

Bewertung des langfristigen Einsparpotenzials durch Smart Meter und begleitende Energieberatung in Haushalten

Michael Hinterstocker, Serafin von Roon

Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft, Am Blütenanger 71, 80995 München,
+49 89 158121 53, mhinterstocker@ffe.de, ffegmbh.de

Kurzfassung: In einem Smart-Metering-Pilotprojekt eines österreichischen Energieversorgers wird seit Anfang 2011 der zeitaufgelöste Energieverbrauch Haushalten im Netzgebiet aufgezeichnet. Dabei werden jeweils Gruppen mit verschiedenen Beratungsinstrumenten unterschieden, um die Auswirkungen des Einsatzes von Smart Metern und automatisierter oder individueller Energieberatung auf erreichte Einsparungen zu analysieren. Es wurde festgestellt, dass nur durch Installation von Smart Metern keine Einsparungen erreicht werden, in Verbindung mit begleitenden Beratungsmaßnahmen aber im Mittel eine deutliche Reduktion des Energieverbrauchs auftritt.

Keywords: Smart Metering, Energieeinsparung, Energieberatung

1 Einleitung

Seit 2011 werden in einem Pilotprojekt eines österreichischen Energieversorgers intelligente Stromzähler, so genannte Smart Meter, erprobt. Dazu wurden diese bei anfangs etwa 500 Haushalten im Netzgebiet installiert. Ziel des Projektes war neben dem Test der technischen Umsetzung die Analyse der Effekte verschiedener begleitender Beratungsinstrumente und deren Eignung zur Reduktion des Energieverbrauchs von Haushaltskunden.

In [1, 2] konnte bereits gezeigt werden, dass zusätzliche Beratungsinstrumente zum Smart Meter zu Verbrauchsminderungen führen können. Im Rahmen dieser Untersuchung wird nun überprüft, wie nachhaltig diese Zusatzeffekte sind und wie sensibel die Ergebnisse auf die Gruppenzusammensetzung reagieren.

Dazu werden Jahresverbräuche der betrachteten Kunden über insgesamt vier Jahre seit Installation der Smart Meter ausgewertet und die Einsparungen im Vergleich zu den Verbräuchen in den beiden Jahren zuvor (2009 und 2010), welche als Referenzzeitraum herangezogen werden, berechnet. Die Unterteilung in drei Gruppen mit unterschiedlichen Feedback- und Beratungsinstrumenten erlaubt eine differenzierte Bewertung der Wirksamkeit.

Um Einsparungen durch Smart Metering sowie begleitende Beratung von allgemeinen Effizienzgewinnen im Haushaltsbereich zu unterscheiden, wird zusätzlich eine Vergleichsgruppe ohne Smart Meter betrachtet. Deren Verbrauchsänderungen im Vergleich zum gleichen Referenzzeitraum dienen als Vergleichswert zur Bewertung zusätzlicher

Einsparungen. Die Einsparungen werden gemittelt über die jeweils betrachtete Gruppe berechnet.

2 Methodik

2.1 Kundengruppen und Feedbackinstrumente

Zur Durchführung des Projekts mit dem Ziel der Bewertung des Einsparpotenzials durch Smart Meter mit begleitenden Feedbackinstrumenten wurden im Jahr 2010 500 geeignete Kunden im betrachteten Netzgebiet ausgewählt. Diese wurden in den folgenden Monaten mit Smart Metern ausgestattet, so dass ab April 2011 annähernd vollständige Daten vorliegen. Die Verbrauchswerte werden in Viertelstundenintervallen aufgezeichnet und erlauben damit eine zeitlich hoch aufgelöste Auswertung des individuellen Kundenverhaltens, das von den angebotenen Feedback- und Beratungsinstrumenten beeinflusst wird.

