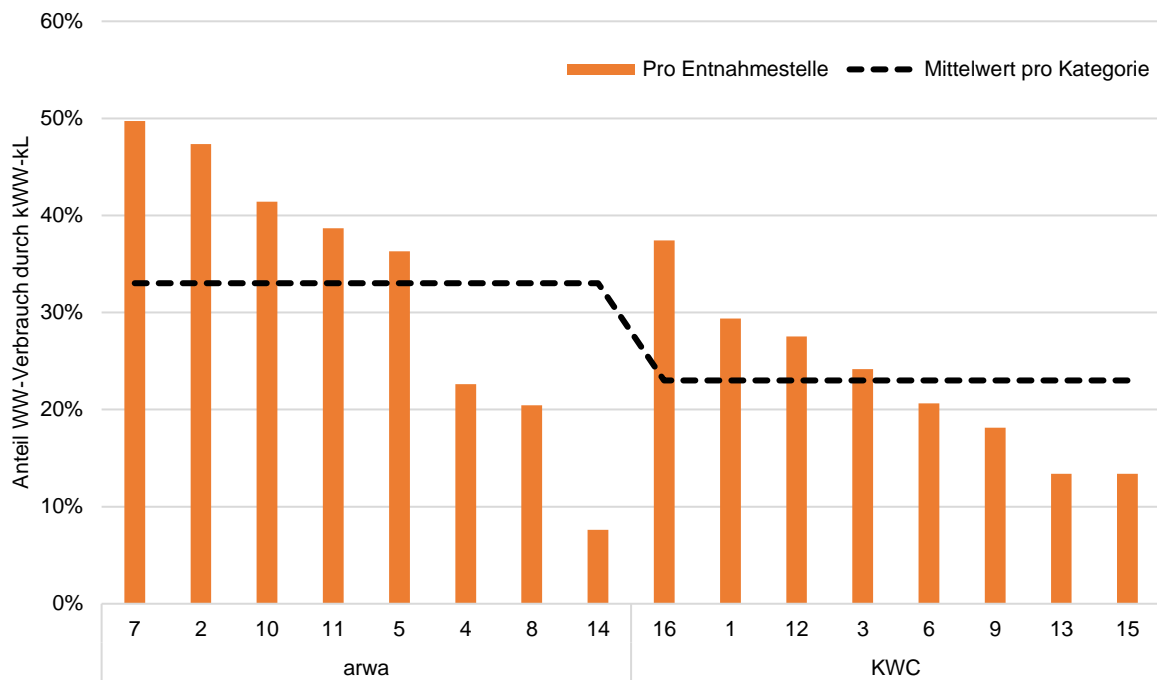


Abbildung 27: WW-Verbrauch durch kWW-kL bei Waschtischen (Bad), gruppiert nach Armaturenmarke

Tabelle 13: WW-Verbrauch durch kWW-kL (Anteil am gesamten WW-Verbrauch einer Eco-Armatur) bei Waschtischen (Bad), gruppiert nach Armaturenmarke

Hersteller	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
arwa	8 %	50 %	37 %	33 %	14 %
KWC	13 %	37 %	22 %	23 %	8 %

Abbildung 28 (Spültisch Küche) und Abbildung 29 (Waschtisch Bad) zeigen erneut, welchen Anteil des WW-Verbrauchs einer Eco-Armatur durch kWW-kL verursacht wird. Diesmal werden die verschiedenen Nutzerkategorien miteinander verglichen. Die entsprechenden statistischen Kennwerte sind in Tabelle 14 und Tabelle 15 zu finden.

