

Smart Home – Energieverbrauch und Einsparpotenzial der intelligenten Geräte

Freiburg/Berlin,
14.11.2019

Autorinnen und Autoren

Dr. Dietlinde Quack
Ran Liu
Jens Gröger
Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen des Projekts Energie 2020 der Verbraucherzentrale NRW beauftragt, gefördert durch Mittel der Europäischen Union und des Landes Nordrhein-Westfalen.

verbraucherzentrale
Nordrhein-Westfalen

Ansprechpartner bei der Verbraucherzentrale NRW

Udo Sieverding, Mitglied der Geschäftsleitung
Verbraucherzentrale NRW e.V.
Bereich Energie
Mintropstraße 27
40215 Düsseldorf

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Zusammenfassung	11
1. Einleitung	15
2. Zielsetzung	16
3. Erläuterung des Vorgehens	16
3.1. Systemgrenzen	16
3.2. Überblick über die betrachteten Szenarien und die berücksichtigten Smart Home-Anwendungen	17
3.3. Festlegung der Parameter für die betrachteten Szenarien	20
3.3.1. Definition der Modellhaushalte Wohnung (Referenzhaushalt a, Szenario 1a, 2a und 3a)	20
3.3.1.1. Eckdaten des Referenzhaushalts (a) Wohnung	20
3.3.1.2. Szenario 1a Energie	21
3.3.1.3. Szenario 2a Energie + Sicherheit	23
3.3.1.4. Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort	25
3.3.2. Definition der Modellhaushalte Haus (Referenzhaushalt b, Szenario 1b, 2b und 3b)	27
3.3.2.1. Referenzhaushalt b	27
3.3.2.2. Szenario 1b Energie	28
3.3.2.3. Szenario 2b Energie + Sicherheit	30
3.3.2.4. Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort	32
3.4. Datengrundlage zum Energieverbrauch und den Nutzungsmustern der smarten Anwendungen und Steuereinheiten	35
3.4.1. Zentrale Steuereinheiten	35
3.4.2. Smarte Anwendungen	36
3.4.3. Exkurs batteriebetriebene Geräte	37
3.4.4. Nutzerschnittstelle	39
4. Herstellerangaben zur Energieeinsparung	41
5. Ergebnisse für die verschiedenen Szenarien	42
5.1. Referenzhaushalte	42
5.1.1. Referenzhaushalt (a) Wohnung	42
5.1.2. Referenzhaushalt (b) Haus	43

5.2.	Szenario 1 Energie	44
5.2.1.	Szenario 1a Energie (Wohnung)	44
5.2.2.	Szenario 1b Energie (Haus)	46
5.3.	Szenario 2 Energie + Sicherheit	48
5.3.1.	Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung)	48
5.3.2.	Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus)	49
5.4.	Szenario 3 Energie + Sicherheit + Komfort	51
5.4.1.	Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort (Wohnung)	51
5.4.2.	Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort (Haus)	53
5.5.	Exkurs Batteriebetriebene Anwendungen	55
5.6.	Zusammenfassung der Ergebnisse in Text und Grafik	56
6.	Analyse und Interpretation der Ergebnisse	63
7.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	66
8.	Anhang	67
8.1.	Annahmen und Ergebnisse für die einzelnen Smart Home-Anwendungen	67
8.1.1.	Beleuchtung	67
8.1.1.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	67
8.1.1.2.	Modellhaushalte (b) Haus	68
8.1.2.	Heizungssteuerung	70
8.1.2.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	70
8.1.2.2.	Modellhaushalte (b) Haus	70
8.1.3.	Rollladensteuerung	71
8.1.3.1.	Modellhaushalt (a) Wohnung	71
8.1.3.2.	Modellhaushalte (b) Haus	72
8.1.4.	Heizkörperthermostate	73
8.1.4.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	73
8.1.4.2.	Modellhaushalte (b) Haus	74
8.1.5.	Tür- und Fensterkontakt	74
8.1.5.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	74
8.1.5.2.	Modellhaushalte (b) Haus	75
8.1.6.	Raumlufsensor	76
8.1.6.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	76
8.1.6.2.	Modellhaushalte (b) Haus	77
8.1.7.	Smarter Zwischenstecker	78
8.1.7.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	78

8.1.7.2.	Modellhaushalte (b) Haus	79
8.1.8.	Kamera innen	80
8.1.8.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	80
8.1.8.2.	Modellhaushalte (b) Haus	80
8.1.9.	Kamera außen	81
8.1.9.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	81
8.1.9.2.	Modellhaushalte (b) Haus	81
8.1.10.	Rauchmelder	82
8.1.10.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	82
8.1.10.2.	Modellhaushalte (b) Haus	83
8.1.11.	Lautsprecher	84
8.1.11.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	84
8.1.11.2.	Modellhaushalte (b) Haus	85
8.1.12.	Staubsauger	86
8.1.12.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	86
8.1.12.2.	Modellhaushalte (b) Haus	88
8.1.13.	Mähroboter	89
8.1.13.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	89
8.1.13.2.	Modellhaushalte (b) Haus	89
8.1.14.	Gartenbewässerung	90
8.1.14.1.	Modellhaushalte (a) Wohnung	90
8.1.14.2.	Modellhaushalte (b) Haus	90
8.2.	Übersicht über die Batterien in den smarten Anwendungen der verschiedenen Szenarien	91
9.	Literaturverzeichnis	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Überblick über die im Rahmen der Analyse einbezogenen Komponenten smartes Gerät, zentrales Steuergerät und Nutzerschnittstelle. Der Router liegt außerhalb der Systemgrenzen.	17
Abbildung 5-1:	Überblick über die Minder- und Mehrverbräuche bei elektrischer und thermischer Energie von den Szenarien 1a, 2a und 3a gegenüber dem Referenzhaushalt (a). Einheit: Prozent	56
Abbildung 5-2:	Überblick über die Minder- und Mehrverbräuche bei elektrischer und thermischer Energie von den Szenarien 1b, 2b und 3b gegenüber dem Referenzhaushalt (b). Einheit: Prozent	57
Abbildung 5-3:	Überblick über den jährlichen Stromverbrauch des Referenzhaushalts (a) Wohnung im Vergleich zu den Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit sowie 3a Energie + Sicherheit + Energie.	58
Abbildung 5-4:	Überblick über den jährlichen Heizenergieverbrauch des Referenzhaushalts (a) Wohnung im Vergleich zu den Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit sowie 3a Energie + Sicherheit + Energie.	59
Abbildung 5-5:	Überblick über den jährlichen Stromverbrauch des Referenzhaushalts (b) Haus im Vergleich zu den Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit sowie 3b Energie + Sicherheit + Energie.	60
Abbildung 5-6:	Überblick über den jährlichen Heizenergieverbrauch des Referenzhaushalts (b) Haus im Vergleich zu den Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit sowie 3b Energie + Sicherheit + Energie	61
Abbildung 5-7:	Überblick über die jährlichen Energiekosten des Referenzhaushalts (a) Wohnung im Vergleich zu den Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit sowie 3a Energie + Sicherheit + Energie	62
Abbildung 5-8:	Überblick über die jährlichen Energiekosten des Referenzhaushalts (b) Haus im Vergleich zu den Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit sowie 3b Energie + Sicherheit + Energie	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Modellhaushalte Wohnung (a): Überblick über die im Rahmen der Untersuchung berücksichtigten Smart Home-Anwendungen sowie ihre Zuordnung zu den Bereichen Energie, Sicherheit und Komfort.	18
Tabelle 3-2:	Modellhaushalte Haus (b): Überblick über die im Rahmen der Untersuchung berücksichtigten Smart Home-Anwendungen sowie ihre Zuordnung zu den Bereichen Energie, Sicherheit und Komfort	19
Tabelle 3-3:	Eckdaten des Referenzhaushalts a (Wohnung)	20
Tabelle 3-4:	Eckdaten des Referenzhaushalts b (Haus)	27
Tabelle 3-5:	Überblick über die in der Analyse zugrunde gelegten Steuereinheiten sowie deren Leistungsaufnahme im An- und im Standby-Modus und die Effizienz des Netzteils	35
Tabelle 3-6:	Überblick über die Nutzungsmuster und den Jahresstromverbrauch der Steuereinheiten	36
Tabelle 3-7:	Überblick über die in der Analyse zugrunde gelegten smarten Anwendungen mit netzbetriebener Stromversorgung sowie deren Leistungsaufnahme im An- und im Standby-Modus und die Effizienz des Netzteils	37
Tabelle 3-10:	Überblick über Anzahl und Typ der in den batteriebetriebenen smarte Anwendungen Batterien	38
Tabelle 3-11:	Überblick über die in den Modelhaushalten in batteriebetriebenen Geräten eingesetzten Anzahl und Typen an Batterien.	39
Tabelle 3-8:	Überblick über die Annahmen zur Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen sowie dem Nutzungsmuster der Nutzerschnittstelle Tablet	39
Tabelle 3-9:	Überblick über die Annahmen zur Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen sowie dem Nutzungsmuster einer Nutzerschnittstelle mit Sprachsteuerung am Beispiel von Amazon Echo Plus	40
Tabelle 5-1:	Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für den Referenzhaushalt (a) Wohnung nach Anwendungsbereichen	42
Tabelle 5-2:	Energiekosten für den Referenzhaushalt (a) Wohnung	43
Tabelle 5-3:	Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für den Referenzhaushalt (b) Haus	43
Tabelle 5-4:	Energiekosten für den Referenzhaushalt (b) Haus	44
Tabelle 5-5:	Ergebnis Stromverbrauch (Netz) und Einsparung Heizenergie differenziert nach Anwendungsbereichen für Szenario 1a Energie (Wohnung)	44
Tabelle 5-6:	Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 1a Energie (Wohnung) und Vergleich mit Referenzhaushalt (a)	45
Tabelle 5-7:	Energiekosten für Szenario 1a (Wohnung) im Vergleich zum Referenzhaushalt a	45

Tabelle 5-8:	Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für Szenario 1b Energie (Haus)	46
Tabelle 5-9:	Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 1b Energie (Haus) und Vergleich mit Referenzhaushalt (b)	47
Tabelle 5-10:	Energiekosten für Szenario 1b (Haus) im Vergleich zum Referenzhaushalt b	47
Tabelle 5-11:	Ergebnis Stromverbrauch und Einsparung Heizenergie differenziert nach Anwendungsbereichen für Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung)	48
Tabelle 5-12:	Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung) und Vergleich mit Referenzhaushalt (a)	49
Tabelle 5-13:	Energiekosten für Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung) im Vergleich zum Referenzhaushalt a	49
Tabelle 5-14:	Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus)	50
Tabelle 5-15:	Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus) und Vergleich mit Referenzhaushalt (b)	50
Tabelle 5-16:	Energiekosten für Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus) im Vergleich zum Referenzhaushalt b	51
Tabelle 5-17:	Ergebnis Stromverbrauch und Einsparung Heizenergie differenziert nach Anwendungsbereichen für Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort (Wohnung)	51
Tabelle 5-18:	Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort (Wohnung) und Vergleich mit Referenzhaushalt (a)	52
Tabelle 5-19:	Energiekosten für Szenario 3a Energie + Sicherheit Komfort (Wohnung) im Vergleich zum Referenzhaushalt a	53
Tabelle 5-20:	Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort (Haus)	53
Tabelle 5-21:	Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 3b Energie + Sicherheit Komfort (Haus) und Vergleich mit Referenzhaushalt (b)	54
Tabelle 5-22:	Energiekosten für Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort (Haus) im Vergleich zum Referenzhaushalt b	55
Tabelle 5-23:	Übersicht über die in den verschiedenen Szenarien und Referenzhaushalten eingesetzten Batterien	55
Tabelle 8-1:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Beleuchtung für den Referenzhaushalt sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	67
Tabelle 8-2:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Beleuchtung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	68

Tabelle 8-3:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Heizungssteuerung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	70
Tabelle 8-4:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rollladensteuerung für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	71
Tabelle 8-5:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rollladensteuerung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	72
Tabelle 8-6:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Heizkörperthermostat für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	73
Tabelle 8-7:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Tür- und Fensterkontakt für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	74
Tabelle 8-8:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Tür- und Fensterkontakt für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	75
Tabelle 8-9:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Raumluftsensor für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	76
Tabelle 8-10:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Raumluftsensor für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	77
Tabelle 8-11:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich smarter Zwischenstecker für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	78
Tabelle 8-12:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich smarter Zwischenstecker für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	79
Tabelle 8-13:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Kamera innen für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	80
Tabelle 8-14:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Kamera innen für den Referenzhaushalt b	

	sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	80
Tabelle 8-15:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Kamera außen für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	81
Tabelle 8-16:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rauchmelder für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	82
Tabelle 8-17:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rauchmelder für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	83
Tabelle 8-18:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Lautsprecher für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	84
Tabelle 8-19:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Lautsprecher für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	85
Tabelle 8-20:	Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Staubsauger für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort	86
Tabelle 8-21:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Staubsauger für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	88
Tabelle 8-22:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Mähroboter für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	89
Tabelle 8-23:	Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Gartenbewässerung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort	90
Tabelle 8-24:	Übersicht über die in den verschiedenen Szenarien und Referenzhaushalten in den einzelnen Anwendungen eingesetzten Batterien	91

Zusammenfassung

Zielsetzung der vorliegenden Studie war es zu zeigen, in welchem Verhältnis die potenziellen Energieeinsparungen durch intelligente und vernetzte Geräte in Privathaushalten zu dem erhöhten Stromverbrauch stehen, den ihr Einsatz verursacht. Zu beachten ist dabei, dass nur ein Teil der Smart Home-Anwendungen überhaupt auf Energieeinsparungen abzielt. Daneben fokussieren sich Smart Home-Anbieter vor allem auf die Bereiche Sicherheit und Komfort. Insgesamt ist daher durch den Einsatz von Smart Home-Lösungen eher von einer Erhöhung des Energieverbrauchs und der Energiekosten für Verbraucher*innen auszugehen. Die vorliegende Studie soll aufzeigen, in welchen Bereichen mit Smart Home-Lösungen tatsächlich Energie eingespart werden kann und an welchen Stellen die smarten Lösungen zu einem Mehrverbrauch führen.

Die Studie hat vor allem zwei Ziele verfolgt: Zum einen die Identifikation des Energieverbrauchs von intelligenten und vernetzten Geräten sowie die Gegenüberstellung mit den von Anbietern beworbenen Energieeinsparungen. Zum anderen den Vergleich der Energieverbräuche und -einsparungen mit einem definierten Referenzhaushalt, der nicht mit intelligenten und vernetzten Geräten ausgestattet ist.

Die Studie adressiert explizit die Smart Home-Anwendungen und fokussiert dabei auf den Aspekt Energieverbrauch in der Nutzung. Innerhalb der betrachteten Systemgrenzen liegen der Stromverbrauch ab Netz für die Nutzung von smarten Geräten, zentralen Steuergeräten und Nutzerschnittstelle. Außerhalb der betrachteten Systemgrenzen liegen der Stromverbrauch für die Vernetzung ins Internet, d.h. Router und weitergehende Netzinfrastruktur (z.B. Rechenzentren) sowie der Stromverbrauch von Geräten, die mit nicht wiederaufladbaren Batterien betrieben werden, und die Herstellung und Entsorgung von Hardware und Batterien. Allerdings wurde erfasst, wie viele Batterien welchen Typs in den Szenarien zum Einsatz kommen. Die Untersuchung adressiert außerdem keine Smart Grid-Anwendungen. Innerhalb der Systemgrenzen liegen der Heizenergieverbrauch und die mit den Smart Home-Anwendungen ggf. verbundenen Einsparungen bei Heizwärme- und Stromverbrauch. Analog wurden die Kosten nur für den Strom- und Heizwärmeverbrauch betrachtet und nicht für die Vernetzung, die Hardware und die Batterien.

Grundsätzlich wurde im Rahmen der Untersuchung so vorgegangen, dass unterschiedlich mit Smart Home-Anwendungen ausgestattete Modellhaushalte mit entsprechenden Haushalten verglichen wurden, die nicht über Smart Home-Anwendungen verfügen (Referenzhaushalte). Dafür wurden zum einen Szenarien für einen Haushalt entwickelt, der in einem Einfamilienhaus angesiedelt ist, und zum anderen für einen Haushalt, der in einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus angesiedelt ist. Damit können typische Wohnsituationen abgebildet und unterschiedliche Smart Home-Anwendungen berücksichtigt werden. Die betrachteten Haushalte werden in den beiden nachfolgenden Kapiteln hinsichtlich Grundannahmen für den Referenzhaushalt sowie Smart Home-Ausstattung und Nutzungsmuster beschrieben. Es werden dabei drei unterschiedliche Grade der Ausstattung mit Smart Home-Geräten unterschieden:

- Die **Referenzhaushalte Wohnung (a) und Haus (b)** verfügen über keine Smart Home-Anwendungen und lösen die jeweilige Aufgabe durch manuelle Betätigung (z.B. Rollläden, Beleuchtung, Staubsauger) oder die jeweilige Funktion ist nicht vorhanden (z.B. Kamera innen / außen, Raumluftsensor).
- **Szenario 1 Energie (a, b):** Die Ausstattung umfasst Smart Home-Anwendungen mit Bezug zum Energiesparen, wie beispielsweise smarte Heizkörperthermostate, Tür- / Fensterkontakte, Heizungssteuerung, Lampen mit Bewegungs- und Tageslichtsensor, Zwischenstecker.

- **Szenario 2 Energie + Komfort (a, b):** Die Ausstattung umfasst die für Szenario 1 Energie festgelegten Smart Home-Anwendungen sowie zusätzliche Anwendungen mit Bezug zu Sicherheit, wie beispielsweise Kameras innen / außen, Rauchmelder.
- **Szenario 3 Energie + Komfort + Sicherheit (a, b):** Die Ausstattung umfasst die für Szenario 2 Energie + Sicherheit festgelegten Smart Home-Anwendungen sowie zusätzliche Anwendungen mit Bezug zu Komfort, wie beispielsweise smarte Lautsprecher, Raumluftsensor, Staubsauger, Rasenmäher, Gartenbewässerung.

Die untersuchten Szenarien mit ihren jeweiligen Zusammenstellungen von Smart Home-Anwendungen stellen keine Empfehlung seitens der Autor*innen dieser Studie für eine bestimmte Ausstattung oder für bestimmte Produkte dar. Sie sollen beispielhaft sein und sind mit dem Ziel ausgewählt worden, eine typische Situation abzubilden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen mit den smarten Anwendungen zu Energie eine Einsparung von Heizenergie zwischen 9 % (Wohnung) und 14 % (Haus) erreicht werden kann. Die Einsparung erfolgt entsprechend in Szenario 1 Energie und wird dann in den weiteren Szenarien 2 und 3 einfach in gleicher Höhe fortgeführt, es kommt in diesen Szenarien keine weitere Energieeinsparung hinzu. Demgegenüber erfolgt in allen Szenarien eine Erhöhung des Stromverbrauchs gegenüber dem Referenzhaushalt. Im Szenario 1a /1b Energie ist diese mit jeweils 3 % relativ gering, steigt aber für Szenario 2 auf 6 % (Wohnung) bzw. 12 % (Haus) an. In Szenario 3 liegt der Stromverbrauch dann sogar um 11 % (Wohnung) bzw. 19 % (Haus) höher als beim jeweiligen Referenzhaushalt ohne smarte Anwendungen.

In absoluten Werten ausgedrückt erhöht sich der jährliche Stromverbrauch durch die smarten Anwendungen für die Modellhaushalte Wohnung um 55 kWh (Szenario 1a), 124 kWh (Szenario 2a) bzw. 224 kWh (Szenario 3a) gegenüber dem Referenzhaushalt (a). Die Heizwärmeeinsparung beträgt jährlich 911 kWh. Für die Modellhaushalte Haus erhöht sich der jährliche Stromverbrauch durch die smarten Anwendungen in absoluten Werten dagegen um 100 kWh (Szenario 1b), 349 kWh (Szenario 2b) bzw. 564 kWh (Szenario 3b) gegenüber dem Referenzhaushalt (b). Die Heizwärmeeinsparung beträgt jährlich 2.780 kWh.

Der Kostenvergleich zwischen Referenzhaushalt (a) Wohnung und den Szenarien 1a, 2a und 3a zeigt, dass die absoluten Unterschiede der gesamten jährlichen Energiekosten relativ gering sind. Den jährlichen Einsparungen bei den Heizkosten in Höhe von 56 Euro stehen Mehrkosten beim Strom in Höhe von 17 Euro (Szenario 1a), 38 Euro (Szenario 2a) bzw. 68 Euro (Szenario 3a) gegenüber. Insgesamt ergeben sich daraus Einsparungen von knapp 20-40 Euro jährlich bzw. Mehrkosten von 12 Euro. Demgegenüber zeigt der Kostenvergleich zwischen Referenzhaushalt (b) Haus und den Szenarien 1b, 2b und 3b, größere absolute Unterschiede bei den jährlichen Energiekosten: Bei den Heizkosten werden jährlich 172 Euro gespart. Allerdings stehen diesen Mehrkosten beim Strom in Höhe von 30 Euro (Szenario 1b), 105 Euro (Szenario 2b) bzw. 170 Euro (Szenario 3b) gegenüber. Die Kosteneinsparungen insgesamt betragen damit 142 Euro, 67 Euro bzw. 2 Euro.

In den Modellhaushalten kommt neben netzbetriebenen Geräten auch eine Reihe an batteriebetriebenen Geräten zum Einsatz. Insgesamt werden je nach smartem Szenario zwischen 40 und 59 Batterien des Typs AA und AAA benötigt sowie zusätzlich in den Szenarien Energie+Sicherheit+Komfort ein bis zwei Lithium-Ionen-Akkus.

Smart Home-Anwendungen mit Energiebezug können zu Energieeinsparungen führen und vor diesem Hintergrund sinnvoll sein. Es wäre allerdings hilfreich, wenn Verbraucher*innen schon vor dem Kauf eine einfache Möglichkeit hätten, ihr eigenes Einsparpotenzial in Bezug auf Heizenergie quantitativ abzuschätzen, um zu entscheiden, ob die Anschaffung von Smart Home-Anwendungen mit Energiebezug für sie sinnvoll ist. Ideal wäre ein einfaches Rechen- und Entscheidungstool, das

Energie (Einsparpotenzial Heizenergie und Verbrauch elektrische Energie) und Kosten (Anschaffungskosten, Energiekosten) einbezieht. Außerdem wäre es gut, wenn sie Informationen dazu hätten, wie viel Strom die verschiedenen Zentraleinheiten und smarten Anwendungen benötigen. Bei den Recherchen zu diesem Projekt hat sich gezeigt, dass auch in Bedienungsanleitungen oft nur unvollständige oder ungenügende Informationen gegeben werden. Es sollte geprüft werden, inwiefern es hier Regulierungsbedarf gibt, der eine verpflichtende Deklaration von energiebezogenen Eckdaten vorgibt (z.B. Leistungsaufnahme im An- und Standby-Modus, Jahresstromverbräuche unter Zugrundelegung von standardisierten Nutzungszyklen).

Der explizite Blick dieser Studie auf die Nutzung im Haushalt lässt weiterführende Aspekte für eine vergleichende Bewertung gegenüber nicht smarten Lösungen aus. Forschungsbedarf besteht vor diesem Hintergrund vor allem im Hinblick auf die Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus von Smart Home-Anwendungen, d.h. insbesondere auch den Herstellungsaufwand für Hardware und Batterien, in Bezug auf relevante Umweltwirkungskategorien (z.B. klimarelevante Emissionen, Ressourcenbedarf) und unter Einbeziehung ihrer Lebensdauer und der Entsorgung. Außerdem besteht Forschungsbedarf im Hinblick auf die Umweltauswirkungen durch die Vernetzung, insbesondere durch die Netzinfrastruktur des Internet (z.B. Rechenzentren).