Die eingesetzten Instrumente sind im Einzelnen:

- **Darstellung des sekundengenauen Verbrauchs für den Kunden:**
Erfasste Daten in Sekundenauflösung werden nicht übertragen, stehen aber dem Kunden haushaltsintern zur Verfügung und können genutzt werden, um den Leistungsverlauf einzelner Geräte zu überwachen oder um z. B. den Standbyverbrauch zu identifizieren.
- **Webplattform zur Überwachung des Verbrauchs:**
Auf Basis der erhobenen viertelstündlichen Daten werden verschiedene Auswertungen automatisch generiert, die den Verbrauch sowohl energetisch als auch finanziell bewertet darstellen. Dies ermöglicht den Vergleich zwischen Monaten oder Jahren und damit die Bewertung erfolgter Einsparungen.
- **Monatliche Stromrechnung:**
Durch monatliche Abrechnung der Strombezugskosten im Gegensatz zum üblichen jährlichen Intervall erhält der Kunde schneller ein Feedback zu seinem Verbrauch und gegebenenfalls Veränderungen dessen.
- **Monatlicher Energiebericht:**
Der Kunde erhält monatlich eine Auswertung des eigenen Energieverbrauchs zugesandt, der neben einer tagesscharfen Auswertung auch einen Vergleich mit vorangegangenen Monaten enthält und damit dem Kunden erlaubt, seine Verbrauchsentwicklung besser einzuschätzen.
- **Individuelle persönliche Energieberatung:**
Auf Basis der erhobenen Smart-Meter-Daten sowie der individuell vorhandenen Ausstattung im Haushalt werden durch einen Energieberater verschiedene Maßnahmen erarbeitet, die den Kunden beim Energiesparen unterstützen.

Zur Unterscheidung des Einflusses dieser Instrumente werden die Smart-Meter-Kunden in drei Gruppen eingeteilt, bezeichnet mit S1, S2 und S3. Diesen werden in Tabelle 1 die genannten Feedbackinstrumente zugeordnet.

Tabelle 1: Zuordnung der Feedbackinstrumente zu den betrachteten Kundengruppen

Jahr	S1	S2	S3
Darstellung des sekundengenauen Verbrauchs für den Kunden	X	X	X
Webplattform zur Überwachung des Verbrauchs	X	X	X
Monatliche Stromrechnung	X	X	X
Monatlicher Energiebericht		X	X
Individuelle persönliche Energieberatung			X

Um Einsparungen durch Smart Metering von allgemein vorhandenen Effizienzgewinnen oder Witterungseinflüssen unterscheiden zu können, werden zusätzlich eine Vergleichsgruppe V ohne installierte Smart Meter betrachtet. Die Kunden dieser Gruppe bekommen wie üblich eine jährliche Rechnung und werden auch nicht über die Auswertung ihres Verbrauchs informiert. Diese haben also keinerlei Anreiz durch das Projekt, ihr Verbrauchsverhalten anzupassen, und dienen damit als Vergleichsmaßstab, um die beobachteten Einsparungen der anderen Gruppen bewerten zu können.

2.2 Berechnung der Verbrauchsveränderungen

Der Smart-Meter-Rollout der teilnehmenden Kunden war im April 2011 zu über 95 % abgeschlossen. Aus diesem Grund wird der Auswertzeitraum auf April bis März festgelegt. Dieser Zeitraum liegt für die Jahre 2011/12 bis 2014/15 vor, es können also die Verbrauchsveränderungen von vier Jahren ausgewiesen werden.

Als Referenzzeitraum zur Berechnung der Verbrauchsänderungen werden die beiden Jahre 2009 und 2010 genutzt. Um mögliche Witterungseinflüsse und Besonderheiten im Nutzerverhalten (Urlaubszeiten) auszugleichen, wird der Mittelwert des Verbrauchs aus diesen beiden Jahren gebildet. Falls der Verbrauch im ersten Auswertungszeitraum 2011/12 zu stark von einem der beiden Jahre abweicht, wird dieses nicht berücksichtigt. Als Grenze hierfür wird eine relative Abweichung von 30 % angesetzt. Größere Verbrauchsänderungen sind typischerweise nicht durch Änderungen im Verhalten oder im Gerätepark der Verbraucher zu erklären, sondern meistens durch deutliche Variation der Anwesenheitszeiten oder durch Veränderung der Personenanzahl im Haushalt.