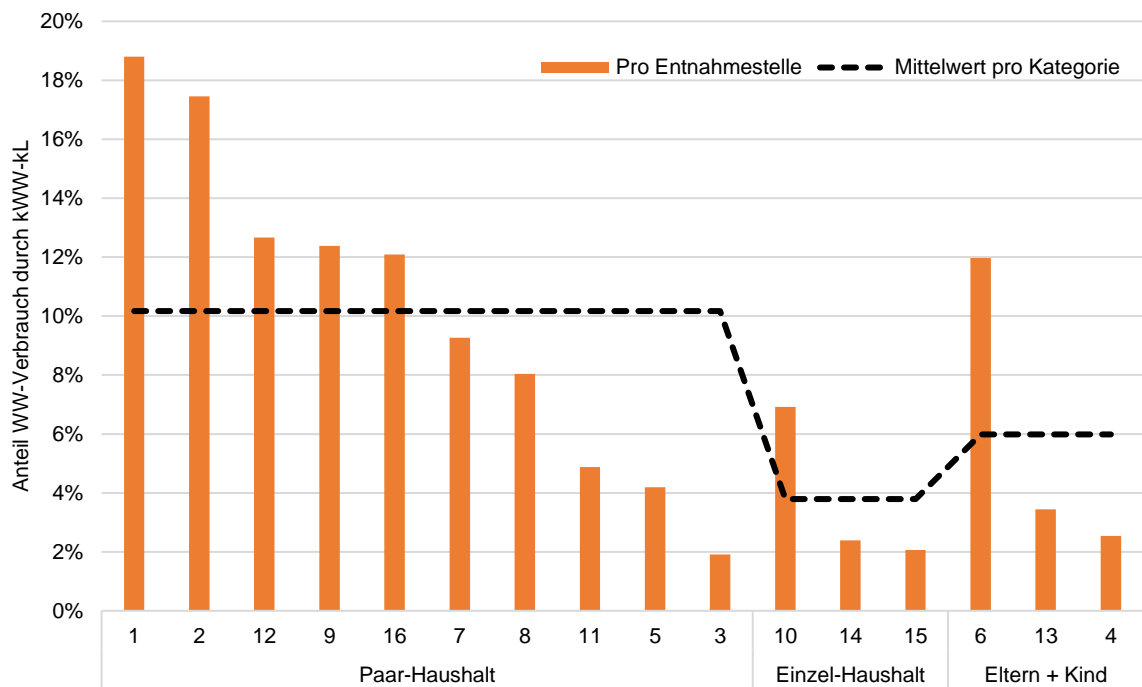


Abbildung 28: WW-Verbrauch durch kWW-kL bei Spültischen (Küche), gruppiert nach Nutzerkategorie

Tabelle 14: WW-Verbrauch durch kWW-kL (Anteil am gesamten WW-Verbrauch einer Eco-Armatur) bei Spültischen (Küche), gruppiert nach Nutzerkategorie

Nutzerkategorie	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Paar-Haushalt	2 %	19 %	11 %	10 %	5 %
Einzel-Haushalt	2 %	7 %	2 %	4 %	2 %
Eltern + Kind	3 %	12 %	3 %	6 %	4 %