Je größer die Interoperabilität zwischen smarten Anwendungen und Steuereinheiten verschiedener Hersteller ist, desto weniger kommen Verbraucher*innen in die Situation, ihren Haushalt mit mehreren Steuereinheiten auszustatten. Dies ist sowohl aus Umwelt- als auch aus Kostengründen anzustreben.

1. Einleitung

Laut einer repräsentativen Online-Erhebung von (Deloitte 2018) im Februar 2018 nutzen 16 % der Deutschen mindestens eine Smart Home Anwendung. Am häufigsten wurden dabei smarte Steckdosen und Schalter (18 %), Lautsprecher (15 %), Leuchten (12 %) sowie Heizkörperthermostate und Alarmsysteme (je 10 %) genutzt. Gegenüber 2015 zeigt sich eine Steigerung um 67 % bei Lautsprechern, Heizungsthermostaten und Alarmsystemen sowie 50 % bei Leuchten. (Deloitte 2018) gehen von einem beträchtlichen weiteren Konsumenteninteresse aus.

Es ist vor diesem Hintergrund davon auszugehen, dass Smart Home-Anwendungen in Zukunft noch stärker als bisher vermarktet und beworben werden. (Deloitte 2018) empfiehlt Anbietern beispielsweise eine Vermarktung zusammen mit Smartphones, der derzeit bei Nutzern von Smart Home-Anwendungen bevorzugten Bedienungsschnittstelle, eine stärkere Vermarktung in Produktbündeln, die die Zentraleinheit zusammen mit kompatiblen Anwendungen umfassen, sowie die Adressierung von Smart Home-Anwendungen mit Bezug zu Energie (z.B. Heizkörperthermostate) als Startpunkt für eine weitergehende Smart Home-Ausstattung.

Unter „Smart Home-Lösungen“ werden im Rahmen dieses Berichtes Geräte verstanden, die in Privathaushalten zum Einsatz kommen und sowohl mit einem Datennetz verbunden („vernetzt“) sind als auch über eine eigenständige „intelligente“ Steuerung verfügen. Die Verknüpfung dieser Geräte erfolgt über eine zentrale Steuerungseinheiten (Smart Home-Zentrale), die ihrerseits eine Nutzerschnittstelle aufweist (Zugang über mobile Endgeräte oder Computer).

Smart Home-Lösungen werden von Anbietern offensiv damit beworben, dass sie dazu beitragen Energie einzusparen, die Sicherheit und den Komfort zu erhöhen. Gleichzeitig ist aber damit zu rechnen, dass Smart Home-Lösungen zu einem erhöhten Energieverbrauch gegenüber bisherigen Lösungen (manuelle oder autarke Steuerung) führen. Folgende Gründe sind zentral für einen erhöhten Energieverbrauch:

- Die zentrale Steuerungseinheit muss kontinuierlich in Betrieb sein.
- Die Geräte führen permanent Überwachungsfunktionen aus und warten auf Steuersignale.
- Die Geräte müssen eine Netzwerkverbindung aufrecht halten, um Daten zu empfangen oder zu senden.
- Die Geräte tragen zu einem Rebound beim Energieverbrauch bei, indem sie bisher nicht mögliche Nutzungen ermöglichen (z.B. Öffnen und Schließen von Rollläden bei Ferienabwesenheit, Beleuchtung von Räumen nach Zeitplan, Vorheizen von Räumen „von unterwegs“).

Auch bei Smart Home-Lösungen, die auf Energieeinsparen fokussiert sind, ist derzeit nicht klar, ob die Gesamtenergiebilanz tatsächlich positiv ist und die Einsparungen die Mehrverbräuche überwiegen. Angesichts fehlender Deklarationspflichten und einer dynamischen Entwicklung am Markt fehlt Verbraucher*innen heute eine verlässliche Orientierung, um sich für sinnvolle Smart Home-Lösungen entscheiden zu können, die tatsächlich zu einer Energieeinsparung führen.

2. Zielsetzung

Zielsetzung der vorliegenden Studie war es zu zeigen, in welchem Verhältnis die potenziellen Energieeinsparungen durch intelligente und vernetzte Geräte in Privathaushalten zu dem erhöhten Stromverbrauch stehen, den ihr Einsatz verursacht. Zu beachten ist dabei, dass nur ein Teil der Smart Home-Anwendungen überhaupt auf Energieeinsparungen abzielt. Daneben fokussieren sich Smart Home-Anbieter vor allem auf die Bereiche Sicherheit und Komfort. Insgesamt ist daher durch den Einsatz von Smart Home-Lösungen eher von einer Erhöhung von Energieverbrauch und Energiekosten für Verbraucher*innen auszugehen. Die vorliegende Studie soll aufzeigen, in welchen Bereichen mit Smart Home-Lösungen tatsächlich Energie eingespart werden kann und an welchen Stellen die smarten Lösungen zu einem Mehrverbrauch führen.

Die Ergebnisse des Projektes sollen vorrangig als Basis für die kritische Begleitung von Verbraucher*innen zu Smart Home genutzt werden.

Konkret hat die Studie folgende Ziele verfolgt:

- Identifikation des Eigenenergieverbrauchs von intelligenten und vernetzten Geräten und Gegenüberstellung mit den von Anbietern beworbenen Energieeinsparungen.
- Vergleich der Energieverbräuche und -einsparungen mit einem definierten Referenzhaushalt, der nicht mit intelligenten und vernetzten Geräten ausgestattet ist.

Darüber hinaus sollte die folgende zentrale Fragestellung für das Projekt beantwortet werden:

Wie hoch dürfte der Energieverbrauch der Smart Home-Lösungen sein, damit ein Modellhaushalt mit diesen energiesparend leben kann?

3. Erläuterung des Vorgehens

3.1. Systemgrenzen

Die Studie adressiert explizit die Smart Home-Anwendungen und fokussiert dabei auf den Aspekt Energieverbrauch in der Nutzung. Für die Analyse wurden daher die nachfolgenden Systemgrenzen gezogen.

Innerhalb der betrachteten Systemgrenzen liegen:

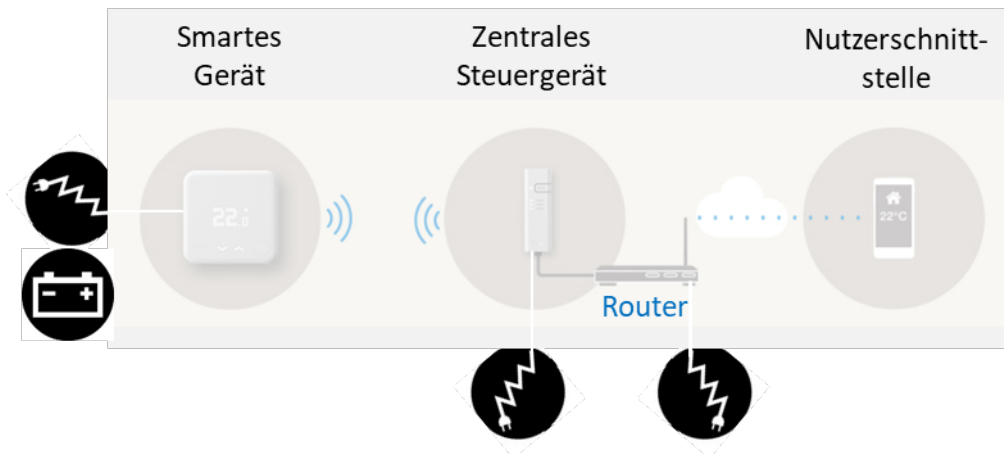
- Stromverbrauch ab Netz für die Nutzung von
 - smarten Geräten,
 - zentralen Steuergeräten,
 - Nutzerschnittstelle.

Außerhalb der betrachteten Systemgrenzen liegen:

- Stromverbrauch für die Vernetzung ins Internet, d.h.
 - Router,
 - weitergehende Netzinfrastruktur (z.B. Rechenzentren),
- Stromverbrauch von batteriebetriebenen Geräten,
- Herstellung und Entsorgung von Hardware und Batterien.
- Die Untersuchung adressiert keine Smart Grid Anwendungen.

Abbildung 3-1 zeigt die Systemgrenzen im Überblick:

Abbildung 3-1: Überblick über die im Rahmen der Analyse einbezogenen Komponenten smartes Gerät, zentrales Steuergerät und Nutzerschnittstelle. Der Router liegt außerhalb der Systemgrenzen.



Quelle: Eigene Zusammenstellung

3.2. Überblick über die betrachteten Szenarien und die berücksichtigten Smart Home-Anwendungen

Grundsätzlich wurde im Rahmen der Untersuchung so vorgegangen, dass unterschiedlich mit Smart Home-Anwendungen ausgestattete Modellhaushalte mit entsprechenden Haushalten verglichen wurden, die nicht über Smart Home-Anwendungen verfügen (Referenzhaushalte). Dafür wurden zum einen Szenarien für einen Haushalt entwickelt, der in einem Einfamilienhaus lebt, und zum anderen für einen Haushalt, der in einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus lebt. Damit können typische Wohnsituationen abgebildet und unterschiedliche Smart Home-Anwendungen berücksichtigt werden. Die betrachteten Haushalte werden in den beiden nachfolgenden Kapiteln hinsichtlich Grundannahmen für den Referenzhaushalt sowie Smart Home-Ausstattung und Nutzungsmuster beschrieben. Es werden dabei drei unterschiedliche Smart Home Grade unterschieden:

- Die **Referenzhaushalte Wohnung (a) und Haus (b)** verfügen über keine Smart Home-Anwendungen und lösen die jeweilige Aufgabe durch manuelle Betätigung (z.B. Rollläden, Beleuchtung, Staubsauger) oder die jeweilige Funktion ist nicht vorhanden (z.B. Kamera innen / außen, Raumluftsensor).
- **Szenario 1 Energie (a, b):** Die Ausstattung umfasst Smart Home-Anwendungen mit Bezug zum Energiesparen, wie beispielsweise smarte Heizkörperthermostate, Tür-/Fensterkontakte, Heizungssteuerung, Lampen mit Bewegungs- und Tageslichtsensor, Zwischenstecker.
- **Szenario 2 Energie + Komfort (a, b):** Die Ausstattung umfasst die für Szenario 1 Energie festgelegten Smart Home-Anwendungen sowie zusätzliche Anwendungen mit Bezug zu Sicherheit, wie beispielsweise Kameras innen / außen, Rauchmelder.
- **Szenario 3 Energie + Komfort + Sicherheit (a, b):** Die Ausstattung umfasst die für Szenario 2 Energie + Sicherheit festgelegten Smart Home-Anwendungen sowie zusätzliche Anwendungen mit Bezug zu Komfort, wie beispielsweise smarte Lautsprecher, Raumluftsensor, Staubsauger, Rasenmäher, Gartenbewässerung.

Es gibt eine Reihe von Smart Home-Anwendungen, die je nach Nutzungsmuster den Szenarien 1, 2 und 3 zugeordnet werden können. Beispielsweise kann eine smarte Rollladensteuerung durch das konsequente Herunterfahren der Rollläden während der Nacht in der Heizperiode zum Energiesparen beitragen, oder durch automatisches Herauf- und Herunterfahren der Rollläden in Ferienzeiten eine Anwesenheit simulieren und so zur Sicherheit beitragen. Zusätzlich kann sie durch das automatische Herunterfahren der Rollläden bei starker Sonneneinstrahlung eine Überhitzung im Innern des Gebäudes vermeiden und so zum Komfort beitragen.

Die Angaben zum Heizwärmeverbrauch und den Einsparungen beim Heizwärmeverbrauch wurden z.T. Statistiken entnommen, überwiegend aber aus wissenschaftlichen Studien abgeleitet. Die detaillierten Erläuterungen dazu befinden sich in Kapitel 3.3.

Die nachfolgenden beiden Tabelle 5-23 und Tabelle 8-24 zeigen die im Rahmen der Untersuchung berücksichtigten Smart Home-Anwendungen sowie die Zuordnung zu den Bereichen Energie, Sicherheit und Komfort in den Modellhaushalten Wohnung (a) und Haus (b). Dabei bedeutet der Begriff „manuell“, dass die Aufgabe durch manuelle Betätigung gelöst wird, und der Begriff „kein Bezug“, dass die Anwendung den Bereich Energie, Sicherheit bzw. Komfort nicht adressiert.

Tabelle 3-1: Modellhaushalte Wohnung (a): Überblick über die im Rahmen der Untersuchung berücksichtigten Smart Home-Anwendungen sowie ihre Zuordnung zu den Bereichen Energie, Sicherheit und Komfort.

Betrachtete Bereiche	Referenz-haus-halt a	S1a: Energie	S2a: Sicherheit	S3a: Komfort
Beleuchtung ¹	manuell	x	x	x
Rollladensteuerung	manuell	x	x	x
Heizkörperthermostat	manuell	x	kein Bezug	x
Tür-/Fensterkontakt	nicht vorhanden	x	x	kein Bezug
Raumluftsensor	nicht vorhanden	kein Bezug	(x)	x
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	nicht smart	x	kein Bezug	x
Überwachungskamera (innen)	nicht vorhanden	kein Bezug	x	kein Bezug
Rauchmelder	nicht smart	kein Bezug	x	Kein Bezug
Lautsprecher	manuell	kein Bezug	kein Bezug	x
Staubsauger	manuell	kein Bezug	kein Bezug	x
Smart Home Zentrale²	nicht vorhanden	x	x	x
Nutzerschnittstelle: Tablet	nicht vorhanden	x	x	x
Anzahl der Produkte		7	8	9

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung und den Raumluftsensor, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Tabelle 3-2: Modellhaushalte Haus (b): Überblick über die im Rahmen der Untersuchung berücksichtigten Smart Home-Anwendungen sowie ihre Zuordnung zu den Bereichen Energie, Sicherheit und Komfort

Betrachtete Bereiche	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Sicherheit	S3b: Komfort
Beleuchtung ¹	manuell	x	x	x
Heizungsanlagensteuerung	manuell	x	kein Bezug	x
Rollladensteuerung	manuell	x	x	x
Heizkörperthermostat	manuell	bereits in Heizungsanlagensteuerung enthalten	bereits in Heizungsanlagensteuerung enthalten	bereits in Heizungsanlagensteuerung enthalten
Tür-/Fensterkontakt	nicht vorhanden	x	x	kein Bezug
Raumluftsensor ¹	nicht vorhanden	kein Bezug	(x)	x
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	nicht smart	x	kein Bezug	x
Überwachungskamera (innen)	nicht vorhanden	kein Bezug	x	kein Bezug
Überwachungskamera (außen)	nicht vorhanden	kein Bezug	x	kein Bezug
Rauchmelder	nicht smart	kein Bezug	x	Kein Bezug
Lautsprecher	manuell	kein Bezug	kein Bezug	x
Staubsauger	manuell	kein Bezug	kein Bezug	x
Mähroboter ¹	manuell	kein Bezug	kein Bezug	x
Gartenbewässerung ¹	manuell	kein Bezug	kein Bezug	x
Smart Home Zentrale²	nicht vorhanden	x	x	x
Nutzerschnittstelle: Tablet	entfällt	x	x	x
Anzahl der Produkte		7	9	11

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

3.3. Festlegung der Parameter für die betrachteten Szenarien

Hinweis: Die in den nachstehenden Kapiteln dargestellten Szenarien mit ihren jeweiligen Zusammenstellungen von Smart Home-Anwendungen stellen keine Empfehlung seitens der Autor*innen dieser Studie für eine bestimmte Ausstattung oder für bestimmte Produkte dar. Sie sollen beispielhaft sein und sind mit dem Ziel ausgewählt worden, eine typische Situation abzubilden.

3.3.1. Definition der Modellhaushalte Wohnung (Referenzhaushalt a, Szenario 1a, 2a und 3a)

3.3.1.1. Eckdaten des Referenzhaushalts (a) Wohnung

Beim Referenzhaushalt a handelt es sich um einen 2-Personen-Haushalt, der in einer Wohnung lebt, die der statistischen Durchschnittsgröße entspricht und einen Heizwärmebedarf hat, der ebenfalls dem statistischen Durchschnitt entspricht. Die Warmwasserbereitung ist nicht elektrisch. Die für die Analyse verwendeten Eckdaten sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 3-3: Eckdaten des Referenzhaushalts a (Wohnung)

Bezeichnung	Wert	Einheit	Bezugs-jahr	Quelle	Kommentar
Haushaltsgröße	2	Personen	2019		Eigene Annahme
Wohnfläche	96,4	m ²	2014	(Statistisches Jahrbuch Deutschland 2019 2019)	Wohngebäude mit 3-6 Wohnungen, 48,2 m ² /Person
Heizwärmebedarf	105	kWh/m ² *a	2014	(Statistisches Bundesamt 2019)	Raumwärme, temperaturbereinigt, Hauptheizungen
Heizwärmebedarf	10.122	kWh/a	2014		Eigene Berechnung
Stromverbrauch	2.100	kWh/a	2019	(Stromspiegel)	
Abwesenheiten	30	Tage/Jahr		Eigene Annahme	z.B. aufgrund von Ferien
Heiztage	249	Tage/Jahr		(Deutscher Wetterdienst 2019)	Für Frankfurt
Hitzetage	10	Tage/Jahr	Mittelwert (2010-2019)	(Deutscher Wetterdienst 2019)	

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Der Referenzhaushalt a besitzt keine Smart Home-Anwendungen. Die den Smart Home-Anwendungen äquivalenten Funktionen basieren entweder auf manueller Betätigung (z.B. Rollläden Herauf- und Herunterfahren, Staubsaugen) oder entfallen (z.B. Kamera innen, Raumluftsensor). Weitere Details dazu sind im Anhang in Kapitel 8.1 dargestellt.

3.3.1.2. Szenario 1a Energie

In Szenario 1a Energie wird angenommen, dass insgesamt 7 Smart Home-Anwendungen mit Bezug zum Energiesparen eingesetzt werden:

Beleuchtung:

- Ausstattung: 10 smarte LED-Lampen, die über eine eigene zentrale Steuereinheit angesteuert werden. Die Lampen haben eine Helligkeit von 806 Lumen und entsprechen damit einer 60 Watt Glühlampe. Des Weiteren gehören 5 Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor zur Ausstattung.
- Nutzungsmuster: Als Ausgangspunkt dient der Referenzhaushalt (a), für den angenommen wird, dass alle 10 Lampen 2 Stunden pro Tag an 335 Tagen im Jahr brennen. Es wird pauschal angenommen, dass durch die Bewegungs- und Tageslichtsensoren die Brenndauer gegenüber dem Referenzhaushalt um 10 % kürzer ist, d.h. nur 1,8 Stunden pro Tag und Lampe.
- Energieeinsparung: 10 % Reduktion der Lampenbrenndauer, bezogen auf das Niveau des Referenzhaushalts. Hintergrund: eine eigene Annahme.
- Beispielhafte Produkte: 10 Philips Hue Lampen White and Color Ambiance E27; 5 Hue Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor (batteriebetrieben), 1 Hue Bridge.

Rolladensteuerung:

- Ausstattung: 4 Fenster / Fenstertüren sind mit einem elektrischen Rolladenmotor und einem smarten Schalter ausgestattet, sodass die Rollläden von einer Nutzerschnittstelle aus bedient werden können. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- Nutzungsmuster: Die Rollläden werden in der Heizperiode (249 Heiztage pro Jahr) automatisch abends geschlossen und morgens wieder geöffnet. Es werden täglich je ein Öffnungs- und ein Schließvorgang angenommen.
- Energieeinsparung: Es wird eine Einsparung der Heizenergie um 2 % angenommen. Hintergrund: Die Annahme, dass mit dem konsequenten Schließen der Rollläden in der Heizperiode 2% Heizenergie eingespart werden können, basiert auf einer Studie des Instituts für Fenstertechnik in Rosenheim (Demel 2015) sowie der Annahme, dass die Modellhaushalte (a) Wohnung 10 m² Fensterfläche hat. Pro Quadratmeter Fenster können durch die Rollläden ungefähr 20 kWh/Jahr gespart werden (Seite 7 in Demel 2015), aus der Abbildung). Damit wird ein moderner, sehr verbreiteter Fenstertyp berücksichtigt. Insgesamt können damit 200 kWh pro Jahr gespart werden, was ungefähr 2% des Heizwärmebedarfs der Wohnung entspricht. Dieses Einsparpotenzial von 2 % wurde vereinfachend auch für die Modellhaushalte (b) Haus angenommen.
- Beispielhafte Produkte: 4 eQ-3 Homematic IP Rollladenaktoren, 4 Rollladenmotore IP. Die Rollladenaktoren sind kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2.

Heizkörperthermostat:

- Ausstattung: 5 smarte Heizkörperthermostate, die über die vorhandene zentrale Steuereinheit angesteuert und von der Nutzerschnittstelle aus bedient werden.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Temperatur in der Heizperiode konsequent bei Abwesenheit abgesenkt wird (Tages- und Nachtabsenkung).
- Energieeinsparung: Es wird eine Einsparung um 6,5 % des Heizwärmeverbrauchs angenommen. Hintergrund: Die Studie (Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH 2016) ergab, dass sich der

Nutzwärmebedarf im Mehrfamilienhaus durch eine konsequente Nachtabsenkung im Vergleich zu einem durchgängigen Heizbetrieb um 2 – 6 % reduzieren lässt. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Berechnung eine durchschnittliche Einsparung durch konsequente Nachtabsenkung von 4 % angenommen. Hinzukommen Einsparungen durch Tagabsenkungen in Abwesenheitszeiten: Die Studie (Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH 2016) zeigte Einsparungen von 1 – 2 % bei wenig Abwesenheit und Einsparungen von 8 – 11 % bei viel Abwesenheit. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Berechnung eine Nutzung mit wenig Abwesenheit und eine durchschnittliche Einsparung durch Tagabsenkung während Abwesenheit von 1,5 % angenommen. Zusätzliche Einsparungen sind möglich bei Absenkung der Temperatur im Fall von Abwesenheiten von mehreren Tagen während der Heizperiode z.B. im Urlaubsfall. Die Studie (Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH 2016) geht hierbei im Maximalfall von Einsparungen in Höhe von 5 – 7 % aus. Für die hier vorliegende Berechnung wurde pauschal von einer Einsparung von 1 % ausgegangen. In der Summe ergeben sich damit Einsparungen in der Höhe von 6,5 % durch die Nutzung von smarten Heizkörperthermostaten.

- Beispielhafte Produkte: 5 batteriebetriebene Heizkörperthermostate (diverse Hersteller), die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel sind.

Tür-/Fensterkontakt:

- Ausstattung: 6 Tür- / Fensterkontakte, die über die vorhandene zentrale Steuereinheit angesteuert und von der Nutzerschnittstelle aus bedient werden.
- Nutzungsmuster: Sobald in der Heizperiode ein Fenster / eine Tür geöffnet ist, sorgen die entsprechenden Tür- / Fensterkontakte dafür, dass die Radiatoren im jeweiligen Raum heruntergeregelt werden, um zu verhindern, dass „zum Fenster hinaus“ geheizt wird.
- Energieeinsparung: Es wird eine Einsparung von 0,5 % angenommen. Hintergrund: In der Studie (Mailach 2017) wurde untersucht, welche Energieeinsparpotenziale mit smarten Anwendungen im Bereich Heizung verbunden sind. Dabei wurde für „Fensterdiagnose“ im Altbau ein Einsparpotenzial bei der Heizwärme von 0,5 % konstatiert. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Berechnung mit einer Einsparung von 0,5 % bei Heizwärme gerechnet.
- Beispielhafte Produkte: 6 batteriebetriebene eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakte verdeckt, die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel sind.