Dieselbe Grenze gilt auch für Abweichungen zwischen jeweils zwei Jahren des Auswertungszeitraums. Weicht der Verbrauch eines Jahres um mehr als 30 % nach oben oder unten vom Verbrauch des Vorjahres ab, wird angenommen, dass eine gravierende Veränderung der Haushaltsstruktur wie beispielsweise eine Veränderung der Personenanzahl stattgefunden hat. Dieser Haushalt wird deshalb aus der Auswertung ausgeschlossen. Dieses Kriterium ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

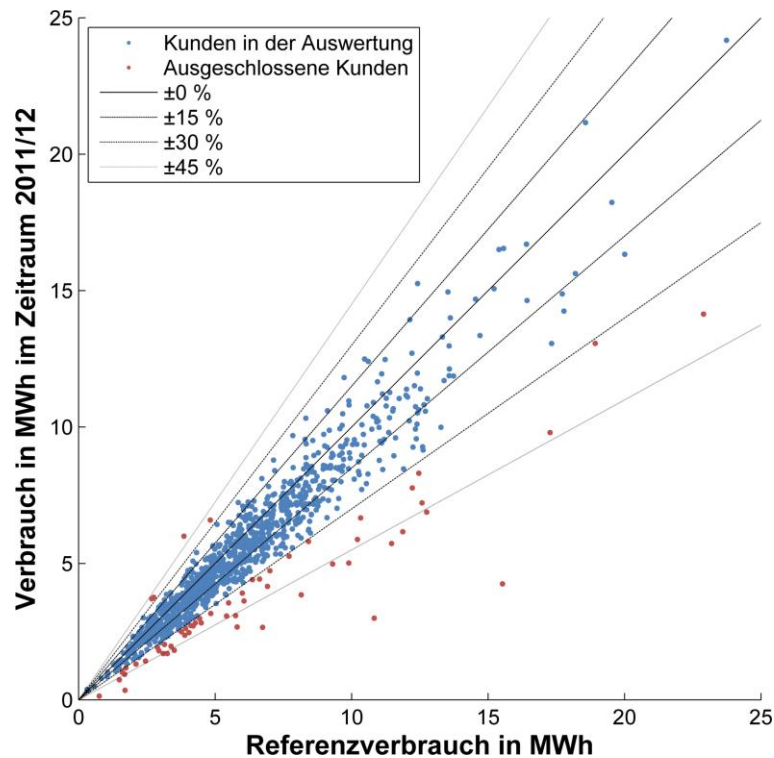


Abbildung 1: Ausschluss von Kunden bei Abweichungen über 30 % zum Vorjahr

Kunden, die während des Auswertungszeitraums ihre Teilnahme am Projekt beendeten oder umzogen, werden ebenfalls für die gesamte Auswertung ausgeschlossen. Ein weiteres Ausschlusskriterium sind unvollständige Daten über den Auswertungszeitraum.

Sind nach den genannten Kriterien die zu berücksichtigenden Kunden identifiziert, werden pro Kunde und Jahr die Einsparungen relativ zum Referenzzeitraum berechnet. Diese relativen Einsparungen werden anschließend pro Gruppe und Jahr über alle Kunden der betreffenden Gruppe gemittelt. Durch diese relative Betrachtung werden alle Kunden unabhängig von der absoluten Höhe des Verbrauchs gleich gewichtet.

Zur Quantifizierung des Einflusses einzelner Kunden auf das gemittelte Ergebnis werden zufällig Kunden, welche obigen Kriterien genügen, aus der Auswertung entfernt und die gemittelten Einsparungen der so reduzierten Gruppe berechnet.

2.3 Analyse des Lastverlaufs

Die Aufzeichnung der Verbrauchsdaten in Viertelstundenintervallen ermöglicht über die Analyse der Verbrauchsveränderungen hinaus auch die Berechnung gemittelter Lastprofile. Dabei wird die Typtageeinteilung der bisher verwendeten Standardlastprofile mit neun Typtagen für Werktag, Samstag und Sonntag in den drei Jahreszeiten Winter, Übergang und Sommer beibehalten. Bei der Berechnung der Profile wird der Lastverlauf jedes Kunden auf einen Jahresverbrauch von 1 MWh normiert und anschließend der Verbrauch aller dem entsprechenden Typtag zugeordneten Tage aller Kunden gemittelt.

Diese Analyse erlaubt den direkten Vergleich mit den für Prognose und Abrechnung verwendeten Standardlastprofilen sowie die Bewertung möglicher Unterschiede im mittleren Lastverlauf zwischen den betrachteten Jahren.

3 Ergebnisse

3.1 Einsparungen

Bei Berechnung der relativen Einsparungen zum Referenzzeitraum nach dem beschriebenen Verfahren ergeben sich die Werte in Tabelle 2. Die angegebenen Zeiträume beziehen sich dabei wie erläutert jeweils auf die Monate April bis März.