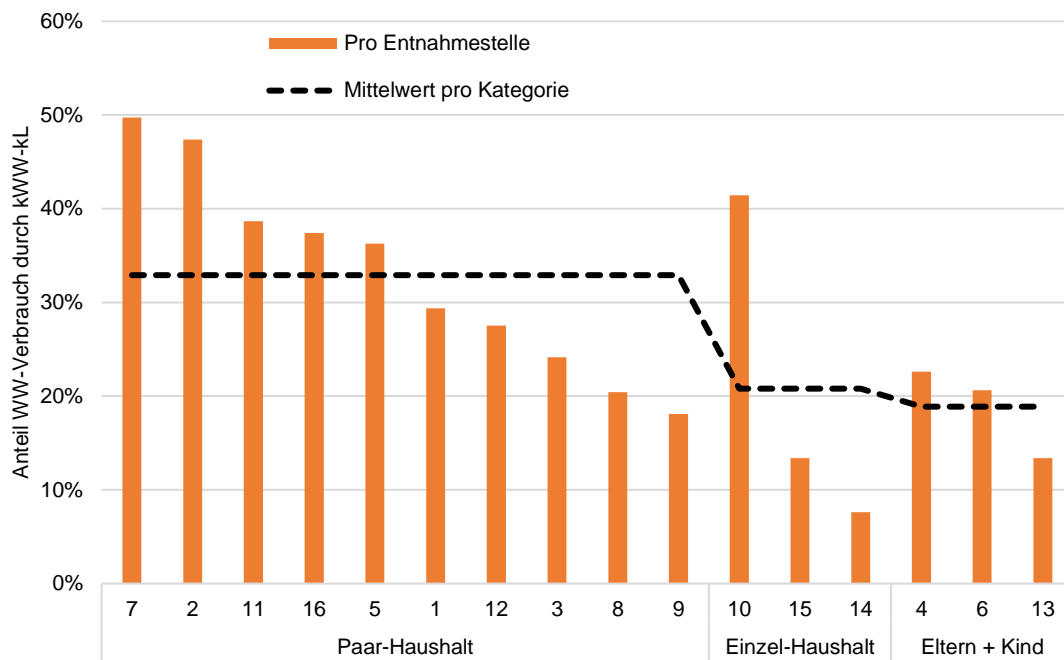


Abbildung 29: WW-Verbrauch durch kWW-kL bei Waschtischen (Bad), gruppiert nach Nutzerkategorie

Tabelle 15: WW-Verbrauch durch kWW-kL (Anteil am gesamten WW-Verbrauch einer Eco-Armatur) bei Waschtischen (Bad), gruppiert nach Nutzerkategorie

Nutzerkategorie	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Paar-Haushalt	2 %	19 %	11 %	10 %	5 %
Einzel-Haushalt	2 %	7 %	2 %	4 %	2 %
Eltern + Kind	3 %	12 %	3 %	6 %	4 %

Abbildung 30 (Spültisch Küche) und Abbildung 31 (Waschtisch Bad) zeigen erneut, welchen Anteil des WW-Verbrauchs einer Eco-Armatur durch kWW-kL verursacht wird. Diesmal werden die Bewohner nach Sparsamkeit (selbsteingeschätzter Umgang mit Wasser) gruppiert und miteinander verglichen. Die entsprechenden statistischen Kennwerte sind in Tabelle 16 und Tabelle 17 zu finden.

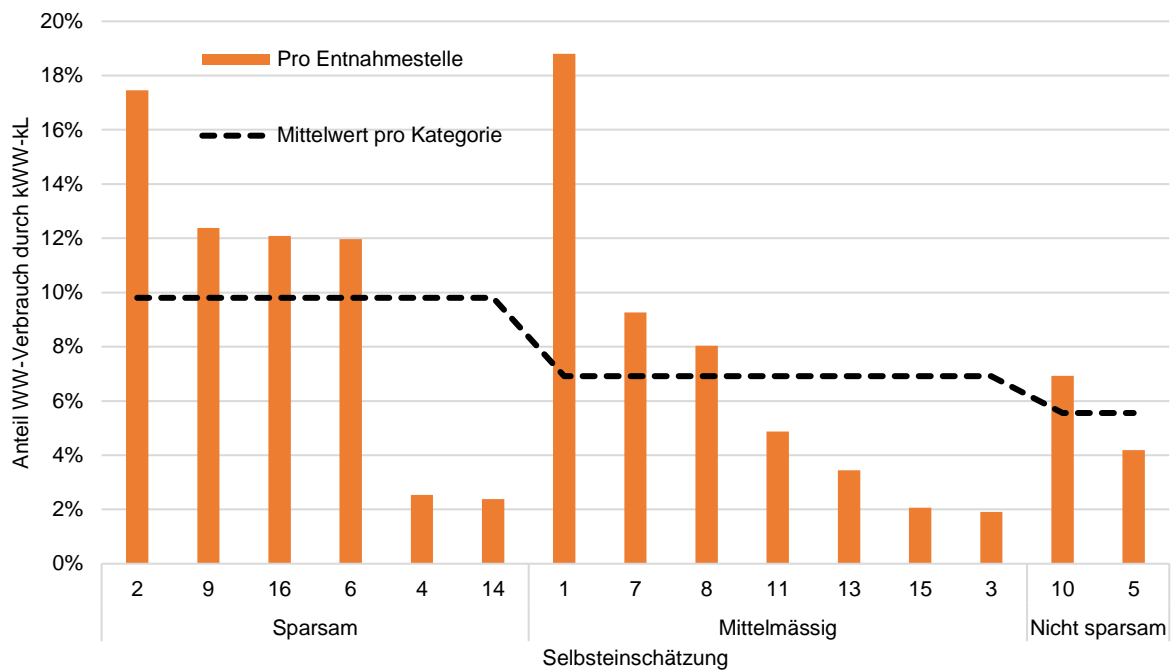


Abbildung 30: WW-Verbrauch durch kWW-kL bei Spültischen (Küche), gruppiert nach subjektiver Sparsamkeit