Smarter Zwischenstecker:

- Ausstattung: Der Haushalt ist mit einem smarten Zwischenstecker ausgestattet, der die Stereoanlage steuert.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Stereoanlage an 335 Tagen im Jahr für 1,5 Stunden pro Tag in Betrieb ist und die übrige Zeit durch den smarten Zwischenstecker ausgeschaltet wird.
- Energieeinsparung: Da die Stereoanlage während der Zeit, in der sie nicht genutzt wird, durch den smarten Zwischenstecker ausgeschaltet wird und nicht im Standby-Betrieb ist, spart die Anwendung gegenüber dem Referenzhaushalt, in dem die Stereoanlage in dieser Zeit im Standby-Betrieb bleibt, Strom. Konkret ist sie an 30 Tagen im Jahr 24 Stunden pro Tag und an 335 Tagen im Jahr 22,5 Stunden pro Tag ausgeschaltet statt im Standby-Betrieb.
- Beispielhafte Produkte: 1 smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller), die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel ist.

Smart Home Zentrale

- Ausstattung: Um die Smart Home-Anwendungen nutzen zu können, ist eine zentrale Steuereinheit notwendig.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Smart Home Zentrale täglich 8 Stunden im An-Modus und 16 Stunden im Standby-Modus ist.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Magenta SmartHome Home Base 2.

Nutzerschnittstelle:

- Ausstattung: Es wird angenommen, dass der Haushalt ein Tablet besitzt, mit dem die Smart Home-Anwendungen gesteuert werden.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass das Tablet täglich 6 Stunden im An-Modus und 18 Stunden im Standbybetrieb ist.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Ein Tablet mit 10-11 Zoll Bildschirmdiagonale, durchschnittliche Leistungsaufnahme verschiedener Geräte von Apple.

3.3.1.3. Szenario 2a Energie + Sicherheit

In Szenario 2a Energie + Sicherheit wird angenommen, dass die Anwendungen des Szenarios 1a Energie eingesetzt werden, z.T. aber andere Nutzungsmuster besitzen und zusätzlich drei weitere Smart Home-Anwendungen mit Bezug zu Sicherheit eingesetzt werden:

Beleuchtung:

- Ausstattung: 10 smarte LED-Lampen, die über eine eigene zentrale Steuereinheit angesteuert werden. Die Lampen haben eine Helligkeit von 806 Lumen und entsprechen damit einer 60 Watt Glühlampe. Des Weiteren gehören 5 Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor zur Ausstattung.
- Nutzungsmuster: Zusätzlich zum Nutzungsmuster im Szenario 1a Energie wird angenommen, dass die Lampen bei Abwesenheit nach einem programmierten Muster automatisch gesteuert werden, d.h. auch an den 30 Abwesenheitstagen jeweils 1,8 Stunden pro Tag brennen, insgesamt also 365 Tage im Jahr 1,8 Stunden pro Tag brennen.
- Energieeinsparung: 2 % Reduktion der Lampenbrenndauer bezogen auf das Niveau des Referenzhaushalts.
- Beispielhafte Produkte: 10 Philips Hue Lampen White and Color Ambiance E27; 5 Hue Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor (batteriebetrieben), 1 Hue Bridge.

Rollladensteuerung:

- **Ausstattung:** 4 Fenster / Fenstertüren sind mit einem elektrischen Rollladenmotor und einem smarten Schalter ausgestattet, so dass die Rollläden von einer Nutzerschnittstelle aus bedient werden können. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- **Nutzungsmuster:** Zusätzlich zum Nutzungsmuster im Szenario 1a Energie wird angenommen, dass die Rollläden auch außerhalb der Heizperiode, d.h. das ganze Jahr (365 Tage pro Jahr) automatisch abends geschlossen und morgens wieder geöffnet werden.
- **Energieeinsparung:** Es wird eine Einsparung der Heizenergie um 2 % angenommen. Hintergrund: siehe Szenario 1a
- **Beispielhafte Produkte:** 4 eQ-3 Homematic IP Rollladenaktoren, 4 Rollladenmotoren IP. Die Rollladenaktoren sind kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2.

Heizkörperthermostat:

Wie Szenario 1a Energie

Tür-/Fensterkontakt:

- **Ausstattung:** 6 Tür- / Fensterkontakte, die über die vorhandene zentrale Steuereinheit angesteuert, und von der Nutzerschnittstelle aus bedient werden. Es wird angenommen, dass die eingesetzten Tür-/Fensterkontakte sowohl die Funktionen für Szenario 1a als auch für Szenario 2a erfüllen können¹.
- **Nutzungsmuster:** Zusätzlich zum Nutzungsmuster im Szenario 1a Energie wird angenommen, dass bei Abwesenheit durch das Öffnen von Fenster oder Tür(en) ein Alarm ausgelöst wird und eine Benachrichtigung an die Nutzerschnittstelle geschickt wird.
- **Energieeinsparung:** Es wird eine Einsparung von 0,5 % angenommen. Hintergrund: siehe Szenario 1a
- **Beispielhafte Produkte:** 6 batteriebetriebene eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt, die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel sind.

Smarter Zwischenstecker:

Wie Szenario 1a Energie.

Raumluftsensor:

- **Ausstattung:** Ein Raumluftsensor, der Luftfeuchtigkeit und Temperatur misst und die Daten an die Nutzerschnittstelle weiterleitet. Die Anwendung verfügt über eine eigene Steuereinheit.
- **Nutzungsmuster:** Der Raumluftsensor ist immer aktiv, d.h. an 365 Tagen im Jahr und 24 Stunden pro Tag im An-Modus. Der Nutzer wird darauf hingewiesen, wenn aufgrund hoher Luftfeuchtigkeit Lüftungsbedarf besteht und hilft so Schimmel zu vermeiden (Sicherheitsaspekt).

¹ Hinweis: Es sind auch Produkte auf dem Markt, die jeweils nur eine der beiden Funktionen erfüllen (z.B. Alarm bei Öffnen eines Fensters aber nicht Absenken der Temperatur des Radiators im Raum), und damit in Szenario 2a doppelt so viele Tür- / Fensterkontakte erfordern würden.

- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Ein Cosy Radar Thermo-Hygrometer, ein Thermo-Hygro-Sender und ein Cosy Radar Gateway.

Kamera innen:

- Ausstattung: Eine Innenkamera. Die Kamera ist direkt über WLAN angebunden, d.h. über den vorhandenen Router. Letzterer liegt aber außerhalb der Systemgrenzen.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Kamera an den 30 Abwesenheitstagen pro Jahr 24 Stunden pro Tag im An-Modus ist und an den übrigen 335 Tagen im Jahr 10 Stunden pro Tag im An-Modus und ansonsten im Standby Modus ist.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Eine Bosch 360° Innenkamera (WLAN).

Rauchmelder:

- Ausstattung: Zwei Rauchmelder, die akustischen Alarm geben und zusätzlich im Alarmfall eine Benachrichtigung auf die Nutzerschnittstelle schicken. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- Nutzungsmuster: Die Rauchmelder sind an 365 Tagen 24 Stunden pro Tag bereit.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Zwei batteriebetriebene Magenta SmartHome Rauchmelder, die kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 sind.

Smart Home Zentrale

Wie Szenario 1a Energie.

Nutzerschnittstelle:

Wie Szenario 1a Energie.

3.3.1.4. Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort

In Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort wird angenommen, dass zusätzlich zu Szenario 2a Energie + Sicherheit zwei weitere Smart Home-Anwendungen mit Bezug zu Komfort eingesetzt werden:

Beleuchtung:

- Ausstattung: 10 smarte LED-Lampen, die über eine eigene zentrale Steuereinheit angesteuert werden. Die Lampen haben eine Helligkeit von 806 Lumen und entsprechen damit einer 60 Watt Glühlampe. Des Weiteren gehören 5 Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor zur Ausstattung.
- Nutzungsmuster: Zusätzlich zum Szenario 2a wird ein Rebound-Effekt erwartet und pauschal angenommen, dass die Lampen 25 % länger angeschaltet sind als in Szenario 2a.
- Energieeinsparung: –

- Beispielhafte Produkte: 10 Philips Hue Lampen White and Color Ambiance E27; 5 Hue Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor (batteriebetrieben), 1 Hue Bridge.

Rolladensteuerung:

- Ausstattung: 4 Fenster / Fenstertüren sind mit einem elektrischen Rolladenmotor und einem smarten Schalter ausgestattet, so dass die Rollläden von einer Nutzerschnittstelle aus bedient werden können. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- Nutzungsmuster: Zusätzlich zu Szenario 2a wird angenommen, dass die Rollläden bei starker Sonneneinstrahlung resp. starker Hitze automatisch herunter- und anschließend wieder herauf-fahren und damit eine Überhitzung des Gebäudeinneren vermeiden. Konkret werden jährlich 10 Hitzetage mit mindestens 30°C Außentemperatur angenommen.
- Energieeinsparung: Es wird eine Einsparung der Heizenergie um 2 % angenommen. Hintergrund: siehe Szenario 1a. Hinweis: Da für die Wohnung keine Klimaanlage angenommen wurde, ergibt sich aus dem Hitzeschutz nur ein Komfortgewinn, aber keine zusätzliche Energieeinsparung.
- Beispielhafte Produkte: 4 eQ-3 Homematic IP Rolladenaktoren, 4 Rolladenmotoren IP. Die Rolladenaktoren sind kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2.

Heizkörperthermostat:

Wie Szenario 1a Energie.

Tür-/Fensterkontakt:

Wie Szenario 2a Energie + Sicherheit.

Raumluftsensor:

Wie Szenario 2a Energie + Sicherheit.

Smarter Zwischenstecker:

Wie Szenario 1a Energie.

Überwachungskamera innen:

Wie Szenario 2a Energie + Sicherheit.

Rauchmelder:

Wie Szenario 2a Energie + Sicherheit.

Lautsprecher:

- Ausstattung: Zwei Lautsprecher, die über eine vorhandene Steuereinheit gesteuert werden.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Lautsprecher an 335 Tagen im Jahr für 1,5 Stunden täglich zum Musikhören genutzt werden. Die übrige Zeit sind die Lautsprecher im Standby-Modus. Für die Berechnung des Stromverbrauchs wird nur der Standby-Verbrauch angesetzt, da bei der eigentlichen Nutzung kein Unterschied zu den nicht smarten Modellhaushalten besteht.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Zwei Lautsprecher Sonos PLAY:1, die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel sind.

Staubsauger:

- **Ausstattung:** Ein smarterer Saugroboter, der direkt über WLAN angebunden ist, d.h. über den vorhandenen Router. Letzterer liegt aber außerhalb der Systemgrenzen. Außerdem besitzt der Haushalt für unzugänglichere Ecken noch einen manuell zu betreibenden Staubsauger.
- **Nutzungsmuster:** Es wird angenommen, dass der Saugroboter einmal in der Woche eingesetzt wird 52 und jeweils 1,07 Stunden für das Saugen benötigt. Pro Saugvorgang muss er drei Stunden an der Ladestation aufgeladen werden. Die übrige Zeit ist er im Standby-Modus an der Ladestation. Zusätzlich dazu wird ein nicht smarterer Staubsauger genutzt, ein Saugvorgang dauert aber nur 0,5h (52 Mal pro Jahr).
- **Energieeinsparung:** –
- **Beispielhafte Produkte:** Ein iRobot Roomba 980 mit Ladestation.

Smart Home Zentrale:

Wie Szenario 1a Energie.

Nutzerschnittstelle:

Wie Szenario 1a Energie.

3.3.2. Definition der Modellhaushalte Haus (Referenzhaushalt b, Szenario 1b, 2b und 3b)

3.3.2.1. Referenzhaushalt b

Beim Referenzhaushalt b handelt es sich um einen Haushalt, der in einem Haus lebt und dessen Warmwasserbereitung nicht elektrisch ist. Die Eckdaten zu Wohnfläche, Energiestandard bzw. Heizwärmebedarf für den Referenzhaushalt b wurden der Studie (Mailach 2017) entnommen, da in dieser Studie der Einspareffekt durch smarte Anwendungen, insbesondere smarte Heizungssteuerung, Heizungsthermostate, Tür- / Fensterkontakte untersucht wurde.

Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 3-4: Eckdaten des Referenzhaushalts b (Haus)

Bezeichnung	Wert	Einheit	Bezugsjahr	Quelle	Kommentar
Wohnfläche	125	m ²	2017	(Mailach 2017)	
Endenergie Heizung und Trinkwassererwärmung	20.271	kWh/a	2017	(Mailach 2017)	
Stromverbrauch	3.000	kWh/a	2019	(Stromspiegel)	
Abwesenheiten	30	Tage/Jahr		Eigene Annahme	z.B. aufgrund von Ferien
Heiztage	249	Tage/Jahr		(Deutscher Wetterdienst 2019)	für Frankfurt
Hitzetage	10	Tage/Jahr	Mittelwert (2010-2019, gerundet)	(Deutscher Wetterdienst 2019)	

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Der Referenzhaushalt b besitzt keine Smart Home-Anwendungen. Die den Smart Home-Anwendungen äquivalenten Funktionen basieren entweder auf manueller Betätigung (z.B. Rollläden Herauf- und Herunterfahren, Staubsaugen) oder entfallen (z.B. Kamera innen / außen, Raumluftsensor). Weitere Details dazu sind im Anhang in Kapitel 8.1 dargestellt.

3.3.2.2. Szenario 1b Energie

In Szenario 1b Energie wird angenommen, dass insgesamt 7 Smart Home-Anwendungen mit Bezug zum Energiesparen eingesetzt werden:

Beleuchtung:

- Ausstattung: 15 smarte LED-Lampen, die über eine eigene zentrale Steuereinheit angesteuert werden. Die Lampen haben eine Helligkeit von 806 Lumen und entsprechen damit einer 60 Watt Glühlampe. Des Weiteren gehören 5 Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor zur Ausstattung.
- Nutzungsmuster: Als Ausgangspunkt dient der Referenzhaushalt (a), für den angenommen wird, dass alle 15 Lampen 2 Stunden pro Tag an 335 Tagen im Jahr brennen. Es wird pauschal angenommen, dass durch die Bewegungs- und Tageslichtsensoren die Brenndauer gegenüber dem Referenzhaushalt um 10 % kürzer ist, d.h. nur 1,8 Stunden pro Tag und Lampe.
- Energieeinsparung: 10 % Reduktion der Lampenbrenndauer bezogen auf das Niveau des Referenzhaushalts. Hintergrund: eigene Annahme.
- Beispielhafte Produkte: 15 Philips Hue Lampen White and Color Ambiance E27; 5 Hue Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor (batteriebetrieben), 1 Hue Bridge.

Heizungssteuerung:

- Ausstattung: Eine smarte Heizungssteuerung, die über WLAN angebunden und über Funk mit 5 smarten Heizkörperthermostaten verbunden ist. Die Heizungssteuerung kann mit Hilfe einer App über die Nutzerschnittstelle bedient werden.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Heizungssteuerung An- und Abwesenheiten erkennt und die Temperatur entsprechend automatisch erhöht bzw. senkt und mit einem Online-Wetterdienst verbunden ist. Mit Hilfe der Heizkörperthermostate werden in unterschiedlichen Räumen jeweils dem Bedarf entsprechend unterschiedliche Temperaturen eingestellt (z.B. im Schlafzimmer niedrigere Temperaturen als im Badezimmer).
- Energieeinsparung: Es wird eine Einsparung um 11,5 % des Heizwärmeverbrauchs angenommen. Hintergrund: In der Studie (Mailach 2017) wurde untersucht, welche Energieeinsparpotenziale mit smarten Anwendungen im Bereich Heizung verbunden sind. Dabei wurde für eine Kombination von Maßnahmen einer intelligenten Heizungssteuerung (z.B. Heizkurveneinstellung (Kesselansteuerung), Präsenzkontrolle (Personenerfassung) und Anheiz- und Heizende-Option) im Mittel ein Wert von 11,5 % Einsparung angegeben.
- Beispielhafte Produkte: Eine Heizungssteuerung EasyControl CT200 und 5 batteriebetriebene Heizkörperthermostate, die mit der Heizungssteuerung kompatibel sind (z.B. Bosch).

Rollladensteuerung:

- **Ausstattung:** 8 Fenster / Fenstertüren sind mit einem elektrischen Rollladenmotor und einem smarten Schalter ausgestattet, sodass die Rollläden von einer Nutzerschnittstelle aus bedient werden können. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- **Nutzungsmuster:** Es werden täglich je ein Öffnungs- und ein Schließvorgang angenommen. Die Rollläden werden in der Heizperiode (249 Heiztage pro Jahr) automatisch abends geschlossen und morgens wieder geöffnet.
- **Energieeinsparung:** Es wird eine Einsparung der Heizenergie um 2 % angenommen. Hintergrund: Die Annahme, dass mit dem konsequenten Schließen der Rollläden in der Heizperiode 2% Heizenergie eingespart werden können, basiert auf einer Studie des Instituts für Fenstertechnik in Rosenheim (Demel 2015) sowie der Annahme, dass die Modellhaushalte (a) Wohnung 10 m² Fensterfläche hat. Pro Quadratmeter Fenster können durch die Rollläden ungefähr 20 kWh/Jahr gespart werden (Seite 7 in Demel 2015), aus der Abbildung). Damit wird ein moderner, sehr verbreiteter Fenstertyp berücksichtigt. Insgesamt können damit 200 kWh pro Jahr gespart werden, was ungefähr 2% des Heizwärmebedarfs der Wohnung entspricht. Dieses Einsparpotenzial von 2 % wurde vereinfachend auch für die Modellhaushalte (b) Haus angenommen.
- **Beispielhafte Produkte:** 8 eQ-3 Homematic IP Rollladenaktoren, 8 Rollladenmotore IP. Die Rollladenaktoren sind kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2.

Tür- / Fensterkontakt:

- **Ausstattung:** Tür- / Fensterkontakte, die über die vorhandene zentrale Steuereinheit angesteuert, und von der Nutzerschnittstelle aus bedient werden.
- **Nutzungsmuster:** Sobald in der Heizperiode ein Fenster / eine Tür geöffnet ist, sorgen die entsprechenden Tür- / Fensterkontakte dafür, dass die Radiatoren im jeweiligen Raum herunterge-regelt werden, um zu verhindern, dass „zum Fenster hinaus“ geheizt wird.
- **Energieeinsparung:** Es wird eine Einsparung von 0,5 % angenommen. Hintergrund: In der Studie (Mailach 2017) wurde untersucht, welche Energieeinsparpotenziale mit smarten Anwendungen im Bereich Heizung verbunden sind. Dabei wurde für „Fensterdiagnose“ im Altbau ein Einsparpotenzial bei der Heizwärme von 0,5 % konstatiert. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Berechnung mit einer Einsparung von 0,5 % bei Heizwärme gerechnet.
- **Beispielhafte Produkte:** 10 batteriebetriebene eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakte verdeckt, die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel sind.

Smarter Zwischenstecker:

- **Ausstattung:** Der Haushalt ist mit einem smarten Zwischenstecker ausgestattet, der die Stereoanlage steuert.
- **Nutzungsmuster:** Es wird angenommen, dass die Stereoanlage an 335 Tagen im Jahr für 1,5 Stunden pro Tag in Betrieb ist und die übrige Zeit durch den smarten Zwischenstecker ausgeschaltet wird.
- **Energieeinsparung:** Da die Stereoanlage während der Zeit, in der sie nicht genutzt wird, durch den smarten Zwischenstecker ausgeschaltet wird und nicht im Standby-Betrieb ist, spart die Anwendung gegenüber dem Referenzhaushalt, in dem die Stereoanlage in dieser Zeit im Standby-Betrieb bleibt, Strom. Konkret ist sie an 30 Tagen im Jahr 24 Stunden pro Tag und an 335 Tagen im Jahr 22,5 Stunden pro Tag ausgeschaltet statt im Standby-Betrieb.

- Beispielhafte Produkte: 1 smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller), die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel ist.

Smart Home-Zentrale

- Ausstattung: Um die Smart Home-Anwendungen nutzen zu können, ist eine zentrale Steuereinheit notwendig.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Smart Home Zentrale täglich 8 Stunden im An-Modus und 16 Stunden im Standby-Modus ist.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Magenta SmartHome Home Base 2.

Nutzerschnittstelle:

- Ausstattung: Es wird angenommen, dass der Haushalt ein Tablet besitzt, mit dem die Smart Home-Anwendungen gesteuert werden.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass das Tablet täglich 6 Stunden im An-Modus und 18 Stunden im Standbybetrieb ist.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Ein Tablet mit 10-11 Zoll Bildschirmdiagonale, Durchschnittliche Leistungsaufnahme verschiedener Geräte von Apple.

3.3.2.3. Szenario 2b Energie + Sicherheit

In Szenario 2b Energie + Sicherheit wird angenommen, dass die Anwendungen des Szenarios 1b Energie eingesetzt werden, z.T. aber andere Nutzungsmuster besitzen, und zusätzlich vier weitere Smart Home-Anwendungen mit Bezug zu Sicherheit eingesetzt werden:

Beleuchtung:

- Ausstattung: 15 smarte LED-Lampen, die über eine eigene zentrale Steuereinheit angesteuert werden. Die Lampen haben eine Helligkeit von 806 Lumen und entsprechen damit einer 60 Watt Glühlampe. Des Weiteren gehören 5 Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor zur Ausstattung.
- Nutzungsmuster: Zusätzlich zum Nutzungsmuster im Szenario 1a Energie wird angenommen, dass die Lampen bei Abwesenheit nach einem programmierten Muster automatisch gesteuert werden, d.h. auch an den 30 Abwesenheitstagen jeweils 1,8 Stunden pro Tag brennen, insgesamt also 365 Tage im Jahr 1,8 Stunden pro Tag brennen.
- Energieeinsparung: 2 % Reduktion der Lampenbrenndauer bezogen auf das Niveau des Referenzhaushalts.
- Beispielhafte Produkte: 15 Philips Hue Lampen White and Color Ambiance E27; 5 Hue Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor (batteriebetrieben), 1 Hue Bridge.

Heizungsanlagensteuerung:

Wie Szenario 1b Energie.

Rollladensteuerung:

- **Ausstattung:** 8 Fenster / Fenstertüren sind mit einem elektrischen Rollladenmotor und einem smarten Schalter ausgestattet, sodass die Rollläden von einer Nutzerschnittstelle aus bedient werden können. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- **Nutzungsmuster:** Zusätzlich zum Nutzungsmuster im Szenario 1a Energie wird angenommen, dass die Rollläden auch außerhalb der Heizperiode, d.h. das ganze Jahr (365 Tage pro Jahr) automatisch abends geschlossen und morgens wieder geöffnet werden.
- **Energieeinsparung:** Es wird eine Einsparung der Heizenergie um 2 % angenommen. Hintergrund: siehe Szenario 1b.
- **Beispielhafte Produkte:** 8 eQ-3 Homematic IP Rollladenaktoren, 8 Rollladenmotore IP. Die Rollladenaktoren sind kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2.

Tür-/Fensterkontakt:

- **Ausstattung:** 6 Tür- / Fensterkontakte, die über die vorhandene zentrale Steuereinheit angesteuert und von der Nutzerschnittstelle aus bedient werden. Es wird angenommen, dass die eingesetzten Tür-/Fensterkontakte sowohl die Funktionen für Szenario 1a als auch für Szenario 2a erfüllen können².
- **Nutzungsmuster:** Zusätzlich zum Nutzungsmuster im Szenario 1a Energie wird angenommen, dass bei Abwesenheit durch das Öffnen von Fenster oder Tür(en) ein Alarm ausgelöst wird und eine Benachrichtigung an die Nutzerschnittstelle geschickt wird.
- **Energieeinsparung:** Es wird eine Einsparung von 0,5 % angenommen. Hintergrund: siehe Szenario 1b.
- **Beispielhafte Produkte:** 6 batteriebetriebene eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt, die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel sind.