Tabelle 2: Relative Energieeinsparungen der betrachteten Gruppen zum Referenzzeitraum

Jahr	S1	S2	S3	V
2011/12	3,8 %	6,0 %	9,9 %	3,8 %
2012/13	3,4 %	7,4 %	11,6 %	6,8 %
2013/14	4,5 %	10,5 %	12,2 %	7,7 %
2014/15	6,5 %	13,9 %	14,4 %	6,9 %

Abbildung 2 zeigt diese Werte grafisch, ergänzt um das jeweilige Konfidenzintervall mit Konfidenzniveau 95 %, welches durch Balken dargestellt wird. Dies ist ein Maß für die Genauigkeit des auf Basis einer vorliegenden Stichprobe geschätzten Mittelwerts und bedeutet, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % der wahre Mittelwert innerhalb des Intervalls liegt.

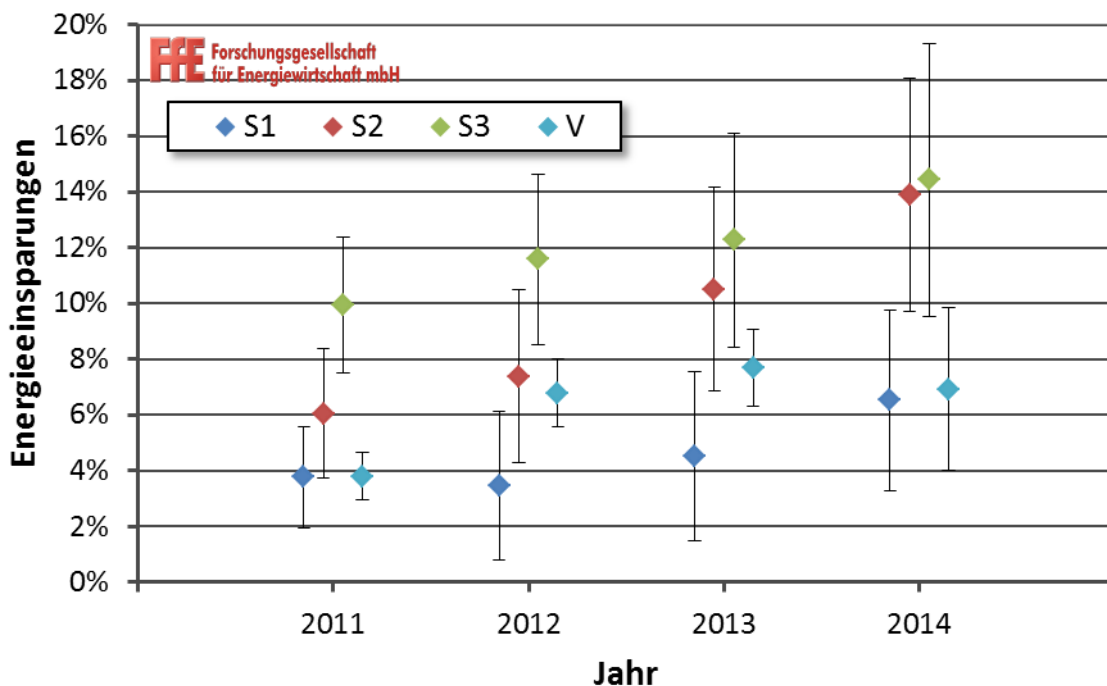


Abbildung 2: Relative Energieeinsparungen der betrachteten Gruppen zum Referenzzeitraum

Die berechneten Einsparungen zeigen, dass sich Einsparungen der Gruppe S1 kaum von denen der Vergleichsgruppe V unterscheiden. Die Installation von Smart Metern in Verbindung mit der Möglichkeit zur Verbrauchskontrolle ohne zusätzliche Beratung bringt also keine zusätzlichen Einsparungen.

Die Gruppen S2 und S3 weisen deutlich höhere Einsparungen als die Vergleichsgruppe auf, welche im vierjährigen Auswertungszeitraum weiter ansteigen. Auch die dargestellten

Konfidenzintervalle überschneiden sich kaum. Dies zeigt, dass durch den angebotenen monatlichen Energiebericht und im Fall von S3 durch die individuelle Energieberatung der Energieverbrauch der betrachteten Haushalte deutlich reduziert werden kann.