Tabelle 16: WW-Verbrauch durch kWW-kL (Anteil am gesamten WW-Verbrauch einer Eco-Armatur) bei Spültischen (Küche), gruppiert nach subjektiver Sparsamkeit

Nutzerkategorie	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Sparsam	2 %	17 %	12 %	10 %	6 %
Mittelmässig	2 %	19 %	5 %	7 %	6 %
Nicht sparsam	4 %	7 %	6 %	6 %	1 %

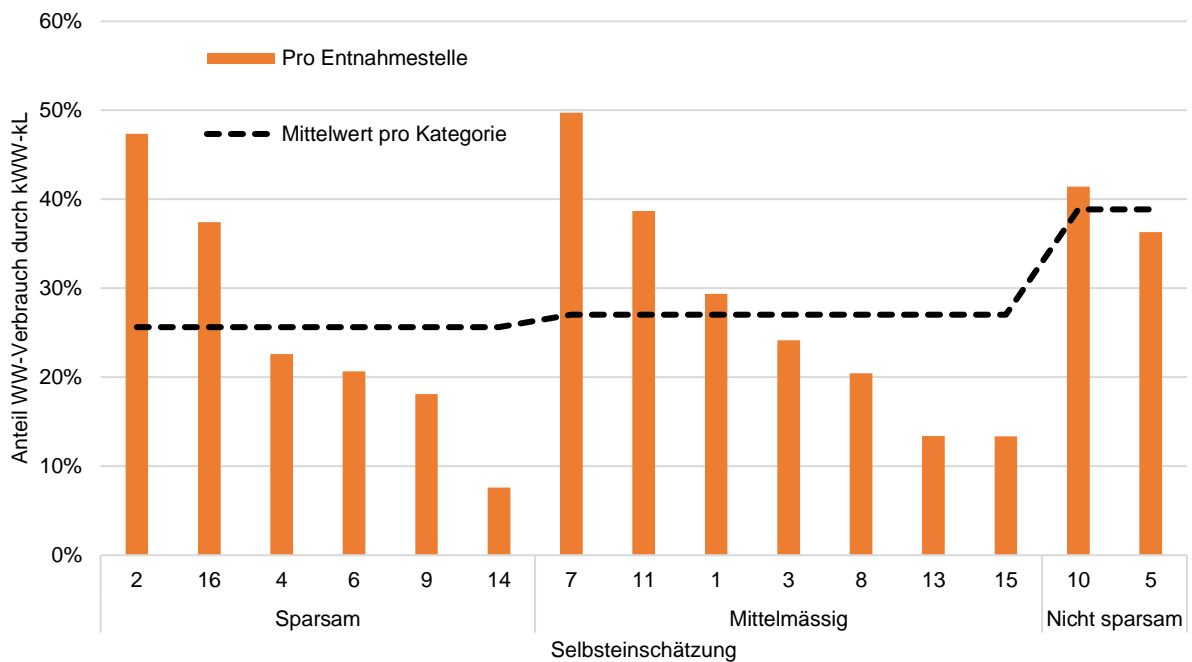


Abbildung 31: WW-Verbrauch durch kWW-kL bei Waschtischen (Bad), gruppiert nach subjektiver Sparsamkeit

Tabelle 17: WW-Verbrauch durch kWW-kL (Anteil am gesamten WW-Verbrauch einer Eco-Armatur) bei Waschtischen (Bad), gruppiert nach subjektiver Sparsamkeit

Nutzerkategorie	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung
Sparsam	8 %	47 %	22 %	26 %	13 %
Mittelmässig	13 %	50 %	24 %	27 %	12 %
Nicht sparsam	36 %	41 %	39 %	39 %	3 %

11.6 Vermeidung von kWW-kL durch die Funktion «Mittelstellung kalt»

Abbildung 32 (Spültisch Küche) und Abbildung 33 (Waschtisch Bad) zeigen den Anteil WW, welcher mittels Eco-Armatur eingespart werden konnte, wobei die Entnahmestellen (bzw. Eco-Armaturen) nach Armaturenmarke gruppiert sind. Die relativen WW-Einsparungen in Prozent beziehen sich immer auf die jeweilige Entnahmestelle und nicht auf den totalen WW-Verbrauch einer Wohnung.