Smarter Zwischenstecker:

Wie Szenario 1a Energie.

Raumluftsensor:

- **Ausstattung:** Ein Raumluftsensor, der Luftfeuchtigkeit und Temperatur misst und die Daten an die Nutzerschnittstelle weiterleitet. Die Anwendung verfügt über eine eigene Steuereinheit.
- **Nutzungsmuster:** Der Raumluftsensor ist immer aktiv, d.h. an 365 Tagen im Jahr und 24 Stunden pro Tag im An-Modus. Der Nutzer wird darauf hingewiesen, wenn aufgrund hoher Luftfeuchtigkeit Lüftungsbedarf besteht und hilft so Schimmel zu vermeiden (Sicherheitsaspekt).
- **Energieeinsparung:** –
- **Beispielhafte Produkte:** Ein Cosy Radar Thermo-Hygrometer, ein Thermo-Hygro-Sender und ein Cosy Radar Gateway.

² Hinweis: Es sind auch Produkte auf dem Markt, die jeweils nur eine der beiden Funktionen erfüllen (z.B. Alarm bei Öffnen eines Fensters aber nicht Absenken der Temperatur des Radiators im Raum), und damit in Szenario 2a doppelt so viele Tür- / Fensterkontakte erfordern würden.

Kamera innen:

- Ausstattung: Zwei Innenkameras. Die Kameras sind direkt über WLAN angebunden, d.h. über den vorhandenen Router. Letzterer liegt aber außerhalb der Systemgrenzen.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Kameras an den 30 Abwesenheitstagen pro Jahr 24 Stunden pro Tag im An-Modus sind und an den übrigen 335 Tagen im Jahr 10 Stunden pro Tag im An-Modus und ansonsten im Standby Modus sind.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Zwei Bosch 360° Innenkameras (WLAN).

Kamera außen:

- Ausstattung: Zwei Außenkameras. Die Kameras sind direkt über WLAN angebunden, d.h. über den vorhandenen Router. Letzterer liegt aber außerhalb der Systemgrenzen.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Kameras an den 30 Abwesenheitstagen pro Jahr 24 Stunden pro Tag im An-Modus sind und an den übrigen 335 Tagen im Jahr 10 Stunden pro Tag im An-Modus und ansonsten im Standby Modus sind.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Zwei Bosch 360° Außenkameras (WLAN).

Rauchmelder:

- Ausstattung: Drei Rauchmelder, die akustischen Alarm geben und zusätzlich im Alarmfall eine Benachrichtigung auf die Nutzerschnittstelle schicken. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- Nutzungsmuster: Die Rauchmelder sind an 365 Tagen 24 Stunden pro Tag bereit.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Drei batteriebetriebene Magenta SmartHome Rauchmelder, die kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 sind.

Smart Home Zentrale:

Wie Szenario 1b Energie.

Nutzerschnittstelle:

Wie Szenario 1b Energie.

3.3.2.4. Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort

In Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort wird angenommen, dass zusätzlich zu Szenario 2b Energie + Sicherheit vier weitere Smart Home-Anwendungen mit Bezug zu Komfort eingesetzt werden:

Beleuchtung:

- Ausstattung: 15 smarte LED-Lampen, die über eine eigene zentrale Steuereinheit angesteuert werden. Die Lampen haben eine Helligkeit von 806 Lumen und entsprechen damit einer 60 Watt Glühlampe. Des Weiteren gehören 5 Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor zur Ausstattung.

- **Nutzungsmuster:** Zusätzlich zum Szenario 2b wird ein Rebound-Effekt erwartet und pauschal angenommen, dass die Lampen 25 % länger angeschaltet sind als in Szenario 2a.
- **Energieeinsparung:** –
- **Beispielhafte Produkte:** 15 Philips Hue Lampen White and Color Ambiance E27; 5 Hue Bewegungssensoren mit integriertem Tageslichtsensor (batteriebetrieben), 1 Hue Bridge.

Heizungsanlagensteuerung:

Wie Szenario 1b Energie.

Rollladensteuerung:

- **Ausstattung:** 8 Fenster / Fenstertüren sind mit einem elektrischen Rollladenmotor und einem smarten Schalter ausgestattet, sodass die Rollläden von einer Nutzerschnittstelle aus bedient werden können. Die Steuerung erfolgt über die vorhandene zentrale Steuereinheit.
- **Nutzungsmuster:** Zusätzlich zu Szenario 2b wird angenommen, dass die Rollläden bei starker Sonneneinstrahlung resp. starker Hitze automatisch herunter- und anschließend wieder herauf-fahren und damit eine Überhitzung des Gebäudeinneren vermeiden. Konkret werden jährlich 10 Hitzetage mit mindestens 30°C Außentemperatur angenommen.
- **Energieeinsparung:** Es wird eine Einsparung der Heizenergie um 2 % angenommen. Hintergrund: siehe Szenario 1b. Hinweis: Da für die Wohnung keine Klimaanlage angenommen wurde, ergibt sich aus dem Hitzeschutz nur ein Komfortgewinn, aber keine zusätzliche Energieeinsparung.
- **Beispielhafte Produkte:** 8 eQ-3 Homematic IP Rollladenaktoren, 8 Rollladenmotore IP. Die Rollladenaktoren sind kompatibel mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2.

Tür-/Fensterkontakt:

Wie Szenario 2b Energie + Sicherheit.

Raumluftsensor:

Wie Szenario 2b Energie + Sicherheit.

Smarter Zwischenstecker:

Wie Szenario 1b Energie.

Überwachungskamera innen:

Wie Szenario 2b Energie + Sicherheit.

Überwachungskamera außen:

Wie Szenario 2b Energie + Sicherheit.

Rauchmelder:

Wie Szenario 2b Energie + Sicherheit.

Lautsprecher:

- **Ausstattung:** Vier Lautsprecher, die über eine vorhandene zentrale Steuereinheit gesteuert werden.

- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Lautsprecher an 335 Tagen im Jahr für 1,5 Stunden täglich zum Musikhören genutzt werden. Die übrige Zeit sind die Lautsprecher im Standby-Modus. Für die Berechnung des Stromverbrauchs wird nur der Standby-Verbrauch angesetzt, da bei der eigentlichen Nutzung kein Unterschied zu den nicht smarten Modellhaushalten besteht.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Vier Lautsprecher Sonos PLAY:1, die mit der zentralen Steuereinheit Magenta SmartHome Home Base 2 kompatibel sind.

Staubsauger:

- Ausstattung: Ein smarter Saugroboter, der direkt über WLAN angebunden ist, d.h. über den vorhandenen Router. Letzterer liegt aber außerhalb der Systemgrenzen. Außerdem besitzt der Haushalt für unzugänglichere Ecken und ggf. Treppen noch einen manuell zu betreibenden Staubsauger.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass der Saugroboter einmal in der Woche eingesetzt wird und jeweils 1,39 Stunden für das Saugen benötigt. Pro Saugvorgang muss er drei Stunden an der Ladestation aufgeladen werden. Die übrige Zeit ist er im Standby-Modus an der Ladestation. Zusätzlich dazu wird ein nicht smarter Staubsauger genutzt. Ein Saugvorgang dauert aber nur 0,5h (52 Mal pro Jahr).
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Ein iRobot Roomba 980 mit Ladestation.

Rasenmäher:

- Ausstattung: Ein smarter Rasenmäher, der über eine eigene Zentraleinheit gesteuert wird.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass der Mähroboter automatisch eine Rasenfläche von 500 m² Fläche mäht. Der Hersteller gibt hierfür einen Stromverbrauch von monatlich 4 kWh an. Es wird angenommen, dass der Mähroboter das ganze Jahr über mäht und damit einen Jahresstromverbrauch von 48 kWh hat.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Ein Mähroboter Gardena smart SILENO city (Arbeitsbereichskapazität: 500 m²) und ein Gardena smart Gateway.

Gartenbewässerung:

- Ausstattung: Eine smarte Steuerung der Wasserversorgung im Garten. Sie verfügt über eine eigene Steuereinheit die den Zugriff über eine Nutzerschnittstelle sicherstellt.
- Nutzungsmuster: Es wird angenommen, dass die Gartenbewässerung automatisch erfolgt.
- Energieeinsparung: –
- Beispielhafte Produkte: Ein batteriebetriebener smart Water control und ein Gardena smart Gateway.

Smart Home Zentrale:

Wie Szenario 1b Energie.

Nutzerschnittstelle: Wie Szenario 1b Energie.

3.4. Datengrundlage zum Energieverbrauch und den Nutzungsmustern der smarten Anwendungen und Steuereinheiten

3.4.1. Zentrale Steuereinheiten

Es wird angenommen, dass die smarten Anwendungen mit wenigen Ausnahmen übergreifend über eine zentrale Steuereinheit gesteuert werden können. Für die übrigen smarten Anwendungen sind jeweils eigene Steuereinheiten notwendig (z.B. Gartenbewässerung und smarter Mähroboter) bzw. die Produkte unterschiedlicher Hersteller sind nicht kompatibel. Dies soll zum einen die Situation abbilden, dass für bestimmte Anwendungen keine andere Option existiert, zum anderen aber auch abbilden, dass Verbraucher*innen ihre Smart Home-Ausstattung nicht von vorneherein in ihrer Gesamtheit planen und es einfacher sein kann, neue Anwendungen mit ihrer jeweils eigenen Steuereinheit einzubauen.

In der Summe ergibt sich für die jeweils eingesetzten Steuereinheiten ein Jahresstromverbrauch zwischen 90,52 kWh/a (Szenarien 1a/b), 119,1 kWh/a (Szenarien 2a/b und 3a) und 140,9 kWh/a (Szenario 3b). Die Berechnungsgrundlagen und Nutzungsmuster sind in den Tabellen Tabelle 3-5 und Tabelle 3-6 dargestellt.

Tabelle 3-5: Überblick über die in der Analyse zugrunde gelegten Steuereinheiten sowie deren Leistungsaufnahme im An- und im Standby-Modus und die Effizienz des Netzteils

Bereich	Bezeichnung	Leistungsaufnahme in An-Modus [Watt]	Leistungsaufnahme in Standby-Modus [Watt]	Effizienz Netzteil	Quelle
Übergreifend	Magenta SmartHome Home Base 2	10	3,6	73%	(Telekom)
Beleuchtung	Philips Hue Bridge	3	1,5*	64%	(Philips)
Raumluftsensor	Cosy Radar Gateway	2	2*	61%	(TFA)
Garten	Gardena smart Gateway	5	2	68%	(Gardena)

* Eigene Annahme nach Ökodesign-Anforderungen für vernetzten Bereitschaftsbetrieb

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Tabelle 3-6: Überblick über die Nutzungsmuster und den Jahresstromverbrauch der Steuereinheiten

Bereich	Bezeichnung	An-Modus [h/d]	Standby-Modus [h/d]	Stromverbrauch [kWh/Jahr]
Übergreifend	Magenta SmartHome Home Base 2	6	16	68,45
Beleuchtung	Philips Hue Bridge	S1/S2: 1,8 S3: 2,25	S1/S2: 22,2 S3: 21,75	S1/S2: 22,07 S3: 22,46
Raumluftsensor	Cosy Radar Gateway	24	0	28,58
Garten	Gardena smart Gateway	2	22	21,41

Quelle: Eigene Berechnung

3.4.2. Smarte Anwendungen

Die den Modellhaushalten zugrunde gelegten smarten Anwendungen mit Netzbetrieb sind in nachfolgender Tabelle 3-7 mit ihren jeweiligen Leistungsaufnahmen im Standby- und An-Modus zusammengestellt.

Für den Mähroboter gibt der Hersteller nur einen Stromverbrauch von 4 kWh pro Monat für einen Arbeitsbereich von 500 m² an³, separate Angaben zur Leistungsaufnahme der Ladestation sind nicht verfügbar. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Ladung des Mähroboters an der Ladestation im angegebenen Stromverbrauch enthalten ist. Vor diesem Hintergrund ist die Ladestation des Mähroboters aber in der nachstehenden Tabelle nicht mitaufgeführt.

³ Vgl. <https://www.gardena.com/de/produkte/rasenpflege/mahroboter/sileno-city/967647203/>

Tabelle 3-7: Überblick über die in der Analyse zugrunde gelegten smarten Anwendungen mit netzbetriebener Stromversorgung sowie deren Leistungsaufnahme im An- und im Standby-Modus und die Effizienz des Netzteils

Bereich	Bezeichnung	Leistungsaufnahme in An-Modus [Watt]	Leistungsaufnahme in Standby-Modus [Watt]	Quelle
Beleuchtung	Philips White and Color Ambiance E27 (806 lm)	9	0,5	(Philips)
Heizungssteuerung	Bosch EasyControl CT200	0,9	-	(Bosch 2019)
Rolladenaktoren	eQ-3 Homematic IP Rolladenaktor	155	0,5	(Conrad; HomeMatic)
Kamera innen	Bosch 360° Innenkamera	6	2*	(Bosch)
Kamera außen	Bosch Eyes Außenkamera	15	2*	(Bosch)
Lautsprecher	Sono:Play 1	**	3,8	(Sonos)
Saugroboter	Ladestation - iRobot Roomba 980	Laden: 27,2	Ohne Saugroboter: 0,5 Mit Saugroboter: 4,4	(Dirscherl 2017)

* Eigene Annahme nach Ökodesign-Anforderungen für vernetzten Bereitschaftsbetrieb

** wird nicht betrachtet

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Die jeweiligen Nutzungsmuster der unterschiedlichen smarten Anwendungen in den verschiedenen Szenarien sind in Kapitel 8.1 im Anhang dargestellt.

3.4.3. Exkurs batteriebetriebene Geräte

In den Modellhaushalten kommt neben netzbetriebenen Geräten auch eine Reihe an batteriebetriebenen Geräten zum Einsatz. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben ist, liegen diese Batterien außerhalb der Systemgrenzen der vorliegenden Analyse. Vor diesem Hintergrund soll an dieser Stelle nur ein Überblick über die Anzahl an eingesetzten Batterien gegeben werden. Nachstehende Tabelle gibt dabei zunächst einen Überblick über Typ und Anzahl Batterien pro Gerät.

Tabelle 3-8: Überblick über Anzahl und Typ der in den batteriebetriebenen smarte Anwendungen Batterien

Smarte Anwendung	Anzahl Batterien pro Gerät	Batterie-Typ	Lebensdauer
Bewegungsmelder (Tageslichtsensor integriert)	2	AAA	2-3 Jahre
Heizkörperthermostat	2	AA	2-8 Jahre
Tür-/Fensterkontakt	2	AAA	
Raumluftsensor	4	AAA	
Rauchmelder	2	AA	10 Jahre
	1	CR-123A	
Staubsauger	1	Lithium-Ionen-Akku	
Mähroboter	1	Lithium-Ionen-Akku	
Gartenbewässerung	3	AA	6 Monate

Quelle: Eigene Zusammenstellung aus Herstellerangaben

Insgesamt werden, wie in Tabelle 3-11 dargestellt ist, in den Modellhaushalten mit smarten Anwendungen für die darin enthaltenen batteriebetriebenen Geräte zwischen 26 und 34 AAA Batterien, 14-25 AA Batterien, bis zu 3 CR-123A Batterien sowie bis zu 2 Lithium-Ionen-Akkus benötigt. Die Lebensdauer der Batterien ist dabei je nach Einsatzbereich und tatsächlicher Nutzung unterschiedlich (vgl. z.B. Pätz et al. 2015) und liegt nach Herstellerangaben bei zwischen 6 Monaten und 10 Jahren.

Im Anhang befindet sich in Tabelle 8-24 eine nach Anwendung und Modellhaushalt differenzierte Zusammenstellung der benötigten Batterien.

Tabelle 3-9: Überblick über die in den Modelhaushalten in batteriebetriebenen Geräten eingesetzten Anzahl und Typen an Batterien.

	Szenario	AAA Batterien [Anzahl]	AA Batterien [Anzahl]	CR-123A Batterien	Lithium-Ionen-Akku [Anzahl]
	Referenzhaushalt Wohnung	0	4	0	0
	Referenzhaushalt Haus	0	6	0	0
Wohnung	S1a	26	14	0	0
	S2a	26	14	2	0
	S3a	26	14	2	1
Haus	S1b	34	22	0	0
	S2b	34	22	3	0
	S2c	34	25	3	2

Quelle: Eigene Zusammenstellung

3.4.4. Nutzerschnittstelle

Um die Smart Home-Anwendungen steuern zu können, wird eine Nutzerschnittstelle benötigt. Im Rahmen der Analyse wurde angenommen, dass es sich dabei um ein Tablet handelt, das nur für diesen Zweck verwendet wird. Die spezifischen Annahmen zur Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen sowie dem Nutzungsmuster sind Tabelle 3-8 zu entnehmen.

Tabelle 3-10: Überblick über die Annahmen zur Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen sowie dem Nutzungsmuster der Nutzerschnittstelle Tablet

Nutzerschnittstelle Tablet	Wert	Einheit
Zeitdauer im An-Modus	6	h/d
Zeitdauer im Standby-Modus	18	h/d
Leistungsaufnahme im An-Modus	3,09	Watt
Leistungsaufnahme im Standby-Modus	0,30	Watt
Wirkungsgrad des Netzteils	81%	Prozent
Jahresstromverbrauch	10,34	kWh/a

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Herstellerangaben (Apple)

Nutzerschnittstellen, die eine Sprachsteuerung ermöglichen sind heute noch wenig verbreitet, es ist aber davon auszugehen, dass sie zukünftig stärker genutzt werden (Deloitte 2018). Beispielhaft wurde dafür der Jahresstrombedarf für eine Sprachsteuerung mit Amazon Echo Plus angenommen (vgl. Tabelle 3-9)

Tabelle 3-11: Überblick über die Annahmen zur Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen sowie dem Nutzungsmuster einer Nutzerschnittstelle mit Sprachsteuerung am Beispiel von Amazon Echo Plus

Nutzerschnittstelle Amazon Echo Plus	Wert	Einheit
Zeitdauer im An-Modus	8	h/d
Zeitdauer im Standby-Modus	8	h/d
Zeitdauer im Aus-Modus	8	h/d
Zeitdauer Tage pro Jahr anwesend	335	d/a
Leistungsaufnahme im An-Modus	3,20	Watt
Leistungsaufnahme im Standby-Modus	2,90	Watt
Leistungsaufnahme im Aus-Modus (+30 Tage abwesend, 24h/d im Aus-Zustand)	0,50	Watt
Wirkungsgrad des Netzteils	73%	Prozent
Jahresstromverbrauch	24,60	kWh/a

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Herstellerangaben (Apple)

4. Herstellerangaben zur Energieeinsparung

Die Aussagen der Hersteller und Anbieter von Smart Home-Anwendungen zu potenziellen Energieeinsparungen durch ihre Produkte sind in der Regel nur qualitativ. Sie werden im Zusammenhang mit folgenden smarten Anwendungen gemacht: Heizungssteuerung, Tür- / Fensterkontakt, Heizkörperthermostat, Raumthermostat, Bewegungsmelder zur automatischen Regelung von Beleuchtung, Zwischenstecker, Rollladensteuerung.

Beispiel für eine typische Werbeaussage im Zusammenhang mit Energie und den oben aufgeführten Smart Home-Anwendungen: „*Energiesparen leicht gemacht. Dein Zuhause denkt mit und reguliert die Heizung automatisch, denn Energie ist ein kostbares Gut. Schone die Umwelt – Deinen Geldbeutel freut es auch*“⁴.“ Betont werden in der Regel die Bequemlichkeit (z.B. mit Ausdrücken wie „leicht gemacht“, „automatisch“), der Komfort (z.B. mit Ausdrücken wie „Wohlfühltemperatur“), die Kostenersparnis sowie der Beitrag zu Umweltschutz und/oder Nachhaltigkeit durch entsprechende Smart Home-Anwendungen.

Quantitative Angaben dazu, welche Einsparungen mit den jeweiligen Anwendungen konkret erreicht werden können, werden nur selten gemacht und wenn dann eher in übergreifenden Medienberichten. Beispielsweise geht Stiftung Warentest in ihrer Zeitschrift Test 8/2019 von 8 % Einsparpotenzial durch den Einsatz von smarten Heizkörperthermostaten aus, sofern es sich um eine schlecht gedämmte Wohnung handelt (Stiftung Warentest 2019). Teilweise gibt es allerdings Aussagen mit sehr viel höheren Einsparpotenzialen, die bis zu 30-40 % Heizenergieeinsparung reichen⁵.

Einerseits ist nachvollziehbar, dass im Wesentlichen qualitative Aussagen zu Energieeinsparungen gemacht werden. Dies ist vor dem Hintergrund der potenziell sehr unterschiedlichen Ausgangssituationen im Hinblick auf Energiestandard und Heizwärmeverbrauch und damit der individuell sehr unterschiedlichen Einsparpotenziale nachvollziehbar und letztlich auch seriös. Nichtsdestotrotz kann – trotz fehlender quantitativer Aussagen – bei Verbraucher*innen leicht der Eindruck entstehen, dass hohe Einsparpotenziale bestehen, ohne dass dies im Einzelfall unbedingt gegeben sein muss. Insgesamt ist es für Verbraucher*innen daher auch schwer einzuschätzen, inwiefern das jeweilige Produkt für sie einen konkreten Nutzen im Sinne einer Energie- und Kostenersparnis bringt, der den mit Anschaffung und Installation verbundenen Aufwand rechtfertigt.

⁴ Link: <https://www.smarthome.de/>

⁵ Z.B. <https://www.pcwelt.de/a/mit-smart-home-energie-sparen,3446460>

5. Ergebnisse für die verschiedenen Szenarien

5.1. Referenzhaushalte

5.1.1. Referenzhaushalt (a) Wohnung

Für den Referenzhaushalt (a) Wohnung werden für drei Bereiche Stromverbräuche angenommen: für Bereiche Beleuchtung, die Stereoanlage (nur Standby) und der Staubsauger. Die übrigen Anwendungen sind entweder nicht vorhanden (z.B. Tür-/Fensterkontakt, Raumluftsensor, smarter Zwischenstecker, Überwachungskamera innen) oder werden manuell betrieben (z.B. Rollläden, Heizkörperthermostate) bzw. sind batteriebetrieben (Rauchmelder). Außerdem wird keine Energieeinsparung bei Heizwärme angenommen. Die nachstehende Tabelle zeigt die Energieverbräuche im Einzelnen.

Tabelle 5-1: Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für den Referenzhaushalt (a) Wohnung nach Anwendungsbereichen

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie (Netz) [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	60	0
Rollladensteuerung	0	0
Heizkörperthermostat	0	0
Tür-/Fensterkontakt	0	0
Raumluftsensor	0	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	99	0
Überwachungskamera (innen)	0	0
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	0	0
Staubsauger	31	0
Smart Home Zentrale ²	0	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	0	0
Summe	190	0

1: Inkl. eigenes Steuergerät; 2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung und den Raumluftsensor, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Für den Vergleich zwischen den Referenzhaushalten und den Modellhaushalten in Szenario 1, 2 und 3 wurde angenommen, dass der als Gesamtverbrauch angenommene Stromverbrauch des Referenzhaushalts von 2.100 kWh/Jahr (Wohnung) die im Rahmen des Projekts angenommenen Verbräuche für die Beleuchtung, die Stereoanlage (nur Standby) und den Staubsauger einschließt.

Der Referenzhaushalt (a) hat wie in Tabelle 5-2 dargestellt ist insgesamt 635 Euro Strom und 628 Euro Heizkosten pro Jahr und gibt damit insgesamt 1.262 Euro jährlich für Energie aus. Für die Kostenberechnung wurde eine Gasheizung zugrunde gelegt.