Auffallend ist zudem, dass die hohen Zusatzeinsparungen der Gruppe S2 und S3 im ersten Jahr nach Installation der Smart Meter in den folgenden Jahren kontinuierlich ausgebaut werden konnten. Die Einsparungen sind somit keine Vorwegnahme von Einsparungen, die andere Kunden ebenfalls machen, wie z. B. durch Austausch von ineffizienten Haushaltsgeräten. In den Gruppen S1 und V sind Verbrauchsänderungen in beide Richtungen über den Auswertzeitraum zu beobachten.

Die den Auswertung zu Grunde liegenden Gruppengrößen sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Abweichungen zu den ursprünglich 500 installierten Smart Metern ergeben sich aus den erläuterten Ausschlusskriterien. In [1, 2] wurden ebenfalls bereits Kunden aus den genannten Gründen für die Auswertung ausgeschlossen.

Tabelle 3: Anzahl der Kunden je betrachteter Kundengruppe

Auswertung	S1	S2	S3	V
Aktuell	128	75	68	478
2012	170	98	92	605

3.2 Gruppenauswahl

Im Vergleich zu den in Tabelle 4 dargestellten und bereits 2012 publizierten Ergebnissen des ersten Auswertungsjahres [1, 2] ergeben sich hier abweichende Werte im selben Zeitraum. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einzelne Kunden gemäß den genannten Kriterien aus der Auswertung ausgeschlossen wurden, welche zuvor noch berücksichtigt wurden. Aus diesem Grund wird im Folgenden der Einfluss einzelner Kunden auf das gemittelte Ergebnis der Smart-Meter-Gruppen untersucht.

Tabelle 4: Relative Energieeinsparungen des Jahres 2011/12 gemäß Auswertung 2012

Auswertung	S1	S2	S3	V
Aktuell	3,8 %	6,0 %	9,9 %	3,8 %
2012	3,7 %	5,8 %	8,4 %	2,8 %

Entfernt man aus jeder Gruppe den Kunden mit der über alle vier Jahre gemittelten niedrigsten bzw. höchsten Einsparung, ergeben sich die in Tabelle 5 dargestellten mittleren Werte der Gruppen. Beim Vergleich mit Tabelle 2 zeigt sich hier, dass trotz der Mittelung über eine große Anzahl Kunden der Einfluss eines Einzelnen deutlich erkennbar bleibt. Dies ergibt sich aus den sehr großen Schwankungen in den Energieverbräuchen der Einzelkunden.

Tabelle 5: Relative Energieeinsparungen bei Nichtberücksichtigung von Extremkunden

Jahr	Alle Kunden			Minimum entfernt			Maximum entfernt		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
2011/12	3,8 %	6,0 %	9,9 %	3,9 %	6,2 %	10,3 %	3,6 %	5,8 %	9,7 %
2012/13	3,4 %	7,4 %	11,6 %	3,7 %	7,8 %	12,1 %	3,1 %	6,9 %	11,2 %
2013/14	4,5 %	10,5 %	12,2 %	5,0 %	11,0 %	13,2 %	4,2 %	9,9 %	11,9 %
2014/15	6,5 %	13,9 %	14,4 %	7,1 %	14,3 %	15,4 %	6,2 %	13,2 %	14,0 %

Diese Betrachtung zeigt den Extremfall bei Entfernung eines einzelnen Kunden aus der Auswertung. Bei erneuter Auswertung der Einsparungen für die betrachteten Jahre auf Basis einer leicht veränderten Gruppenzusammensetzung, beispielsweise bei Vorliegen eines weiteren Jahres und damit Vorliegen weiterer Ausschlussgründe wie Ausstieg aus dem Projekt oder zu starke Abweichungen zum Vorjahr, können sich ebenfalls abweichende Einsparungen ergeben. Auch die Annahme einer abweichenden ursprünglichen Kundenauswahl führt zu anderen Ergebnissen. Um dies zu untersuchen, werden zufällig 10 % der Kunden jeder Gruppe entfernt und die resultierenden Einsparungen berechnet. Die bei Wiederholung dieser Zufallsauswahl entstehende Standardabweichung vom Mittelwert kann als Maß dafür gesehen werden, welchen Einfluss eine veränderte Gruppenzusammensetzung, die aus den genannten Gründen entstehen kann, auf das Ergebnis hat. Diese Standardabweichung ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Standardabweichung bei zufälliger Nichtberücksichtigung von 10 % der Kunden