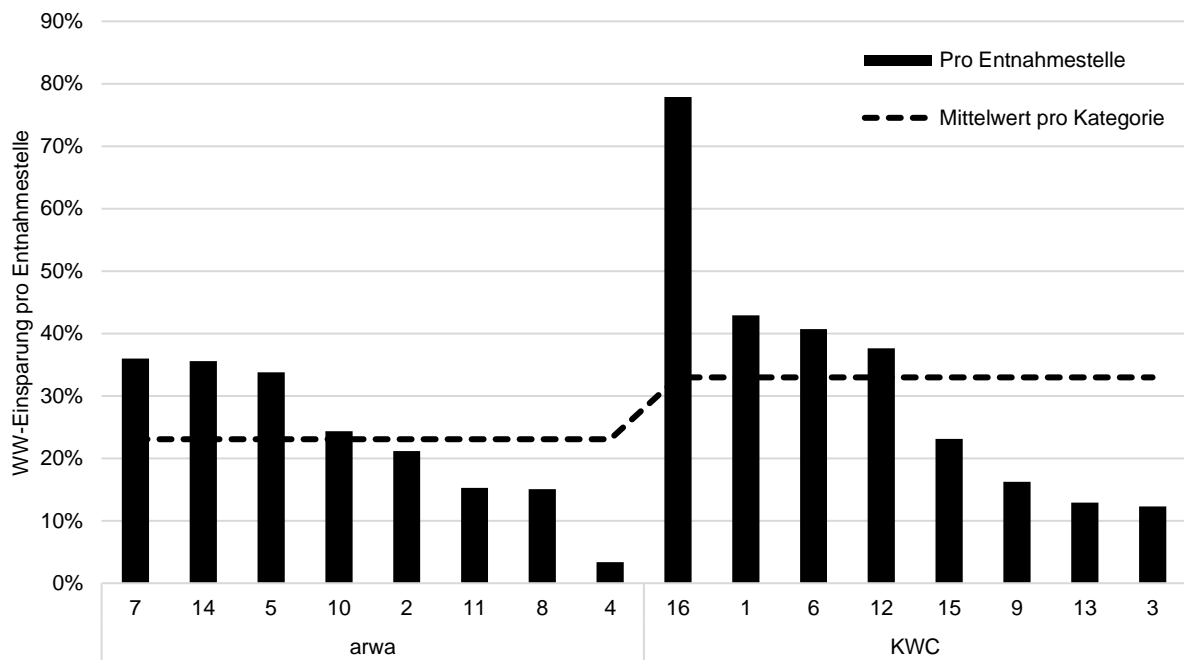


Abbildung 32: Anteil an WW, der durch Eco-Armatur beim Spültisch (Küche) eingespart wird, gruppiert nach Armaturenmarke