Tabelle 5-2: Energiekosten für den Referenzhaushalt (a) Wohnung

	elektrische Energie (Netz)	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	2.100	10.122
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	635 €	628 €
Summe Energiekosten [Euro/a]	1.262 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-prom2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.1.2. Referenzhaushalt (b) Haus

Für den Referenzhaushalt (b) Haus werden für vier Bereiche Stromverbräuche angenommen: für Bereiche Beleuchtung, die Stereoanlage (nur Standby), der Staubsauger und der Rasenmäher. Die übrigen Anwendungen sind entweder nicht vorhanden (z.B. Tür-/Fensterkontakt, Raumluftsensor, smarter Zwischenstecker, Überwachungskamera innen und außen) oder werden manuell betrieben (z.B. Rollläden, Heizkörperthermostate, Gartenbewässerung) bzw. sind batteriebetrieben (Rauchmelder). Außerdem wird keine Energieeinsparung bei der Heizwärme angenommen. Die nachstehende Tabelle 5-3 zeigt die Energieverbräuche im Einzelnen.

Tabelle 5-3: Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für den Referenzhaushalt (b) Haus

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie (Netz) [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	90	0
Heizungsanlagensteuerung	0	0
Rollladensteuerung	0	0
Tür-/Fensterkontakt	0	0
Raumluftsensor ¹	0	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	99	0
Überwachungskamera (innen)	0	0
Überwachungskamera (außen)	0	0
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	0	0
Staubsauger	38	0
Rasenmäher ¹	21	0
Gartenbewässerung ¹	0	0
Smart Home Zentrale²	0	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	0	0
Summe	248	0

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Für den Vergleich zwischen den Referenzhaushalten und den Modellhaushalten in Szenario 1, 2 und 3 wurde angenommen, dass der als Gesamtverbrauch angenommene Stromverbrauch des Referenzhaushalts von 3.000 kWh/Jahr (Haus) die im Rahmen des Projekts angenommenen Verbräuche für die Beleuchtung, die Stereoanlage (nur Standby), den Staubsauger und den Rasenmäher einschließt.

Der Referenzhaushalt (b) hat wie in Tabelle 5-2 dargestellt ist insgesamt 907 Euro Strom- und 1.257 Euro Heizkosten pro Jahr und gibt damit insgesamt 2.163 Euro jährlich für Energie aus. Für die Kostenberechnung wurde eine Gasheizung zugrunde gelegt.

Tabelle 5-4: Energiekosten für den Referenzhaushalt (b) Haus

	elektrische Energie (Netz)	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	3.000	20.271
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	907 €	1.257 €
Summe Energiekosten [Euro/a]	2.163 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-prom2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.2. Szenario 1 Energie

5.2.1. Szenario 1a Energie (Wohnung)

In Szenario 1a Energie kommen smarte Anwendungen zum Einsatz, die zum Energiesparen beitragen. Diese benötigen zum Teil Strom aus dem Netz, zum Teil sind sie aber auch batteriebetrieben (vgl. Kapitel 3.4.4 und Kapitel 5.5). Tabelle 5-5 gibt einen Überblick über die Verbräuche an elektrischer Energie sowie die Einsparungen an thermischer Energie, die mit den smarten Anwendungen jeweils verbunden sind.

Tabelle 5-5: Ergebnis Stromverbrauch (Netz) und Einsparung Heizenergie differenziert nach Anwendungsbereichen für Szenario 1a Energie (Wohnung)

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	110	0
Rollladensteuerung	23	-202
Heizkörperthermostat	0	-658
Tür-/Fensterkontakt	0	-51
Raumluftsensor	0	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	2	0
Überwachungskamera (innen)	0	0
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	0	0
Staubsauger	31	0

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Smart Home Zentrale ²	68	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	10	0
Summe	245	-911

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Im Vergleich zum Referenzhaushalt (a) hat Szenario 1a wie Tabelle 5-6 zeigt einen um 3 % höheren Stromverbrauch (55 kWh/a) und einen um 9 % niedrigeren Heizwärmeverbrauch (-911 kWh/a).

Tabelle 5-6: Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 1a Energie (Wohnung) und Vergleich mit Referenzhaushalt (a)

	Elektrische Energie (Netz) [kWh/a]	Thermische Energie [kWh/a]
Summe Endenergieverbrauch Szenarien inkl. Mehr- und Minderverbrauch [kWh/a]	245	9.211
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [kWh/a]	55	-911
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	2.155	9.211
Relation zu Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	103%	91%

Quelle: Eigene Berechnung

In Tabelle 5-7 ist dargestellt, welche Auswirkungen die smarten Anwendungen in der Nutzungsphase (ohne Anschaffung und Installation) auf die jährlichen Energiekosten haben. Im Vergleich zum Referenzhaushalt spart Szenario 1a 56,48 Euro/Jahr an Heizkosten, hat dafür aber um 16,51 Euro/Jahr höhere Stromkosten. Insgesamt ergibt sich eine Kostenersparnis von 3 % bzw. knapp 40 Euro bei den jährlichen Energiekosten durch die energiebezogenen smarten Anwendungen.

Tabelle 5-7: Energiekosten für Szenario 1a (Wohnung) im Vergleich zum Referenzhaushalt a

	elektrische Energie	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	2.155	9.211
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	651 €	571 €
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	103%	91%
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	16,51 €	-56,48 €
Summe Gesamtenergiekosten [Euro/a]	1.222 €	
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	97%	
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	-39,97 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gasheizung, Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-pro-m2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.2.2. Szenario 1b Energie (Haus)

In Szenario 2b Energie kommen smarte Anwendungen zum Einsatz, die zum Energiesparen beitragen. Diese benötigen zum Teil Strom aus dem Netz, zum Teil sind sie aber auch batteriebetrieben (vgl. Kapitel 3.4.4 und Kapitel 5.5). Tabelle 5-8 gibt einen Überblick über die Verbräuche an elektrischer Energie sowie die Einsparungen an thermischer Energie, die mit den smarten Anwendungen jeweils verbunden sind.

Tabelle 5-8: Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für Szenario 1b Energie (Haus)

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	158	0
Heizungsanlagensteuerung	5	-2.331
Rollladensteuerung	45	-359
Tür-/Fensterkontakt	0	-90
Raumluftsensor ¹	0	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	2	0
Überwachungskamera (innen)	0	0
Überwachungskamera (außen)	0	0
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	0	0
Staubsauger	38	0
Mähroboter ¹	21	0
Gartenbewässerung ¹	0	0
Smart Home Zentrale²	68	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	10	0
Summe	348	-2.780

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Im Vergleich zum Referenzhaushalt (b) hat Szenario 2b, wie Tabelle 5-9 zeigt, einen um 3 % höheren Stromverbrauch (100 kWh/a) und einen um 14 % niedrigeren Heizwärmeverbrauch (-2.780 kWh/a).

Tabelle 5-9: Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 1b Energie (Haus) und Vergleich mit Referenzhaushalt (b)

	Elektrische Energie [kWh/a]	Thermische Energie [kWh/a]
Summe Endenergieverbrauch Szenarien inkl. Mehr- und Minderverbrauch [kWh/a]	348	17.491
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [kWh/a]	100	-2.780
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	3.100	17.491
Relation zu Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	103%	86%

Quelle: Eigene Berechnung

In Tabelle 5-10 ist dargestellt, welche Auswirkungen die smarten Anwendungen in der Nutzungsphase (ohne Anschaffung und Installation) auf die jährlichen Energiekosten haben. Im Vergleich zum Referenzhaushalt spart Szenario 1a 172,34 Euro / Jahr an Heizkosten, hat dafür aber um 30,23 Euro/Jahr höhere Stromkosten. Insgesamt ergibt sich eine Kostenersparnis von 7 % bzw. knapp 142,11 Euro bei den jährlichen Energiekosten durch die energiebezogenen smarten Anwendungen.

Tabelle 5-10: Energiekosten für Szenario 1b (Haus) im Vergleich zum Referenzhaushalt b

	elektrische Energie	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	3.100	17.491
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	937 €	1.084 €
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	103%	86%
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	30,23 €	-172,34 €
Summe Gesamtenergiekosten [Euro/a]	2.021 €	
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	93%	
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	-142,11 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gasheizung, Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-pro-m2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.3. Szenario 2 Energie + Sicherheit

5.3.1. Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung)

In Szenario 2a Energie + Sicherheit kommen smarte Anwendungen zum Einsatz, die zum Energiesparen beitragen. Diese benötigen zum Teil Strom aus dem Netz, zum Teil sind sie aber auch batteriebetrieben (vgl. Kapitel 3.4.4 und Kapitel 5.5). Tabelle 5-11 gibt einen Überblick über die Verbräuche an elektrischer Energie sowie die Einsparungen an thermischer Energie, die mit den smarten Anwendungen jeweils verbunden sind.

Tabelle 5-11: Ergebnis Stromverbrauch und Einsparung Heizenergie differenziert nach Anwendungsbereichen für Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung)

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	115	0
Rollladensteuerung	25	-202
Heizkörperthermostat	0	-658
Tür-/Fensterkontakt	0	-51
Raumluftsensor	29	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	2	0
Überwachungskamera (innen)	34	0
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	0	0
Staubsauger	31	0
Smart Home Zentrale ²	68	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	10	0
Summe	314	-911

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Im Vergleich zum Referenzhaushalt (a) hat Szenario 2a wie Tabelle 5-12 zeigt einen um 6 % höheren Stromverbrauch (124 kWh/a) und einen um 9 % niedrigeren Heizwärmeverbrauch (-911 kWh/a).

Tabelle 5-12: Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung) und Vergleich mit Referenzhaushalt (a)

	Elektrische Energie [kWh/a]	Thermische Energie [kWh/a]
Summe Endenergieverbrauch Szenarien inkl. Mehr- und Minderverbrauch [kWh/a]	314	9.211
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [kWh/a]	124	-911
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	2.224	9.211
Relation zu Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	106%	91%

Quelle: Eigene Berechnung

In Tabelle 5-13 ist dargestellt, welche Auswirkungen die smarten Anwendungen in der Nutzungsphase (ohne Anschaffung und Installation) auf die jährlichen Energiekosten haben. Im Vergleich zum Referenzhaushalt spart Szenario 2a 56,48 Euro/Jahr an Heizkosten, hat dafür aber um 32,16 Euro/Jahr höhere Stromkosten. Insgesamt ergibt sich eine Kostenersparnis von 2 % bzw. knapp 19 Euro bei den jährlichen Energiekosten durch die energiebezogenen smarten Anwendungen.

Tabelle 5-13: Energiekosten für Szenario 2a Energie + Sicherheit (Wohnung) im Vergleich zum Referenzhaushalt a

	elektrische Energie	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	2.224	9.211
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	672 €	571 €
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	106%	91%
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	32,16 €	-56,48 €
Summe Gesamtenergiekosten [Euro/a]	1.243 €	
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	98%	
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	-18,96 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gasheizung, Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-pro-m2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.3.2. Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus)

In Szenario 2b Energie + Sicherheit kommen smarte Anwendungen zum Einsatz, die zum Energiesparen beitragen. Diese benötigen zum Teil Strom aus dem Netz, zum Teil sind sie aber auch batteriebetrieben (vgl. Kapitel 3.4.4 und Kapitel 5.5). Tabelle 5-14 gibt einen Überblick über die Verbräuche an elektrischer Energie sowie die Einsparungen an thermischer Energie, die mit den smarten Anwendungen jeweils verbunden sind.

Tabelle 5-14: Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus)

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	165	0
Heizungsanlagensteuerung	5	-2331
Rollladensteuerung	50	-359
Tür-/Fensterkontakt	0	-90
Raumluftsensor ¹	29	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	2	0
Überwachungskamera (innen)	68	0
Überwachungskamera (außen)	141	0
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	0	0
Staubsauger	38	0
Mähroboter ¹	21	0
Gartenbewässerung ¹	0	0
Smart Home Zentrale ²	68	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	10	0
Summe	597	-2780

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Im Vergleich zum Referenzhaushalt (b) hat Szenario 2b wie Tabelle 5-15 zeigt einen um 12 % höheren Stromverbrauch (349 kWh/a) und einen um 14 % niedrigeren Heizwärmeverbrauch (-2.780 kWh/a).

Tabelle 5-15: Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus) und Vergleich mit Referenzhaushalt (b)

	Elektrische Energie [kWh/a]	Thermische Energie [kWh/a]
Summe Endenergieverbrauch Szenarien inkl. Mehr- und Minderverbrauch [kWh/a]	597	17.491
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [kWh/a]	349	-2780
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	3.349	17.491
Relation zu Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	112%	86%

Quelle: Eigene Berechnung

In Tabelle 5-16 ist dargestellt, welche Auswirkungen die smarten Anwendungen in der Nutzungsphase (ohne Anschaffung und Installation) auf die jährlichen Energiekosten haben. Im Vergleich zum Referenzhaushalt spart Szenario 2b 172,34 Euro/Jahr an Heizkosten, hat dafür aber um 105,44 Euro/Jahr höhere Stromkosten. Insgesamt ergibt sich eine Kostenersparnis von 3 % bzw. knapp 67 Euro bei den jährlichen Energiekosten durch die energiebezogenen smarten Anwendungen.

Tabelle 5-16: Energiekosten für Szenario 2b Energie + Sicherheit (Haus) im Vergleich zum Referenzhaushalt b

	elektrische Energie	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	3.349	17.491
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	1.012 €	1.084 €
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	112%	86%
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	105,44 €	-172,34 €
Summe Gesamtenergiekosten [Euro/a]	2.097 €	
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	97%	
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	-66,90 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gasheizung, Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-pro-m2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.4. Szenario 3 Energie + Sicherheit + Komfort

5.4.1. Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort (Wohnung)

In Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort kommen smarte Anwendungen zum Einsatz, die zum Energiesparen beitragen. Diese benötigen zum Teil Strom aus dem Netz, zum Teil sind sie aber auch batteriebetrieben (vgl. Kapitel 3.4.4 und Kapitel 5.5). Tabelle 5-17 gibt einen Überblick über die Verbräuche an elektrischer Energie sowie die Einsparungen an thermischer Energie, die mit den smarten Anwendungen jeweils verbunden sind.

Tabelle 5-17: Ergebnis Stromverbrauch und Einsparung Heizenergie differenziert nach Anwendungsbereichen für Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort (Wohnung)

Betrachtete Beispiele	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	129	0
Rollladensteuerung	25	-202
Heizkörperthermostat	0	-658
Tür-/Fensterkontakt	0	-51
Raumluftsensor	29	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	2	0
Überwachungskamera (innen)	34	0

Betrachtete Beispiele	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	63	0
Staubsauger	53	0
Smart Home Zentrale ²	68	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	10	0
Summe	414	-911

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Im Vergleich zum Referenzhaushalt (a) hat Szenario 3a wie Tabelle 5-18 zeigt einen um 11 % höheren Stromverbrauch (224 kWh/a) und einen um 9 % niedrigeren Heizwärmeverbrauch (-911 kWh/a).

Tabelle 5-18: Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 3a Energie + Sicherheit + Komfort (Wohnung) und Vergleich mit Referenzhaushalt (a)

	Elektrische Energie [kWh/a]	Thermische Energie [kWh/a]
Summe Endenergieverbrauch Szenarien inkl. Mehr- und Minderverbrauch [kWh/a]	414	9.211
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [kWh/a]	224	-911
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	2.324	9.211
Relation zu Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	111%	91%

Quelle: Eigene Berechnung

In Tabelle 5-19 ist dargestellt, welche Auswirkungen die smarten Anwendungen in der Nutzungsphase (ohne Anschaffung und Installation) auf die jährlichen Energiekosten haben. Im Vergleich zum Referenzhaushalt spart Szenario 3a 56,48 Euro/Jahr an Heizkosten, hat dafür aber um 67,83 Euro/Jahr höhere Stromkosten. Insgesamt ergibt sich eine Kostensteigerung von 1 % bzw. 11,35 Euro bei den jährlichen Energiekosten durch die energiebezogenen smarten Anwendungen.

Tabelle 5-19: Energiekosten für Szenario 3a Energie + Sicherheit Komfort (Wohnung) im Vergleich zum Referenzhaushalt a

	elektrische Energie	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	2.324	9.211
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	702 €	571 €
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	111%	91%
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	67,83	-56,48 €
Summe Gesamtenergiekosten [Euro/a]	1.274 €	
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	101%	
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	11,35 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gasheizung, Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-pro-m2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.4.2. Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort (Haus)

In Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort kommen smarte Anwendungen zum Einsatz, die zum Energiesparen beitragen. Diese benötigen zum Teil Strom aus dem Netz, zum Teil sind sie aber auch batteriebetrieben (vgl. Kapitel 3.4.4 und Kapitel 5.5). Tabelle 5-20 gibt einen Überblick über die Verbräuche an elektrischer Energie sowie die Einsparungen an thermischer Energie, die mit den smarten Anwendungen jeweils verbunden sind.

Tabelle 5-20: Ergebnis Stromverbrauch und Energieeinsparung für Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort (Haus)

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Beleuchtung ¹	186	0
Heizungsanlagensteuerung	5	-2.331
Rollladensteuerung	50	-359
Tür-/Fensterkontakt	0	-90
Raumluftsensor ¹	29	0
Smarter Zwischenstecker (Stereoanlage)	2	0
Überwachungskamera (innen)	68	0
Überwachungskamera (außen)	141	0
Rauchmelder	0	0
Lautsprecher	126	0
Staubsauger	57	0
Mähroboter ¹	48	0
Gartenbewässerung ¹	21	0

Betrachtete Bereiche	Verbrauch elektrische Energie [kWh/a]	Einsparung thermische Energie [kWh/a]
Smart Home Zentrale ²	68	0
Nutzerschnittstelle: Tablet	10	0
Summe	813	-2.780

1: Inkl. eigenes Steuergerät

2: Die Smart Home Zentrale steuert nicht die smarte Beleuchtung, Raumluftsensor und die smarte Gartenbewässerung und Mähroboter, da diese jeweils eigene Steuergeräte besitzen.

Quelle: Eigene Berechnung

Im Vergleich zum Referenzhaushalt (b) hat Szenario 3b wie Tabelle 5-21 zeigt einen um 19 % höheren Stromverbrauch (564 kWh/a) und einen um 14 % niedrigeren Heizwärmeverbrauch (-2.780 kWh/a).

Tabelle 5-21: Ergebnis Gesamtstromverbrauch und -heizenergieverbrauch für Szenario 3b Energie + Sicherheit Komfort (Haus) und Vergleich mit Referenzhaushalt (b)

	Elektrische Energie [kWh/a]	Thermische Energie [kWh/a]
Summe Endenergieverbrauch Szenarien inkl. Mehr- und Minderverbrauch [kWh/a]	813	17.491
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [kWh/a]	564	-2.780
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	3.564	17.491
Relation zu Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	119%	86%

Quelle: Eigene Berechnung

In Tabelle 5-22 ist dargestellt, welche Auswirkungen die smarten Anwendungen in der Nutzungsphase (ohne Anschaffung und Installation) auf die jährlichen Energiekosten haben. Im Vergleich zum Referenzhaushalt spart Szenario 3b 172,34 Euro/Jahr an Heizkosten, hat dafür aber um 170,45 Euro/Jahr höhere Stromkosten. Insgesamt ergibt sich eine Kostenersparnis von 0,9 % bzw. knapp 2 Euro bei den jährlichen Energiekosten durch die energiebezogenen smarten Anwendungen.

Tabelle 5-22: Energiekosten für Szenario 3b Energie + Sicherheit + Komfort (Haus) im Vergleich zum Referenzhaushalt b

	elektrische Energie	thermische Energie
Gesamtenergieverbrauch Haushalt [kWh/a]	3.564	17.491
Gesamtenergiekosten [Euro/a]	1.077 €	1.084 €
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	119%	86%
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	170,45 €	-172,34 €
Summe Gesamtenergiekosten [Euro/a]	2.162 €	
Relation zum Referenzhaushalt, relativ [Prozent]	99,91%	
Relation zum Referenzhaushalt, absolut [Euro/a]	-1,89 €	

Quelle: Eigene Berechnung, Annahme: Gasheizung, Gaspreis: 6,2 Cent/kWh, Quelle: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-pro-m2-vergleich/#c86569>, Referenzjahr 2017; Strompreis: 0,3022 Euro/kWh, Quelle: Arbeitspreis mit Grundgebühr, Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019 des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.5. Exkurs Batteriebetriebene Anwendungen

Ein Teil der im Rahmen des Projekts betrachteten smarten Anwendungen sind batteriebetriebenen (z.B. Heizkörperthermostate) oder greifen auf batteriebetriebene Sensoren zurück (z.B. Bewegungsmelder). Definitionsgemäß liegen die Batterien außerhalb der Systemgrenzen der Analyse. Vor diesem Hintergrund soll hier nur aufgezeigt werden, um wie viele Batterien es sich handelt, die in den unterschiedlichen Szenarien und den Referenzhaushalten zum Einsatz kommen. Diese sind sowohl aus Umweltgesichtspunkten relevant, sie verursachen aber auch Kosten für Verbraucher*innen, zumal sie eine begrenzte Lebensdauer haben und regelmäßig ersetzt werden müssen.

In Tabelle 5-23 wird gezeigt, dass je nach smartem Szenario zwischen 40 und 59 Batterien des Typs AA und AAA benötigt werden sowie zusätzlich in den Szenarien Energie+Sicherheit+Komfort ein bis zwei Lithium-Ionen-Akkus.

Tabelle 5-23: Übersicht über die in den verschiedenen Szenarien und Referenzhaushalten eingesetzten Batterien

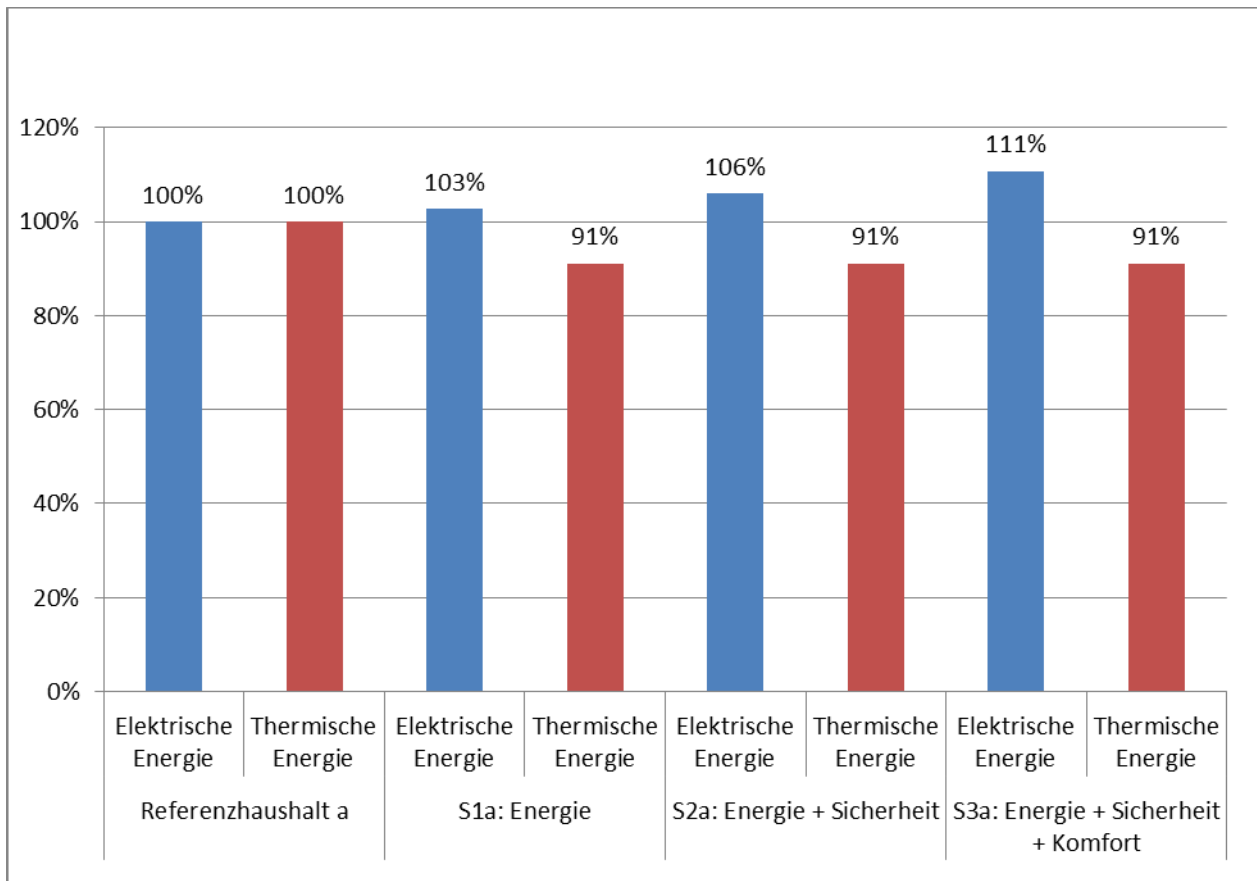
	Szenario	AAA Batterien [Anzahl]	AA Batterien [Anzahl]	Lithium-Ionen-Akku [Anzahl]
Referenzhaushalt Wohnung		0	4*	0
Referenzhaushalt Haus		0	6*	0
Szenarien Wohnung	S1a	26	14	0
	S2a	26	14	0
	S3a	26	14	1
Szenarien Haus	S1b	34	22	0
	S2b	34	22	0
	S2c	34	25	2

Quelle: Eigene Zusammenstellung; * hierbei handelt es sich um die Batterien in den Rauchmeldern, bei denen es keine Unterschiede zwischen smarten und nicht smarten Ausführungen gibt und die in allen Szenarien einschließlich der Referenzhaushalten vorhanden sind.