Jahr	S1	S2	S3
2011/12	0,3 %	0,4 %	0,4 %
2012/13	0,5 %	0,5 %	0,5 %
2013/14	0,5 %	0,6 %	0,7 %
2014/15	0,5 %	0,7 %	0,8 %

Das Ergebnis zeigt, dass bereits bei geringer zufälliger Veränderung der Gruppenzusammensetzung die berechneten Einsparungen bis zu 0,8 Prozentpunkte abweichen können. Die Unterschiede in den Verbrauchsveränderungen müssen also sehr deutlich erkennbar sein, bevor man generelle Aussagen über die Wirkung der Beratungsinstrumente aus der Untersuchung ableitet. Die zuvor getroffenen abgeleiteten Rückschlüsse haben trotz dieser Einschränkung weiterhin Bestand. Die zusätzlichen Einsparungen der S2- und S3-Gruppen liegen deutlich über den in Tabelle 5 ausgewiesenen Standardabweichungen.

3.3 Lastprofile

Abbildung 3 zeigt nach dem erläuterten Modell berechnete mittlere Lastprofile der teilnehmenden Kunden. Dabei wird ein Profil basierend auf den Daten des Zeitraums 2011 bis 2014 einem weiteren Profil gegenübergestellt, welches nur Daten des Jahres 2014 berücksichtigt. Zum Vergleich ist das Standardlastprofil H0 abgebildet.

Hier ist deutlich zu erkennen, dass die Abweichungen zwischen dem Lastprofil 2014 und dem Lastprofil über vier Jahre sehr gering sind. Das Verbrauchsverhalten ändert sich als im

Betrachtungszeitraum kaum, obwohl eine Reduktion des Energieverbrauchs beobachtet werden konnte. Gemäß dieser Beobachtung kann die Energieverbrauchsreduktion also näherungsweise als Skalierung des Verlaufs betrachtet werden, was bedeutet, dass Effizienzgewinne gemittelt über eine größere Anzahl von Kunden annähernd gleichmäßig verteilt auftreten.

Der Vergleich mit dem Standardlastprofil H0 zeigt, dass das mittlere Verhalten der betrachteten Kunden deutlich davon abweicht. Unter der Annahme, dass der Lastverlauf der am Projekt teilnehmenden Kunden repräsentativ für das betrachtete Netzgebiet ist, lässt sich also die Empfehlung ableiten, neue Standardlastprofile zu berechnen und anzuwenden. Auf Basis der vorliegenden Daten ergibt sich eine Reduktion der Abweichungen des summierten Lastverlaufs vom Profil um etwa $\frac{2}{3}$ im Vergleich zum Standardlastprofil, wenn ein aus drei Jahren berechnetes Profil auf das folgende Jahr angewandt wird.