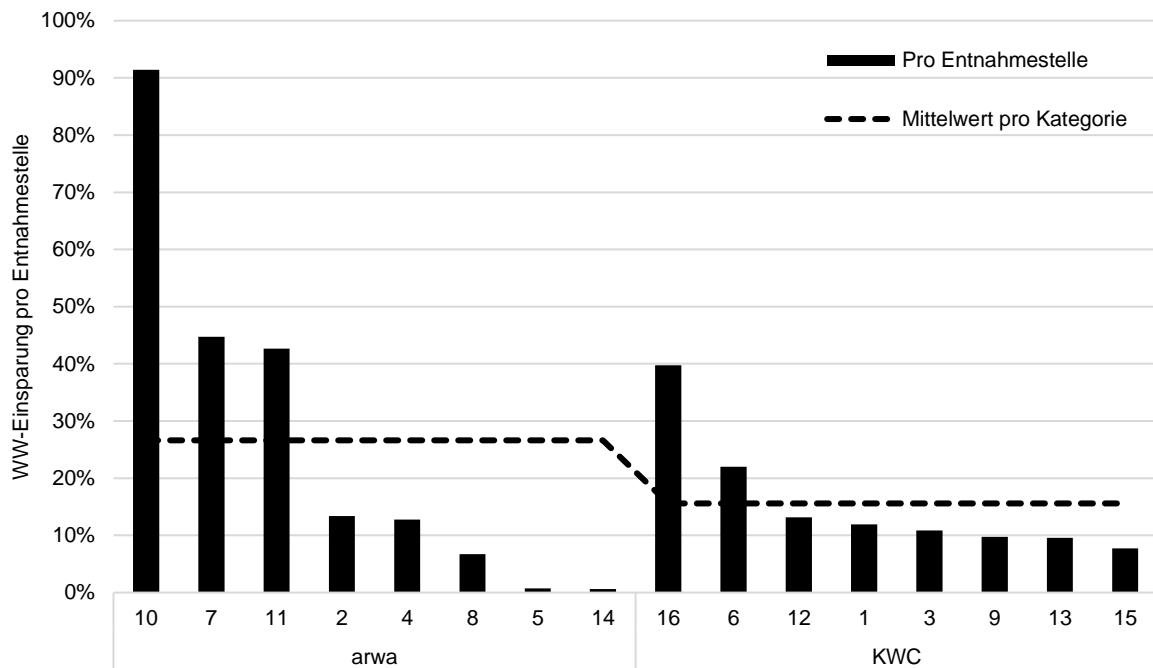


Abbildung 33: Anteil an WW, der durch Eco-Armatur beim Waschtisch (Bad) eingespart wird, gruppiert nach Armaturenmarke

Abbildung 34 (Spültisch Küche) und Abbildung 35 (Waschtisch Bad) zeigen den Anteil WW, welcher mittels Eco-Armatur mit der Funktion «Mittelstellung kalt» eingespart werden konnte, wobei die Entnahmestellen (bzw. Eco-Armaturen) nach Nutzerkategorie gruppiert sind.

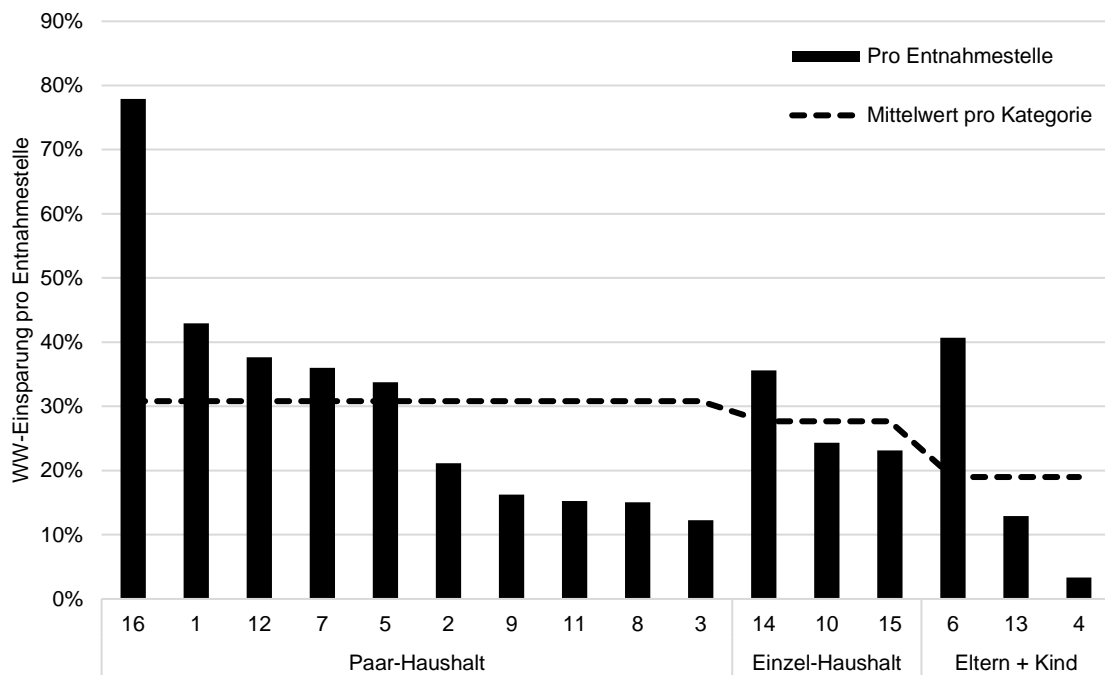


Abbildung 34: Anteil an WW, der durch Eco-Armatur beim Spültisch (Küche) eingespart wird, gruppiert nach Nutzerkategorie