5.6. Zusammenfassung der Ergebnisse in Text und Grafik

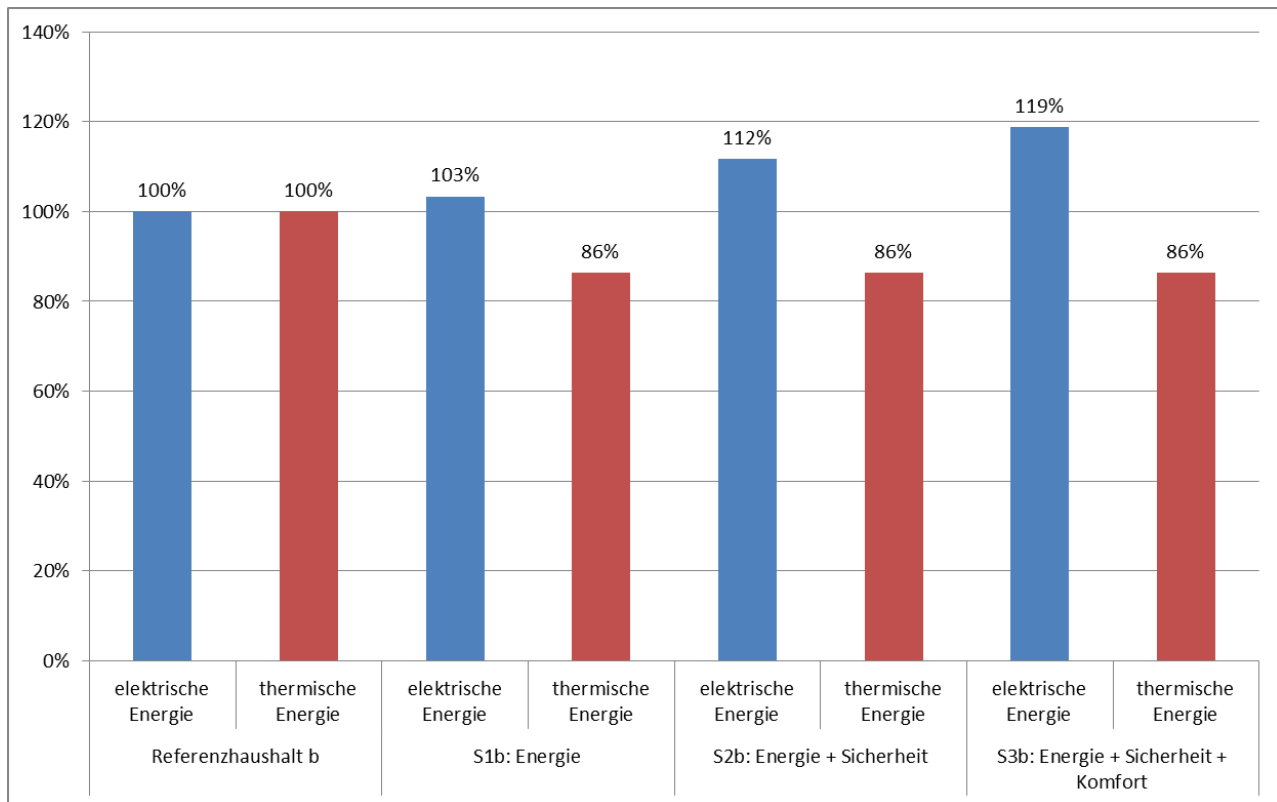
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen mit den smarten Anwendungen zu Energie eine Einsparung von Heizenergie zwischen 9 % (Wohnung) und 14 % (Haus) erreicht werden kann. Die Einsparung erfolgt entsprechend in Szenario 1 Energie und wird dann in den weiteren Szenarien 2 und 3 einfach in gleicher Höhe fortgeführt, es kommt in diesen Szenarien keine weitere Energieeinsparung hinzu (vgl. Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2). Demgegenüber erfolgt in allen Szenarien eine Erhöhung des Stromverbrauchs gegenüber dem Referenzhaushalt. Im Szenario1a / 1b Energie ist diese mit jeweils 3 % relativ gering, steigt aber für Szenario 2 auf 6 % (Wohnung) bzw. 12 % (Haus) an. In Szenario 3 liegt der Stromverbrauch dann sogar um 11 % (Wohnung) bzw. 19 % (Haus) höher als beim jeweiligen Referenzhaushalt ohne smarte Anwendungen.

Abbildung 5-1: Überblick über die Minder- und Mehrverbräuche bei elektrischer und thermischer Energie von den Szenarien 1a, 2a und 3a gegenüber dem Referenzhaushalt (a). Einheit: Prozent



Quelle: Eigene Berechnungen

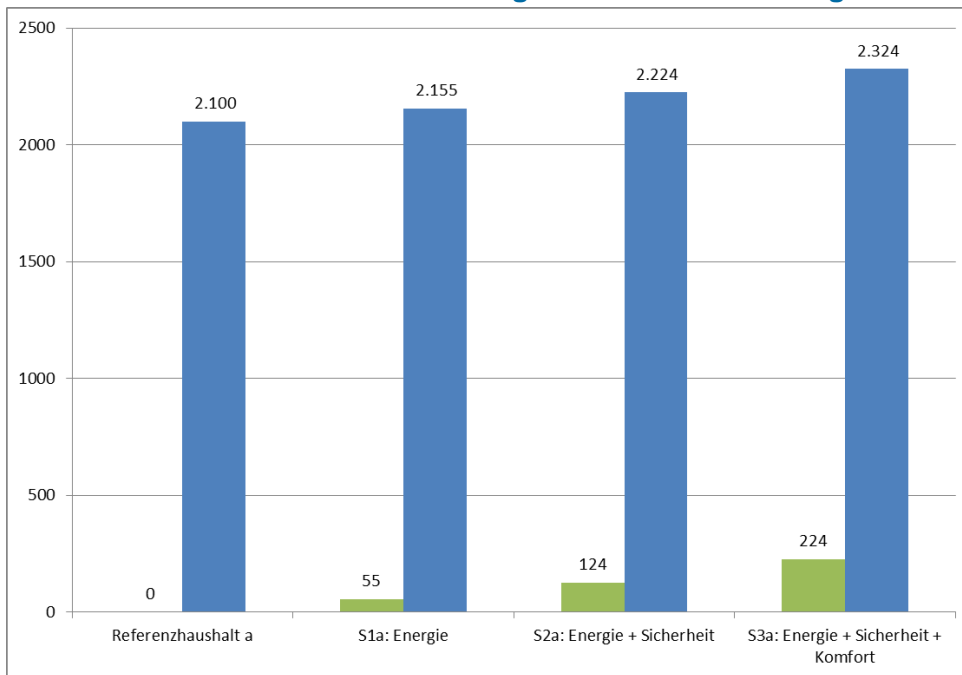
Abbildung 5-2: Überblick über die Minder- und Mehrverbräuche bei elektrischer und thermischer Energie von den Szenarien 1b, 2b und 3b gegenüber dem Referenzhaushalt (b). Einheit: Prozent



Quelle: Eigene Berechnungen

In absoluten Werten ausgedrückt erhöht sich der jährliche Stromverbrauch durch die smarten Anwendungen für die Modellhaushalte Wohnung um 55 kWh (Szenario 1a), 124 kWh (Szenario 2a) bzw. 224 kWh (Szenario 3a) gegenüber dem Referenzhaushalt (a). Die Heizwärmeeinsparung beträgt jährlich 911 kWh. Dies ist in den nachfolgenden Abbildung 5-3 und Abbildung 5-4 dargestellt.

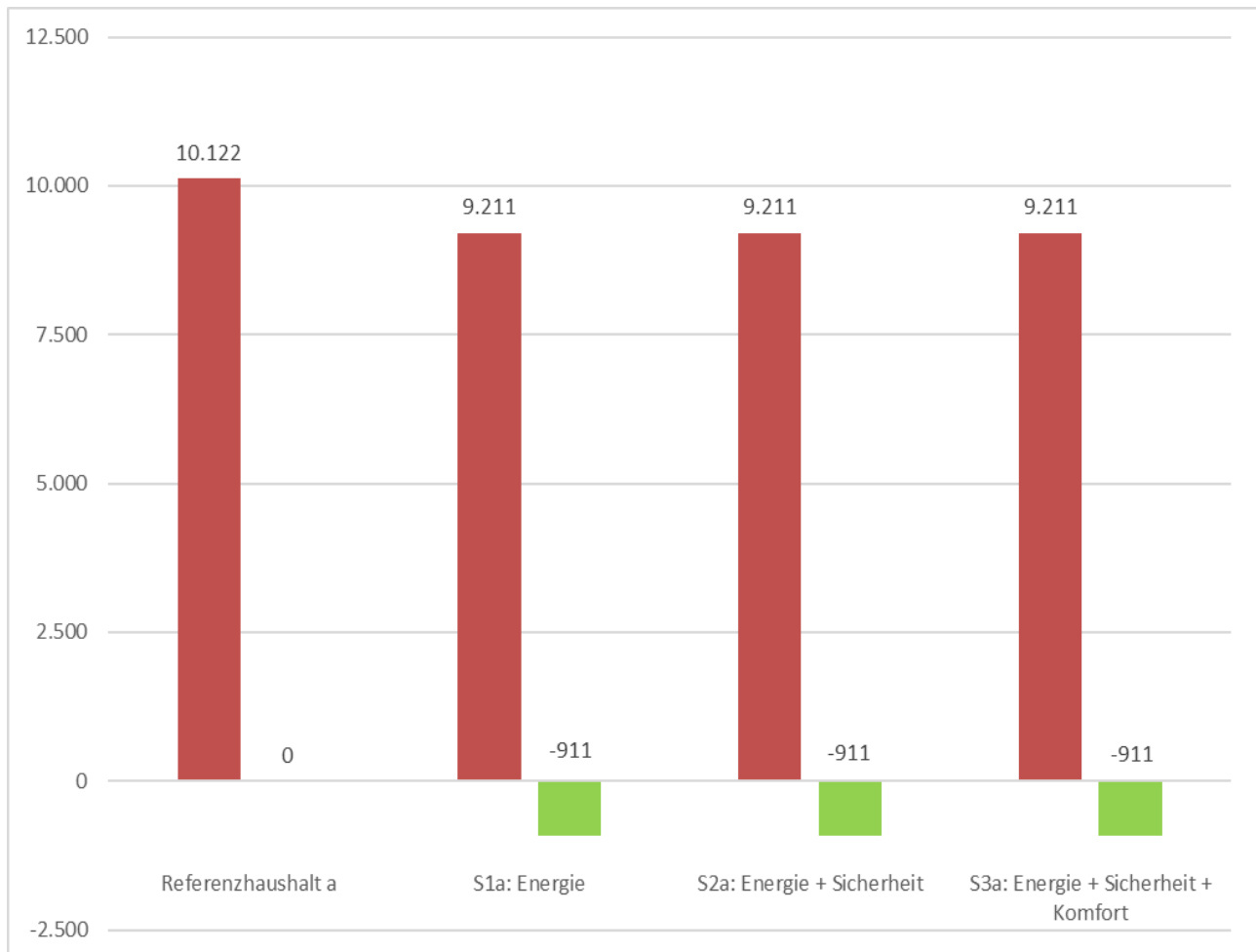
Abbildung 5-3: Überblick über den jährlichen Stromverbrauch des Referenzhaushalts (a) Wohnung im Vergleich zu den Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit sowie 3a Energie + Sicherheit + Energie.



Jährlicher Stromverbrauch: blau; Differenz zum Referenzhaushalt: grün. Einheit: kWh/Jahr.

Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 5-4: Überblick über den jährlichen Heizenergieverbrauch des Referenzhaushalts (a) Wohnung im Vergleich zu den Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit sowie 3a Energie + Sicherheit + Energie.

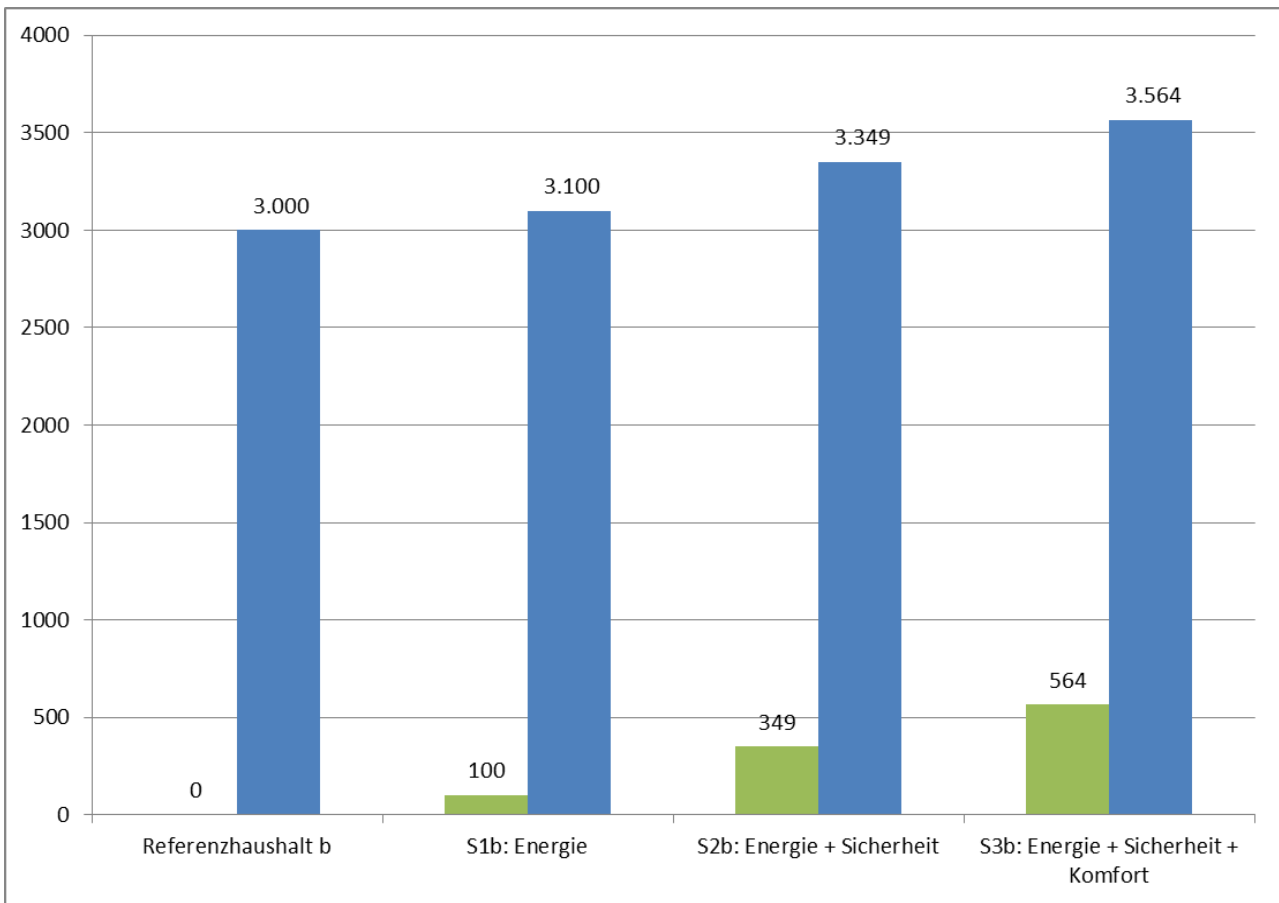


Jährlicher Heizenergieverbrauch: rot; Differenz zum Referenzhaushalt: grün. Einheit: kWh/Jahr.

Quelle: Eigene Berechnungen

In absoluten Werten ausgedrückt erhöht sich der jährliche Stromverbrauch durch die smarten Anwendungen für die Modellhaushalte Haus um 100 kWh (Szenario 1b), 349 kWh (Szenario 2b) bzw. 564 kWh (Szenario 3b) gegenüber dem Referenzhaushalt (b). Die Heizwärmeeinsparung beträgt jährlich 2.780 kWh. Dies ist in den nachfolgenden Abbildung 5-5 und Abbildung 5-6 dargestellt.

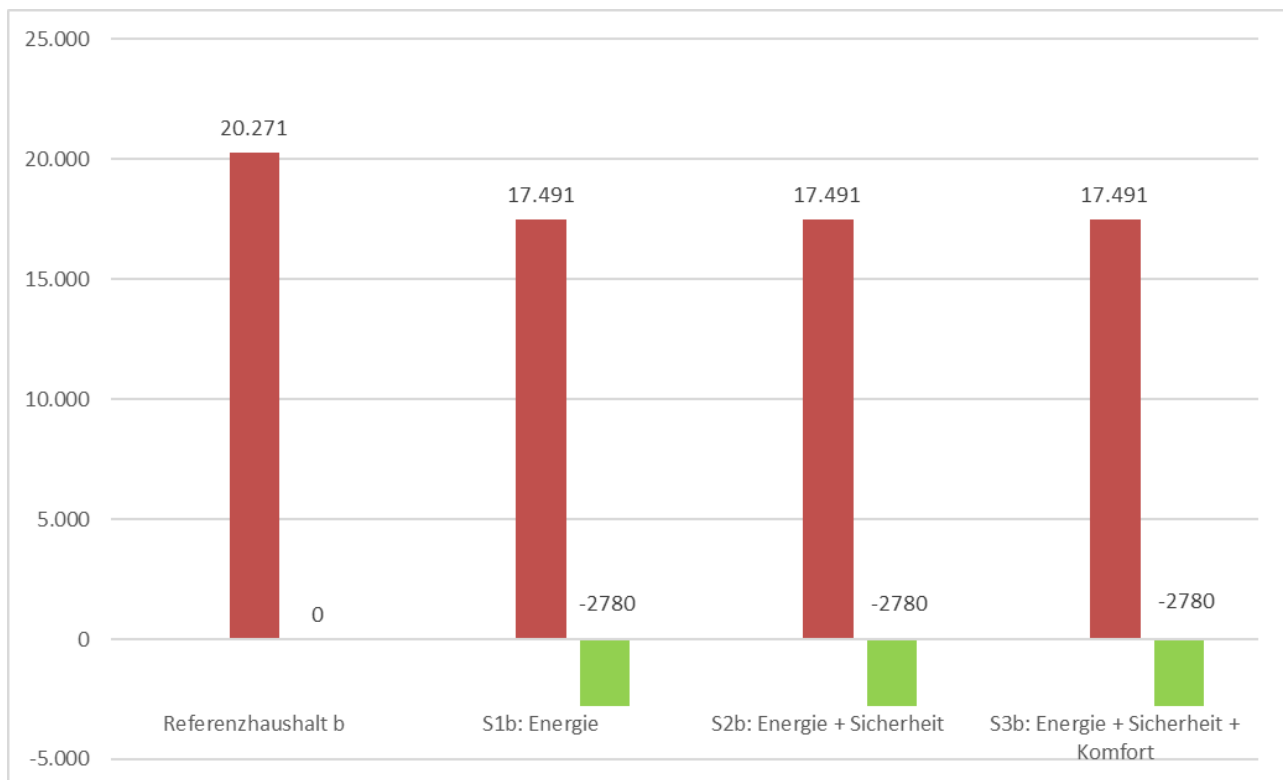
Abbildung 5-5: Überblick über den jährlichen Stromverbrauch des Referenzhaushalts (b) Haus im Vergleich zu den Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit sowie 3b Energie + Sicherheit + Energie.



Jährlicher Stromverbrauch: blau; Differenz zum Referenzhaushalt: grün. Einheit: kWh/Jahr.

Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 5-6: Überblick über den jährlichen Heizenergieverbrauch des Referenzhaushalts (b) Haus im Vergleich zu den Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit sowie 3b Energie + Sicherheit + Energie



Jährlicher Heizenergieverbrauch: rot; Differenz zum Referenzhaushalt: grün. Einheit: kWh/Jahr.

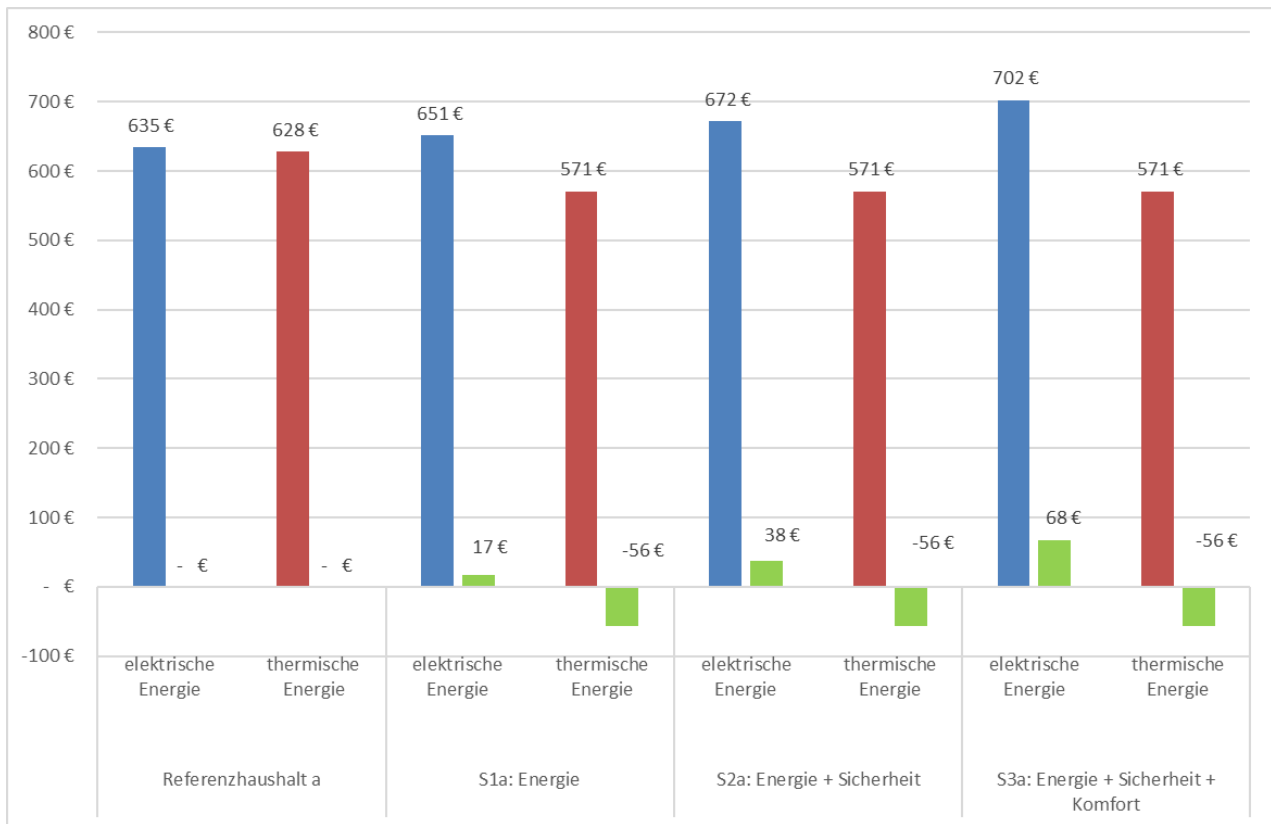
Quelle: Eigene Berechnungen

Abschließend soll noch ein Kostenvergleich zwischen den Modellhaushalten Wohnung und Modellhaushalten Haus (jeweils Referenzhaushalt gegenüber den Szenarien 1-3 erfolgen).