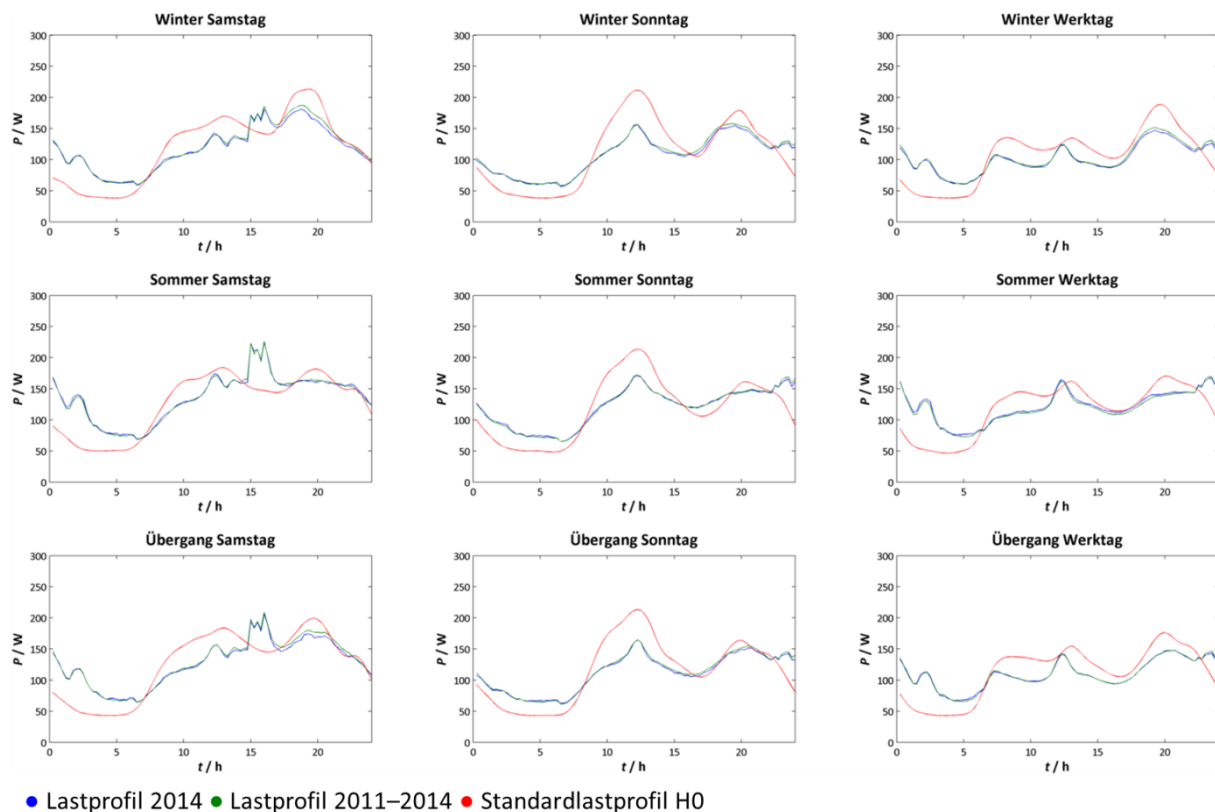


Abbildung 3: Vergleich der berechneten Lastprofile mit dem Standardlastprofil H0

4 Diskussion

Die Auswertung der Energieverbräuche der betrachteten Kundengruppen zeigt, dass rein durch Installation von Smart Metern und einfachen Feedback-Instrumenten keine zusätzlichen Einsparungen erreicht werden. Dies kann daraus geschlossen werden, dass die Einsparungen der Smart-Meter-Gruppe S1 ohne zusätzliche Beratung über alle vier betrachteten Jahre etwa auf dem Niveau der Vergleichsgruppe liegt. Ein Smart-Meter-Rollout ohne zusätzliche Beratungsinstrumente kann also gemäß diesen Ergebnissen nicht als nachhaltige Energieeffizienzmaßnahme betrachtet werden.

Dies ändert sich durch die Erstellung des monatlichen Energieberichts in der Gruppe S2. Diese und auch die Gruppe S3, welche zusätzlich eine individuelle Energieberatung beinhaltet, weisen über den gesamten Auswertungszeitraum deutlich höhere Einsparungen als die Vergleichsgruppe und kontinuierliche Steigerungen auf. Die durch diese Maßnahmen entstandene Verbrauchsreduktion kann also als nachhaltig betrachtet werden.

Die Berechnung der Einsparungen einer leicht veränderten Gruppenzusammensetzung zeigt, dass die Ergebnisse sehr sensitiv gegenüber Veränderungen der Gruppe sind. Die geeignete Auswahl der betrachteten Kunden ist also essenziell für aussagekräftige Ergebnisse einer solchen Untersuchung, weil einzelne Ausreißer bereits einen starken Einfluss auf die berechneten Einsparungen haben können.

Auch aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die Auswertung des Verbrauchsverhaltens der betrachteten Gruppe in den folgenden Jahren fortzusetzen und so die Belastbarkeit der gewonnenen Ergebnisse nach Möglichkeit weiter zu erhöhen.

5 Quellen

- [1] Anna Gruber; Serafin von Roon; Marco Schwentzek; Johannes Frei; Martin Schönach: Energy Saving Potentials of Private Electricity Consumption by Feedback and Consulting. 12th IAEE European Energy Conference, Venedig, 2012
- [2] Serafin von Roon, Anna Gruber, Tim Buber, Johannes Frei, Martin Schönach: Smart Meter Pilotprojekt SM500 – Einsparpotenziale, Nachhaltigkeit, energiewirtschaftlicher Nutzen. Internationale Energiewirtschaftstagung, Wien, 2013