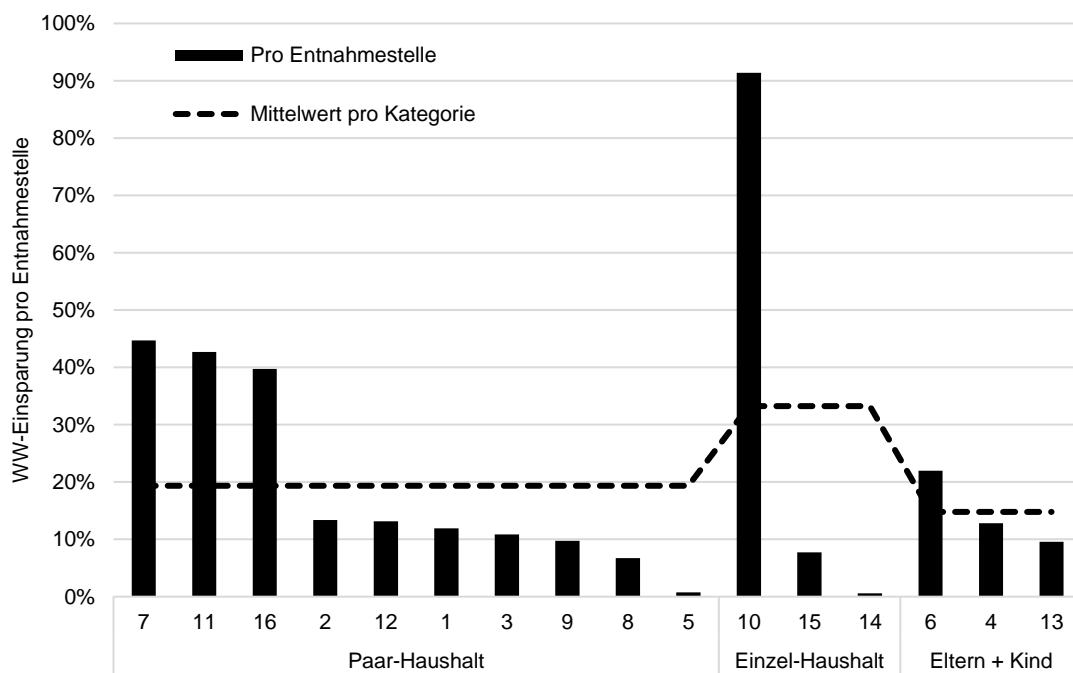


Abbildung 35: Anteil an WW, der durch Eco-Armatur beim Waschtisch (Bad) eingespart wird, gruppiert nach Nutzerkategorie

(Spültisch Küche) und (Waschtisch Bad) zeigen den Anteil WW, welcher mittels Eco-Armatur mit der Funktion «Mittelstellung kalt» eingespart werden konnte, wobei die Entnahmestellen (bzw. Eco-Armaturen) nach selbsteingeschätzter Sparsamkeit gruppiert sind.