Der Kostenvergleich zwischen Referenzhaushalt (a) Wohnung und den Szenarien 1a, 2a und 3a zeigt, dass die absoluten Unterschiede der gesamten jährlichen Energiekosten relativ gering sind (vgl. Abbildung 5-6). Den jährlichen Einsparungen bei den Heizkosten in Höhe von 56 Euro stehen Mehrkosten beim Strom in Höhe von 17 Euro (Szenario 1a), 38 Euro (Szenario 2a) bzw. 68 Euro (Szenario 3a) gegenüber. Insgesamt ergeben sich daraus Einsparungen von knapp 20 - 40 Euro jährlich bzw. Mehrkosten von 12 Euro.

Allerdings ist anzumerken, dass entsprechend der gesetzten Systemgrenzen die nicht unerheblichen Anschaffungskosten für die smarten Anwendungen nicht eingerechnet sind.

Abbildung 5-7: Überblick über die jährlichen Energiekosten des Referenzhaushalts (a) Wohnung im Vergleich zu den Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit sowie 3a Energie + Sicherheit + Energie

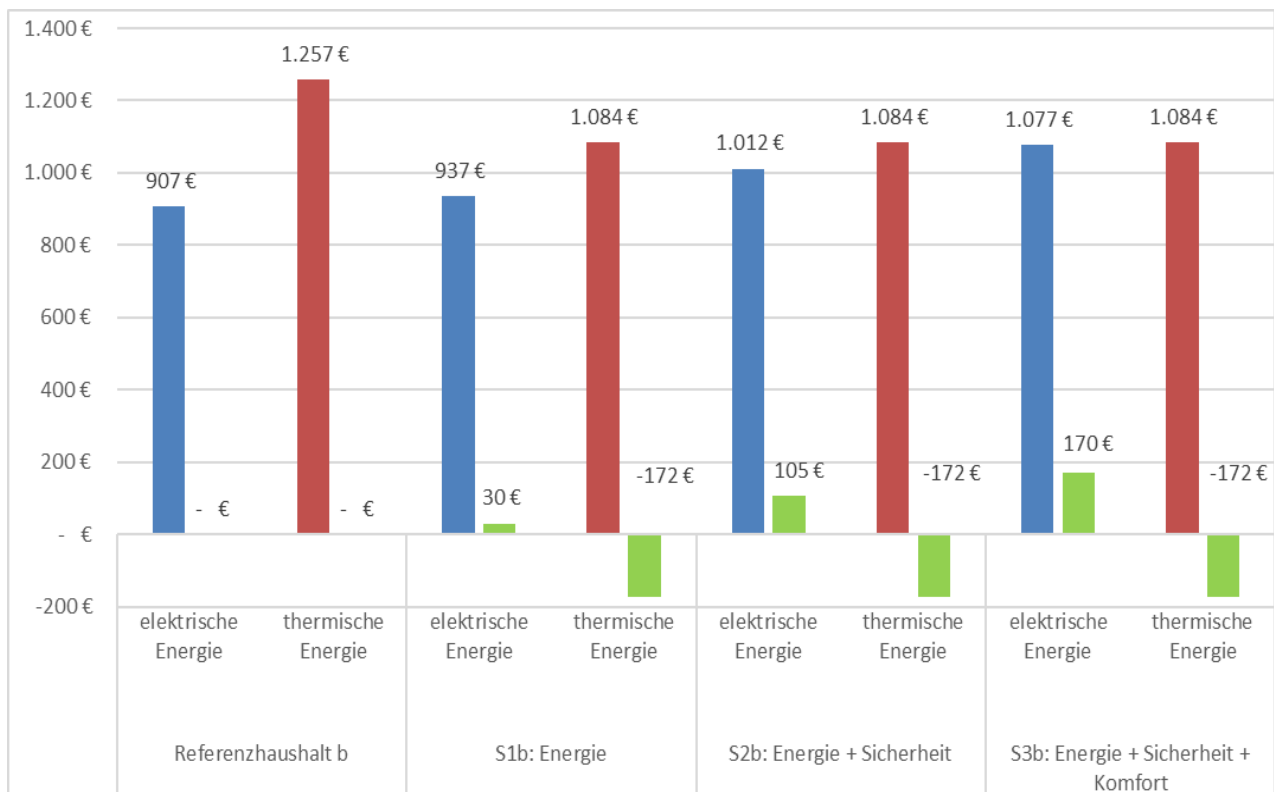


Jährliche Kosten elektrische Energie: blau; jährliche Kosten thermische Energie: rot; Differenz zu den jährlichen Kosten des Referenzhaushalts: grün

Quelle: Eigene Berechnung

Der Kostenvergleich zwischen Referenzhaushalt (b) Haus und den Szenarien 1b, 2b und 3b zeigt, dass die absoluten Unterschiede der gesamten jährlichen Energiekosten größer als für die Modellhaushalte Wohnung sind (vgl. Abbildung 5-8). Den jährlichen Einsparungen bei den Heizkosten in Höhe von 172 Euro stehen Mehrkosten beim Strom in Höhe von 30 Euro (Szenario 1b), 105 Euro (Szenario 2b) bzw. 170 Euro (Szenario 3b) gegenüber. Insgesamt ergeben sich daraus Einsparungen von 142 Euro, 67 Euro bzw. 2 Euro.

Abbildung 5-8: Überblick über die jährlichen Energiekosten des Referenzhaushalts (b) Haus im Vergleich zu den Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit sowie 3b Energie + Sicherheit + Energie



Jährliche Kosten elektrische Energie: blau; jährliche Kosten thermische Energie: rot; Differenz zu den jährlichen Kosten des Referenzhaushalts: grün

Quelle: Eigene Berechnungen

6. Analyse und Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vergleichs von Modellhaushalten mit unterschiedlicher Smart Home-Ausstattung mit Referenzhaushalten ohne smarte Anwendungen zeigen, dass für die angenommenen Parameter und Systemgrenzen mit der Ausnahme von Szenario 3a Energie- und Kosteneinsparungen durch die Smart Home-Anwendungen konstatiert werden können. Diese Einsparungen resultieren aus den Smart Home-Anwendungen, die gezielt mit dem Bezug Energieeinsparen eingesetzt werden. Im Haus (Szenario 1b) trägt die smarte Heizungssteuerung kombiniert mit smarten Heizkörperthermostaten mit 84 % am meisten zur Energieeinsparung bei. In der Wohnung (Szenario 1a) leisten die smarten Heizkörperthermostate mit einem Anteil von 72 % den größten Anteil an den Einsparungen. Diesen Einsparungen steht der Verbrauch elektrischer Energie aus dem Netz (z.B. Heizungssteuerung) und aus Batterien (z.B. für smarte Heizkörperthermostate) gegenüber. Insgesamt steht der um 3 % höhere Stromverbrauch einer Heizeneinsparung von 9 bzw. 14 % gegenüber. Die Einsparung bei den Energiekosten beträgt 39 - 142 Euro jährlich, was 3 - 7 % entspricht.

Die Smart Home-Anwendungen mit Sicherheits- und Komfortbezug (Szenarien 2 und 3) führen bestimmungsgemäß nicht zu Energieeinsparungen, aber zu einem Mehrverbrauch an elektrischer Energie. Sie stellen teilweise Nutzen bereit, die man alternativ im Prinzip gleichwertig manuell und ohne smarte Anwendung erreichen kann (z.B. Staubsaugen, Rasenmähen). Teilweise handelt es

sich aber auch um Nutzen, die ohne smarte Anwendung nicht möglich (z.B. Überwachungskameras innen und außen) oder aber mit erheblich mehr Aufwand verbunden wären (z.B. Gartenbewässerung bei Abwesenheit z.B. im Rahmen der Nachbarschaft organisieren).

Insgesamt erscheint aber der Unterschied im Gesamtenergieverbrauch und bei den Kosten über das ganze Jahr gerechnet relativ überschaubar, vor allem auch vor dem Hintergrund, dass z.B. mehr oder weniger starke Winter oder unterschiedliche Nutzerverhalten zu Schwankungen bei den Einsparungen führen können.

Die Ergebnisse der Analyse sind immer vor dem Hintergrund der definierten Systemgrenzen und Parameter zu sehen und zu interpretieren. Sie stellen keine allgemeingültige Aussage über die Einsparpotenziale resp. Energiemehrverbräuche durch smarte Anwendungen dar. Beispielsweise ist zu erwarten, dass die Energiebilanz der Smart Home-Anwendungen in Gebäuden mit höheren Energiestandards als in dieser Studie angenommen schlechter ausfällt, da das relative Einsparpotenzial möglicherweise in der gleichen Höhe liegt, das absolute Einsparpotenzial aber geringer ist. Bei gleicher Ausstattung mit smarten Anwendungen liegt dementsprechend der dafür erforderliche Stromverbrauch in gleicher Höhe wie in dieser Studie ermittelt. Dem steht aber eine niedrigere Einsparung bei der Heizenergie gegenüber.

Die Analyse stellt einen Startpunkt für die Untersuchung der Energie- und Umweltwirkungen von Smart Home-Anwendungen dar, die – um eine umfassende Bewertung von Smart Home-Anwendungen zu erlauben – zukünftig um weitere Punkte ergänzt werden sollte. In der Analyse wurde beispielsweise keine Lebenszyklusbetrachtung angestrebt. Die Untersuchung hat sich allein auf den Energieverbrauch (ohne Vorketten) sowie die Energiekosten der Nutzungsphase fokussiert. Es wurden weder die Herstellung und Entsorgung der erforderlichen Hardware (inkl. Batterien) betrachtet und weitere Umweltkriterien einbezogen, noch die Kosten für deren Anschaffung berücksichtigt. Darüber hinaus wurde auch explizit nicht die Vernetzung betrachtet, die allerdings eine grundlegende Voraussetzung für das Funktionieren der smarten Anwendungen darstellt: Angefangen mit dem Router, der die Verbindung zum Internet herstellt und damit u.a. erst einen Zugriff über eine Nutzerschnittstelle von außen auf die smarten Anwendungen zulässt, ist aber auch die Internetinfrastruktur insgesamt z.B. für den Datentransfer sowie ggf. die Speicherung von Daten (Stichwort Cloud) in Form von Rechenzentren etc. notwendig. Es ist allerdings nicht trivial, den Aufwand für die Vernetzung einer einzelnen Smart Home-Anwendung zuzuordnen, zumal auch unterschiedliche Mechanismen (z.B. mehr oder weniger starker Zugriff auf das Internet) der verschiedenen Technologien zu beachten sind.

Vor diesem Hintergrund stellt die im Rahmen des Projektes erstellte Energiebilanz eine erste Grundlage für die Bewertung von Smart Home-Anwendungen dar, die zukünftig unbedingt um weitere Aspekte erweitert werden sollte. Es sollten unterschiedliche Umweltwirkungskategorien und der Ressourcenverbrauch einbezogen und der gesamte Lebenszyklus betrachtet werden, um eine umfassende Bewertung der smarten Anwendungen im Vergleich zu nicht smarten Alternativen durchführen zu können.

Ähnliches gilt die Kosten: der im Rahmen der Studie erfolgte ausschließliche Einbezug von Energiekosten sollte zukünftig um die Anschaffungskosten erweitert werden. Die Anschaffung von Smart Home-Anwendungen ist mit nicht unerheblichen Kosten verbunden und es ist eher unwahrscheinlich, dass diese sich über die berechneten Einsparpotenziale kurz- bis mittelfristig amortisieren werden. Hinzu kommen Kosten für Batterien, die ebenfalls nicht berücksichtigt wurden. Vor diesem Hintergrund stellt das im Rahmen der Studie ermittelte Bild einen wichtigen Teilbereich dar, für Verbraucher*innen wären aber Zusatzinformationen zu ihrem individuellen Einsparpotenzial sowie eine

Gesamtkostenrechnung unter Einbezug von Anschaffungs- und Folgekosten hilfreich, um eine sinnvolle Kaufentscheidung zu fällen.

Erwähnt werden soll an dieser Stelle noch, dass z.T. in den verglichenen Haushalten unterschiedliche Nutzenbündel vorliegen, da mit den smarten Anwendungen neue Nutzen ermöglicht werden, die in einem Haushalt ohne smarte Anwendungen nicht abgebildet werden können. Beispiele hierfür sind die Überwachungskameras (innen, außen) in den Szenarien 2 Energie + Sicherheit.

Derzeit ist der Bereich Smart Home (noch) nicht vollständig standardisiert, z.B. sind smarte Anwendungen unterschiedlicher Anbieter nur teilweise mit zentralen Steuereinheiten anderer Hersteller kompatibel oder besitzen im Extremfall sogar immer eine eigene Steuereinheit. Damit müssen Verbraucher*innen sehr gut vorplanen, wenn sie die Anzahl der zentralen Steuereinheiten, die wesentlich zum Stromverbrauch beitragen, möglichst geringhalten wollen. Mit den Annahmen in der Studie sollte diese Situation abgebildet werden, was zu maximal vier Steuereinheiten in Szenario 3b geführt hat. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, weitgehende Interoperabilität der Geräte untereinander zu fordern.

Von Rebound-Effekt spricht man, wenn Technologien die Einsparung von Energiekosten ermöglichen und das eingesparte Geld für zusätzlichen Konsum eingesetzt wird, der zu Umweltbelastungen führt und die erreichten Umweltentlastungen reduziert bzw. im Extremfall überkompensiert. Außerdem kann ein Rebound-Effekt eintreten, wenn eine effizientere Technologie dazu führt, dass Nutzer*innen elektrische Geräte länger nutzen, z.B. wenn sie effiziente LED-Lampen länger brennen lassen, da sie ja effizient sind und nur wenig Energie verbrauchen. Inwiefern beim Einsatz von Smart Home-Anwendungen Rebound-Effekte zum Tragen kommen, und wie man sie möglichst gering halten kann, müsste noch untersucht werden. Erste Eindrücke liefert ein Feldtest zu Smart Home-Anwendungen mit 120 Haushalten in Rösrath von Schneiders et al. (2018). Darin wurde eine Heizenergieeinsparung von bis zu 30 % durch Smart Home-Anwendungen mit Energiebezug (insbesondere smarte Heizkörperthermostate) ermittelt, wobei auch Mehrverbräuche von bis zu 27 % zu beobachten waren. Wesentlich für den Erfolg waren nach Aussage der Studie die gute Handhabbarkeit der Smart Home-Anwendungen, eine gute Einführung und Schulung sowie die intensive Beschäftigung der Nutzer*innen damit.

7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Vor dem Hintergrund der Arbeiten und Ergebnisse der Studie können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Smart Home-Anwendungen mit Energiebezug können zu Energieeinsparungen führen und vor diesem Hintergrund sinnvoll sein. Es wäre allerdings hilfreich, wenn Verbraucher*innen schon vor dem Kauf

- eine einfache Möglichkeit hätten, ihr eigenes Einsparpotenzial in Bezug auf Heizenergie quantitativ abzuschätzen, um zu entscheiden, ob die Anschaffung von Smart Home-Anwendungen mit Energiebezug für sie sinnvoll ist. Ideal wäre ein einfaches Rechen- und Entscheidungstool, das Energie (Einsparpotenzial Heizenergie und Verbrauch elektrische Energie) und Kosten (Anschaffungskosten, Energiekosten) einbezieht.
- übersichtliche Informationen dazu hätten, wie viel Strom die verschiedenen Zentraleinheiten und smarten Anwendungen benötigen. Bei den Recherchen zu diesem Projekt hat sich gezeigt, dass auch in Bedienungsanleitungen oft nur unvollständige oder ungenügende Informationen gegeben werden.

Der explizite Blick dieser Studie auf die Nutzung im Haushalt lässt weiterführende Aspekte für eine vergleichende Bewertung gegenüber nicht smarten Lösungen aus. Forschungsbedarf besteht vor diesem Hintergrund im Hinblick auf

- die Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus von Smart Home-Anwendungen, d.h. insbesondere auch den Herstellungsaufwand für Hardware und Batterien, in Bezug auf relevante Umweltwirkungskategorien (z.B. klimarelevante Emissionen, Ressourcenbedarf) und unter Einbeziehung ihrer Lebensdauer und der Entsorgung.
- die Umweltauswirkungen durch die Vernetzung, insbesondere durch die Netzinfrastruktur des Internet (z.B. Rechenzentren)
- die tatsächlichen Nutzungsmuster von Smart Home-Anwendungen inkl. etwaiger Rebound-Effekte.

Die Analyse hat außerdem gezeigt, dass viele der smarten Anwendungen mit Batterien ausgestattet sind, überwiegend mit Primärzellen („Wegwerfbatterien“). Das ist umweltbelastend und bedeutet außerdem einen Wartungs- und Kostenaufwand. Die Lebensdauer der Batterien wird von Herstellern mit 6 Monaten (Gartenbewässerung) bis 10 Jahren (Rauchmelder) angegeben und hängt im Einzelfall von ihrem Nutzungsmuster ab. Nimmt die Nutzung von Smart Home-Anwendungen signifikant zu, so ist auch von einem Anstieg des Batterieverbrauchs auszugehen. Hier sollte nach Alternativen gesucht werden.

Smart Home-Anwendungen mit Bezug zu Sicherheit und zu Komfort führen nicht zu Energieeinsparungen, sondern zu einem erhöhten Stromverbrauch und ggf. Batterieeinsatz. Die Recherchen haben gezeigt, dass Informationen zum Stromverbrauch z.T. nur schwer oder gar nicht verfügbar sind. Vor diesem Hintergrund wäre zu prüfen, inwiefern es hier Regulierungsbedarf gibt, der eine verpflichtende Deklaration von energiebezogenen Eckdaten vorgibt (z.B. Leistungsaufnahme im An- und Standby-Modus, Jahresstromverbräuche unter Zugrundelegung von standardisierten Nutzungszyklen).

Je größer die Interoperabilität zwischen smarten Anwendungen und Steuereinheiten verschiedener Hersteller ist, desto weniger kommen Verbraucher*innen in die Situation, ihren Haushalt mit mehreren Steuereinheiten auszustatten. Dies ist sowohl aus Umwelt- als auch aus Kostengründen anzustreben.

8. Anhang

8.1. Annahmen und Ergebnisse für die einzelnen Smart Home-Anwendungen

8.1.1. Beleuchtung

8.1.1.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-1: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Beleuchtung für den Referenzhaushalt sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Manuelles An- und Ausschalten. Im Schnitt sind die Lampen 2 Stunden pro Tag an. Beleuchtung ist aufgrund Abwesenheit an 30 Tagen im Jahr ganz aus.	Zusätzlich: Tageslichtsensor und Bewegungsmelder, um Lampen auszuschalten, die wegen Abwesenheit im Raum oder genügender Tageslichthelligkeit nicht nötig sind. Annahme: 10% Einsparung	Zusätzlich: An den Abwesenheitstagen erfolgt ein automatisches An- und Ausschalten der Lampen nach einem hinterlegten Muster um Anwesenheit vorzuspiegeln.	Zusätzlich: Annahme Beleuchtung 25% länger an.
Betrachtete Referenzprodukte	Philips Lampen LED Lampe (dimmbar)	Philips Hue Lampen: White and Color Ambiance E27	Philips Hue Lampen: White and Color Ambiance E27	Philips Hue Lampen: White and Color Ambiance E27
	-	Hue Bewegungssensor (Batteriebetrieben) mit integriertem Tageslichtsensor	Hue Bewegungssensor (Batteriebetrieben) mit integriertem Tageslichtsensor	Hue Bewegungssensor (Batteriebetrieben) mit integriertem Tageslichtsensor
Anzahl Lampen	10	10	10	10
Lichtstrom	806 lm	806 lm	806 lm	806 lm
Anzahl der Bewegungssensoren (Annahme)	-	5	5	5
Mittlere Brenndauer/Tag (h/day)	2	1,8	1,8	2,25
Mittlere Brenndauer/Jahr (h/a)	670	603	657	821

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Leistungsaufnahme der Lampen: An-Modus (Watt)	9	9	9	9
Leistungsaufnahme der Lampen: Standby-Modus (Watt)	-	0,5	0,5	0,5
Leistungsaufnahme der Bridge: An-Modus (Watt)	-	3	3	3
Leistungsaufnahme der Bridge: Standby-Modus (Watt)	-	1,5	1,5	1,5
Wirkungsgrad des Netzteils der Bridge	-	64%	64%	64%
Stromverbrauch (kWh/a)	60	110	115	129

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.1.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-2: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Beleuchtung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Manuelles An- und Ausschalten. Im Schnitt sind die Lampen 2 Stunden pro Tag an. Beleuchtung ist aufgrund Abwesenheit an 30 Tagen im Jahr ganz aus.	Zusätzlich: Tageslichtsensor und Bewegungsmelder, um Lampen auszuschalten, die wegen Abwesenheit im Raum oder genügender Tageslichtelligkeit nicht nötig sind. Annahme: 10% Einsparung	Zusätzlich: An den Abwesenheitstagen erfolgt ein automatisches An- und Ausschalten der Lampen nach einem hinterlegten Muster um Anwesenheit vorzuspiegeln.	Zusätzlich: Annahme Beleuchtung 25% länger an.

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Betrachtete Referenzprodukte	Philips Lampen LED Lampe (dimmbar)	Philips Hue Lampen: White and Color Ambiance E27	Philips Hue Lampen: White and Color Ambiance E27	Philips Hue Lampen: White and Color Ambiance E27
	-	Hue Bewegungssensor (Batteriebetrieben) mit integriertem Tageslichtsensor	Hue Bewegungssensor (Batteriebetrieben) mit integriertem Tageslichtsensor	Hue Bewegungssensor (Batteriebetrieben) mit integriertem Tageslichtsensor
Anzahl Lampen	15	15	15	15
Lichtstrom	806 lm	806 lm	806 lm	806 lm
Anzahl der Bewegungssensoren (Annahme)	-	5	5	5
Mittlere Brenndauer/Tag (h/day)	2	1,8	1,8	2,25
Mittlere Brenndauer/Jahr (h/a)	670	603	657	821,25
Leistungsaufnahme der Lampen: An-Modus (Watt)	9	9	9	9
Leistungsaufnahme der Lampen: Standby-Modus (Watt)	-	0,5	0,5	0,5
Leistungsaufnahme der Bridge: An-Modus (Watt)	-	3	3	3
Leistungsaufnahme der Bridge: Standby-Modus (Watt)	-	1,5	1,5	1,5
Wirkungsgrad des Netzteils der Bridge	-	64%	64%	64%
Stromverbrauch (kWh/a)	90	158	165	186

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.2. Heizungssteuerung

8.1.2.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Diese Anwendung wurde für die Modellhaushalte Wohnung nicht betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass die Wohnung über die Heizungsanlage des Gesamtgebäudes beheizt wird, in dem sich die Wohnung befindet, und der Wohnungsmieter oder –eigentümer keinen direkten Einfluss auf die Steuerung der Heizungsanlage hat.