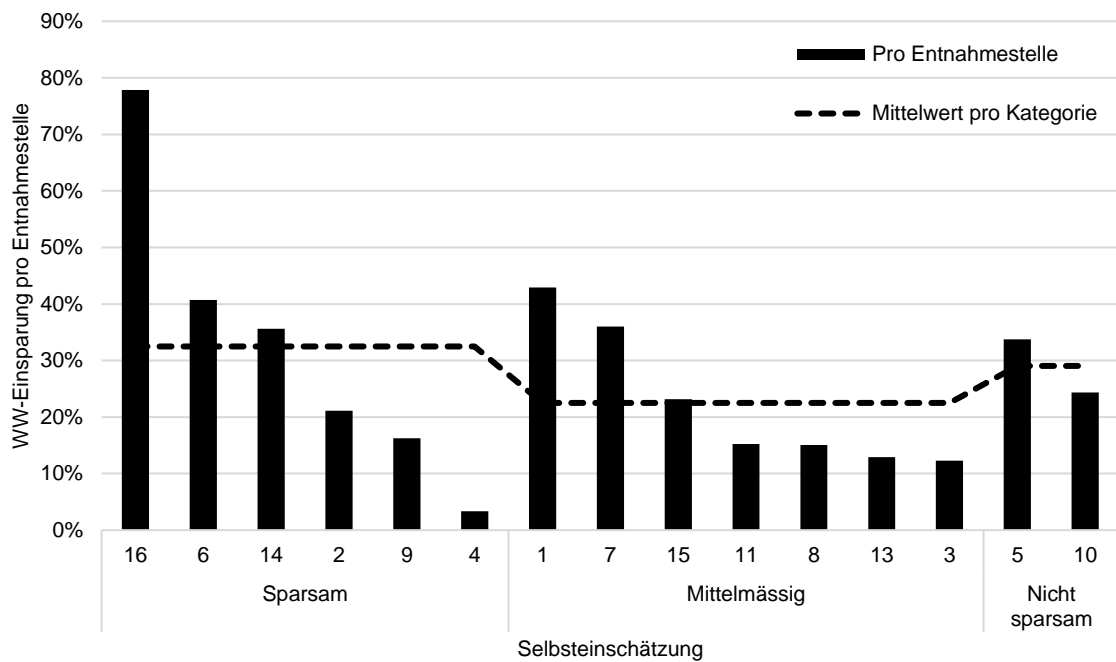


Abbildung 36: Anteil an WW, der durch Eco-Armatur beim Spültisch (Küche) eingespart wird, gruppiert nach subjektiver Sparsamkeit

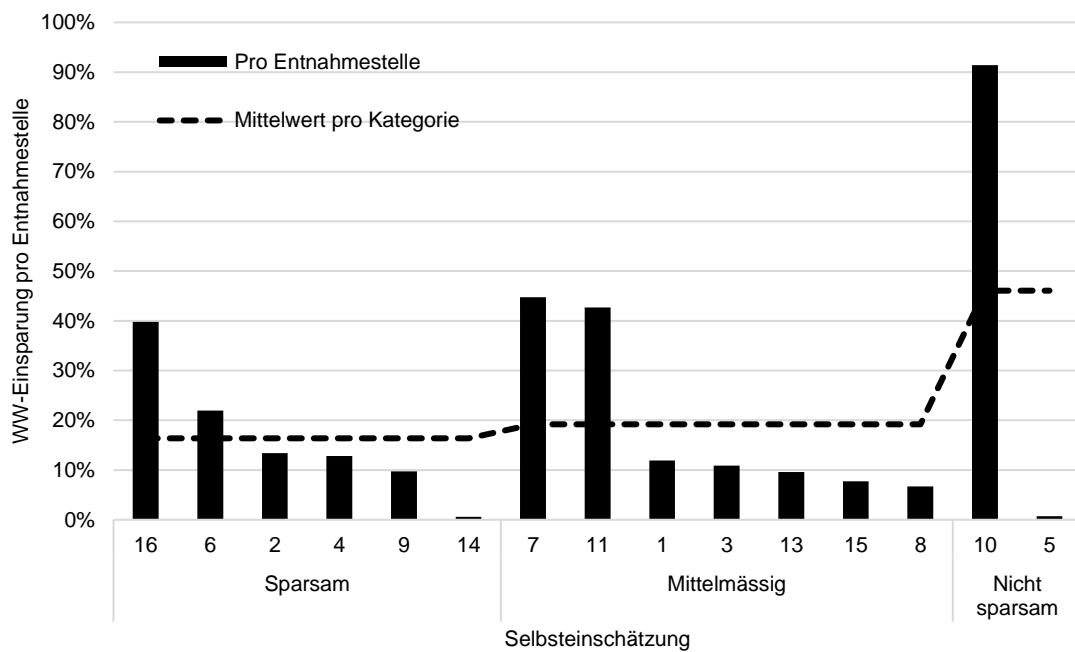


Abbildung 37: Anteil an WW, der durch Eco-Armatur beim Waschtisch (Bad) eingespart wird, gruppiert nach subjektiver Sparsamkeit