8.1.2.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-3: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Heizungssteuerung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	konventionelle Heizungssteuerung	smarte Heizungssteuerung	smarte Heizungssteuerung	smarte Heizungssteuerung
Smarte Lösungen	-	Bosch EasyControl CT200 (WLAN)	Bosch EasyControl CT200 (WLAN)	Bosch EasyControl CT200 (WLAN)
	-	Heizkörperthermostate (2 x LR06/Mignon/AA)	Heizkörperthermostate (2 x LR06/Mignon/AA)	Heizkörperthermostate (2 x LR06/Mignon/AA)
Anzahl der Produkte CT200	-	1	1	1
Anzahl der Heizkörper-Thermostate		8	8	8
Leistungsaufnahme der CT200 (Watt)	-	0,9	0,9	0,9
Heizungstage (d/a)	-	249	249	249
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [%]	0%	-11,5%	-11,5%	-11,5%
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [kWh]	0	-2331	-2331	-2331
Stromverbrauch (kWh/a)	0	5	5	5

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.3. Rollladensteuerung

8.1.3.1. Modellhaushalt (a) Wohnung

Tabelle 8-4: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rollladensteuerung für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+ Komfort
Beschreibung der Szenarien	Rollläden werden manuell geöffnet und geschlossen. Es wird angenommen, dass die Nutzer bequem sind, d.h. sie schließen in der Heizperiode nachts nicht konsequent die Rollläden.	Rollläden werden automatisch in der Heizperiode nachts geschlossen um Energieverluste zu vermeiden.	Zusätzlich: Rollläden werden auch außerhalb der Heizperiode nachts geschlossen.	Zusätzlich: Rollläden werden tagsüber automatisch bei starker Sonneneinstrahlung geschlossen und nach Abklingen wieder geöffnet, um eine Überhitzung zu vermeiden (10 Hitzetage pro Jahr). Hinweis: Es wird angenommen, dass die Wohnung keine Klimaanlage besitzt.
Betrachtete Referenzprodukte	-	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
Betrachtete Referenzprodukte	-	eQ-3 Homematic IP Rollladenaktor	eQ-3 Homematic IP Rollladenaktor	eQ-3 Homematic IP Rollladenaktor
Anzahl der Produkte	-	4	4	4
Leistungsaufnahme der Rollläden: An-Modus (Watt)	-	155	155	155
Leistungsaufnahme der Rollläden: Standby-Modus (Watt)	-	0,5	0,5	0,5
Anzahl Öffnungs- und Schließvorgänge pro Tag	2	2	2	2
Betriebsstunden Rollladenmotor (h/a): (Annahme: 1 Minute/Vorgang)	-	8,3	12,2	12,5
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [%]	0%	-2%	-2%	-2%
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [kWh]	0	-202	-202	-202
Stromverbrauch (kWh/a)	0	23	25	25

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.3.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-5: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rollladensteuerung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Rollläden werden manuell geöffnet und geschlossen. Es wird angenommen, dass die Nutzer bequem sind, d.h. sie schließen in der Heizperiode nachts nicht konsequent die Rollläden.	Rollläden werden automatisch in der Heizperiode nachts geschlossen um Energieverluste zu vermeiden.	Zusätzlich: Rollläden werden auch außerhalb der Heizperiode nachts geschlossen.	Zusätzlich: Rollläden werden tagsüber automatisch bei starker Sonneneinstrahlung geschlossen und nach Abklingen wieder geöffnet, um eine Überhitzung zu vermeiden (10 Hitzetage pro Jahr). Hinweis: Es wird angenommen, dass die Wohnung keine Klimaanlage besitzt.
Smarte Lösungen	-	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	eQ-3 Homematic IP Rollladenaktor	eQ-3 Homematic IP Rollladenaktor	eQ-3 Homematic IP Rollladenaktor
Anzahl der Produkte	-	8	8	8
Leistungsaufnahme der Rollläden: An-Modus (Watt)	-	155	155	155
Leistungsaufnahme der Rollläden: Standby-Modus (Watt)	-	0,5	0,5	0,5
Anzahl Öffnungs- und Schließvorgänge pro Tag	2	2	2	2
Betriebsstunden Rollladenmotor (h/a): (Annahme: 1 Minute/Vorgang)	-	8,3	12,2	12,5
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [%]	0%	-2%	-2%	-2%
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [kWh]	0	-359	-359	-359
Stromverbrauch (kWh/a)	0	45	50	50

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.4. Heizkörperthermostate

8.1.4.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-6: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Heizkörperthermostat für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	manuelle Steuerung	Steuerung der Raumtemperatur nach Zeitplan -> Anheiz- und Heiz-Ende-Optimierung	wie S1a	Zusätzliche automatisierte Steuerung durch unplanbare Zeit
Smarte Lösungen	-	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	Magenta SmartHome Heizkörperthermostat (2x AA Batterien)	Magenta SmartHome Heizkörperthermostat (2x AA Batterien)	Magenta SmartHome Heizkörperthermostat (2x AA Batterien)
Anzahl der Produkte	-	5	5	5
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [%]	0	-6,5%	-6,5%	-6,5%
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [kWh]	0	-658	-658	-658
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	0

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.4.2. Modellhaushalte (b) Haus

Diese Anwendung wurde für die Modellhaushalte (b) Haus nicht gesondert betrachtet, um Doppelzählungen zu vermeiden, da davon ausgegangen wird, dass sie bereits durch die Heizungsanlagensteuerung (vgl. Kapitel 8.1.2.2) abgedeckt ist.

8.1.5. Tür- und Fensterkontakt

8.1.5.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-7: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Tür- und Fensterkontakt für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht vorhanden	Tür-/Fensterkontakt erkennt, ob in beheizten Räumen gelüftet wird. Die Heizkörper in diesen Räumen werden dann automatisch herunterregelt, damit unnötiger Energieverbrauch vermieden wird.	Zusätzlich: Werden Fenster oder Türen geöffnet, kommuniziert Tür-/Fensterkontakt mit Bewegungsmelder, Alarm wird ausgelöst und eine Benachrichtigung an die Nutzerschnittstelle geschickt.	wie S2a
Smarte Lösungen	-	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt (2x AAA Batterien)	eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt (2x AAA Batterien)	eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt (2x AAA Batterien)
Anzahl der Produkte	-	6	6	6
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [%]	0	-0,5%	-0,5%	-0,5%
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [kWh]	0	-51	-51	-51
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	0

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.5.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-8: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Tür- und Fensterkontakt für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht vorhanden	Tür-/Fensterkontakt erkennt, ob in beheizten Räumen gelüftet wird. Die Heizkörper in diesen Räumen werden dann automatisch herunterregelt, damit unnötiger Energieverbrauch vermieden wird.	Zusätzlich: Werden Fenster oder Türen geöffnet, kommuniziert Tür-/Fensterkontakt mit Bewegungsmelder, Alarm wird ausgelöst und eine Benachrichtigung an die Nutzerschnittstelle geschickt.	wie S2b
Smarte Lösungen	-	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt (2x AAA Batterien)	eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt (2x AAA Batterien)	eQ-3 Homematic IP Tür-/Fensterkontakt verdeckt (2x AAA Batterien)
Anzahl der Produkte	-	10	10	10
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [%]	0	-0,5%	-0,5%	-0,5%
Annahme zur Heizenergie-Einsparung [kWh]	0	-90	-90	-90
Heizungsenergie (kWh/a)	20.271	20.181	20.181	20.181
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	0

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.6. Raumlufsensor

8.1.6.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-9: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Raumlufsensor für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaus- halt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht vorhanden	nicht vor- handen	Der Raumlufsensor wird an ei- nem geeigneten Platz im Innen- raum angebracht und ist das ganze Jahr über in Betrieb. Er in- formiert über Luftfeuchtigkeit und Temperatur und gibt Hinweise zu Schimmelgefahr und Lüftungsbe- darf.	wie S2a
Smarte Lösun- gen	-	-	WeatherHub-Gateway	WeatherHub-Gate- way
	-	-	COSY RADAR Thermo-Hygro- meter (2 x 1,5 V AAA) Thermo-Hygro-Sender (2 x 1,5 V AAA)	COSY RADAR Thermo-Hygrometer (2 x 1,5 V AAA) Thermo-Hygro-Sen- der (2 x 1,5 V AAA)
Anzahl der Pro- dukte	-	-	1	1
Leistungsauf- nahme der Gate- way: An-Modus (Watt)	-	-	2	2
Leistungsauf- nahme der Gate- way: Standby- Modus (Watt)	-	-	2	2
Wirkungsgrad des Netzteils der Gateway	-	-	61%	61%
An-Modus (h/a)	-	-	8760	8760
Standby-Modus (h/a)	-	-	0	0
Stromver- brauch (kWh/a)	0	0	28,6	28,58

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.6.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-10: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Raumluftsensor für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht vorhanden	-	Der Raumluftsensor wird an einem geeigneten Platz im Innenraum angebracht und ist das ganze Jahr über in Betrieb. Er informiert über Luftfeuchtigkeit und Temperatur und gibt Hinweise zu Schimmelgefahr und Lüftungsbedarf.	wie S2b
Smarte Lösungen	-	-	WeatherHub-Gateway	WeatherHub-Gateway
	-	-	COSY RADAR Thermo-Hygrometer (2 x 1,5 V AAA) Thermo-Hygro-Sender (2 x 1,5 V AAA)	COSY RADAR Thermo-Hygrometer (2 x 1,5 V AAA) Thermo-Hygro-Sender (2 x 1,5 V AAA)
Anzahl der Produkte	-	-	1	1
Leistungsaufnahme der Gateway: An-Modus (Watt)	-	-	2	2
Leistungsaufnahme der Gateway: Standby-Modus (Watt)	-	-	2	2
Wirkungsgrad des Netzteils der Gateway	-	-	61%	61%
An-Modus (h/a)	-	-	8760	8760
Standby-Modus (h/a)	-	-		-
Einsparung Heizungsenergie (kWh/a)	0	0	0	0
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	28,6	28,6

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.7. Smarter Zwischenstecker

8.1.7.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-11: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich smarter Zwischenstecker für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Die Stereoanlage wird mit einer Fernbedienung an- und ausgeschaltet, sie wird nie komplett vom Netz getrennt. Hinweis: die eigentliche Nutzung der Stereoanlage für 1,5 Stunden pro Tag fließt nicht in die Berechnung ein.	Die smarte Steckdose trennt die Stereoanlage vom Netz, wenn sie nicht genutzt wird.	wie S1a	wie S1a
Smarte Lösungen	-	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	Smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller)	Smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller)	Smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller)
Anzahl der Zwischenstecker	1	1	1	1
Anzahl der Stereoanlage	1	1	1	1
An-Modus (h/a)	502,5	502,5	502,5	502,5
Standby-Modus (h/a)	8257,5	8257,5	8257,5	8257,5
Leistungsaufnahme der Stereoanlage: Standby-Modus (Watt)	12	0,3	0,3	0,3
Stromverbrauch (kWh/a)	99,1	2,5	2,5	2,5

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.7.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-12: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich smarter Zwischenstecker für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Die Stereoanlage wird mit einer Fernbedienung an- und ausgeschaltet, sie wird nie komplett vom Netz getrennt. Hinweis: die eigentliche Nutzung der Stereoanlage für 1,5 Stunden pro Tag fließt nicht in die Berechnung ein.	Die smarte Steckdose trennt die Stereoanlage vom Netz, wenn sie nicht genutzt wird.	wie S1b	wie S1b
Smarte Lösungen	-	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	Smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller)	Smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller)	Smarter Zwischenstecker (diverse Hersteller)
Anzahl der Zwischenstecker	1	1	1	1
Anzahl der Stereoanlage	1	1	1	1
An-Modus (h/a)	502,5	502,5	502,5	502,5
Standby-Modus (h/a)	8257,5	8257,5	8257,5	8257,5
Leistungsaufnahme der Stereoanlage: Standby-Modus (Watt)	12	0,3	0,3	0,3
Stromverbrauch (kWh/a)	99,1	2,5	2,5	2,5

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.8. Kamera innen

8.1.8.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-13: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Kamera innen für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht vorhanden	nicht vorhanden	Innenüberwachung	wie S2a
Smarte Lösungen	-	-	Bosch 360° Innenkamera (WLAN)	Bosch 360° Innenkamera (WLAN)
	-	-	-	-
Anzahl der Produkte	-	-	1	1
An-Modus (h/a)	-	-	4070	4070
Standby-Modus (h/a)	-	-	4690	4690
Leistungsaufnahme: An-Modus (Watt)	-	-	6	6
Leistungsaufnahme: Standby-Modus (Watt)	-	-	2	2
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	33,8	33,8

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.8.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-14: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Kamera innen für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht vorhanden	-	Innenüberwachung	Wie S2b
Smarte Lösungen	-	-	Bosch 360° Innenkamera (WLAN)	Bosch 360° Innenkamera (WLAN)
	-	-	-	-
Anzahl der Produkte	-	-	2	2

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
An-Modus (h/a)	-	-	4070	4070
Standby-Modus (h/a)	-	-	4690	4690
Leistungsaufnahme: An-Modus (Watt)	-	-	6	6
Leistungsaufnahme: Standby-Modus (Watt)	-	-	2	2
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	67,6	67,6

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.9. Kamera außen

8.1.9.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Diese Anwendung wurde für die Modellhaushalte (a) Wohnung nicht betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass - im Gegensatz zu den Modellhaushalten (b) Haus - für die Wohnung keine Außenkameras installiert werden.

8.1.9.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-15: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Kamera außen für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht vorhanden	nicht vorhanden	Außenüberwachung, In Bosch Smart Home App können die Nutzer den Live-Stream Ihrer Kameras abrufen	wie S2b
Smarte Lösungen	-	-	Bosch Eyes Außenkamera (WLAN)	Bosch Eyes Außenkamera (WLAN)
	-	-		
Anzahl der Produkte	-	-	2	2
An-Modus (h/a)	-	-	4070	4070
Standby-Modus (h/a)	-	-	4690	4690

	Referenzhaushalt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Leistungsaufnahme: An-Modus (Watt)	-	-	15	15
Leistungsaufnahme: Standby-Modus (Watt)	-	-	2	2
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	140,86	140,86

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.10. Rauchmelder

8.1.10.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-16: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rauchmelder für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht smart	nicht smart	Im Alarmfall wird der Alarm an Rauchmelder in anderen Räumen weitergeleitet und eine Benachrichtigung auf die Nutzerschnittstelle geschickt.	wie S2a
Smarte Lösungen	konventionaler Rauchmelder	konventionaler Rauchmelder	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	-	SmartHome Rauchmelder (2x AA Lithium Batterien (nicht austauschbar), 1x CR-123A Batterie)	SmartHome Rauchmelder (2x AA Lithium Batterien (nicht austauschbar), 1x CR-123A Batterie)
Anzahl der Produkte	2	2	2,00	2,00
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	0

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.10.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-17: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Rauchmelder für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	nicht smart	nicht smart	Im Alarmfall wird der Alarm an Rauchmelder in anderen Räumen weitergeleitet und eine Benachrichtigung auf die Nutzerschnittstelle geschickt.	wie S2b
Smarte Lösungen	konventionaler Rauchmelder	konventionaler Rauchmelder	Magenta SmartHome Home Base 2	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	-	SmartHome Rauchmelder (2x AA Lithium Batterien (nicht austauschbar), 1x CR-123A Batterie)	SmartHome Rauchmelder (2x AA Lithium Batterien (nicht austauschbar), 1x CR-123A Batterie)
Anzahl der Produkte	3	3	3,00	3,00
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	0

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.11. Lautsprecher

8.1.11.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-18: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Lautsprecher für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Ausstattung mit zwei nicht smarten Lautsprechern. Hinweis: die eigentliche Nutzung der Stereoanlage für 1,5 Stunden pro Tag fließt nicht in die Berechnung ein.	wie Referenzhaushalt	wie Referenzhaushalt	Smarte Lautsprecher, die über die vorhandene Zentraleinheit gesteuert werden
Smarte Lösungen	-	-	-	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	-	-	SONOS PLAY:1
Anzahl der Produkte	0	0	0	2
Musikhören zu Hause (h/d)	1,5	1,5	1,5	1,5
An-Modus (h/a)	502,5	502,5	502,5	502,5
Standby-Modus (h/a)	8257,5	8257,5	8257,5	8257,5
Leistungsaufnahme: Standby-Modus (Watt)	0	0	0	3,8
Wirkungsgrad des Netzteils	86%	86%	86%	86%
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	63

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.11.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-19: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Lautsprecher für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Ausstattung mit zwei nicht smarten Lautsprechern. Hinweis: die eigentliche Nutzung der Stereoanlage für 1,5 Stunden pro Tag fließt nicht in die Berechnung ein.	wie Referenzhaushalt	wie Referenzhaushalt	Smarte Lautsprecher, die über die vorhandene Zentraleinheit gesteuert werden
Smarte Lösungen	-	-	-	Magenta SmartHome Home Base 2
	-	-	-	SONOS PLAY:1
Anzahl der Produkte	4	4	4	4
Musikhören zu Hause (h/d)	1,5	1,5	1,5	1,5
An-Modus (h/a)	502,5	502,5	502,5	502,5
Standby-Modus (h/a)	8257,5	8257,5	8257,5	8257,5
Leistungsaufnahme: Standby-Modus (Watt)	0	0	0	3,8
Wirkungsgrad des Netzteils	86%	86%	86%	86%
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	126

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.12. Staubsauger

8.1.12.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Tabelle 8-20: Modellhaushalte Wohnung: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Staubsauger für den Referenzhaushalt a sowie die Szenarien 1a Energie, 2a Energie + Sicherheit und 3a Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+ Sicherheit	S3a: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	ein herkömmlicher Staubsauger, der manuell bedient wird. Pro Woche wird eine Stunde gesaugt.	wie Referenzhaushalt.	wie Referenzhaushalt.	Der Saugroboter reinigt selbstständig und kehrt zum Laden an seine Ladestation zurück. Er ist über das WLAN angebunden und kann über die Nutzerschnittstelle gesteuert werden. Zusätzlich dazu wird für Bereiche, die der Roboter nicht erreichen kann (z.B. Treppen, unzugängliche Ecken) ein herkömmlicher Staubsauger genutzt, ein Saugvorgang dauert aber nur 0,5h (52 Mal pro Jahr).
Smarte Lösungen	-	-	-	iRobot Roomba 980 (WLAN)
Anzahl der Produkte	1	1	1	2
Flächenleistung von iRobot (m2)	-	-	-	180
Laufzeit von iRobot (h/180 m2 Flächenleistung)	-	-	-	2
Anzahl saugen pro Jahr	52	52	52	52
Dauer pro Saugen (h/Saugen)	1	1	1	1,07
Betrieb-Modus (h/a)	52	52	52	55,70
Ladezeit (h/Ladung)	-	-	-	3

	Referenzhaushalt a	S1a: Energie	S2a: Energie+Sicherheit	S3a: Energie+Sicherheit+Komfort
Leistungsaufnahme: Laden des Saugroboters (Watt)				27
Leistungsaufnahme: Standby-Modus, ohne Saugroboter (Watt)	587	587	587	0,5
Leistungsaufnahme: Standby-Modus mit geladenem Saugroboter (Watt)	0	0	0	4,4
Stromverbrauch (kWh/a)	30,52	30,524	30,524	53,38

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.12.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-21: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Staubsauger für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S1b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	ein herkömmlicher Staubsauger, der manuell bedient wird. Pro Woche wird eine Stunde gesaugt.	wie Referenzhaushalt	wie Referenzhaushalt	Der Saugroboter reinigt selbstständig und kehrt zum Laden an seine Ladestation zurück. Er ist über das WLAN angebunden und kann über die Nutzerschnittstelle gesteuert werden. Zusätzlich dazu wird für Bereiche, die der Roboter nicht erreichen kann (z.B. Treppen, unzugängliche Ecken) ein herkömmlicher Staubsauger genutzt, ein Saugvorgang dauert aber nur 0,5h (52 Mal pro Jahr).
Smarte Lösungen	-	-	-	iRobot Roomba 980 (WLAN)
Anzahl der Produkte	1	1	1	2
Flächenleistung (m2)	-	-	-	180
Laufzeit (h/180 m2 Flächenleistung)	-	-	-	2
Anzahl saugen pro Jahr	52	52	52	52
Dauer pro Saugen (h/Saugen)	1,25	1,25	1,25	1,39
Betrieb-Modus (h/a)	65	65	65	72,22
Ladezeit (h/Ladung)	-	-	-	3
Leistungsaufnahme: Laden des Saugroboters (Watt)				27
Leistungsaufnahme: Standby-Modus, ohne Saugroboter(Watt)	587	587	587	0,5
Leistungsaufnahme: Standby-Modus mit geladenem Saugroboter (Watt)	0	0	0	4,4
Stromverbrauch (kWh/a)	38,16	38,155	38,155	57,27

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.13. Mähroboter

8.1.13.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Diese Anwendung wurde für die Modellhaushalte (a) Wohnung nicht betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass - im Gegensatz zu den Modellhaushalten (b) Haus - die Wohnung keinen Garten besitzt.

8.1.13.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-22: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Mähroboter für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaushalt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Komfort
Beschreibung der Szenarien	Elektrischer Rasenmäher, ausgelegt auf bis zu 500m ² Rasenfläche (1600 Watt max. Leistungsaufnahme). Der Rasen wird alle zwei Wochen gemäht, ein Mähvorgang dauert eine halbe Stunde.	wie Referenzhaushalt	wie Referenzhaushalt	Mähroboter, der automatisch den Rasen mäht und über eine Nutzerschnittstelle gesteuert werden kann.
Smarte Lösungen	-	-	-	GARDENA smart SILENO city; Arbeitsbereichskapazität: 500 m ²
	-	-	-	GARDENA smart Gateway*
Anzahl der Rasenmäher	1	1	1	1
Energieverbrauch des Rasenmähers in einem Arbeitsbereich von 500 m ² (kWh/a)	20,8	20,8	20,8	48
Stromverbrauch (kWh/a)	20,8	20,8	20,8	48,0

*Das Smart Gateway ist bei der Bewässerung eingerechnet.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.1.14. Gartenbewässerung

8.1.14.1. Modellhaushalte (a) Wohnung

Diese Anwendung wurde für die Modellhaushalte (a) Wohnung nicht betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass – im Gegensatz zu dem Modellhaushalten (b) Haus – die Wohnung keinen Garten besitzt.

8.1.14.2. Modellhaushalte (b) Haus

Tabelle 8-23: Modellhaushalte Haus: Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse für den Bereich Gartenbewässerung für den Referenzhaushalt b sowie die Szenarien 1b Energie, 2b Energie + Sicherheit und 3b Energie + Sicherheit + Komfort

	Referenzhaus- halt b	S2b: Energie	S2b: Energie+ Sicherheit	S3b: Energie+ Sicherheit+Kom- fort
Beschreibung der Szenarien	Manuelle Bewässerung (Gießkanne, Gartenschlauch).	wie Referenzhaushalt	wie Referenzhaushalt	Automatische Bewässerung, die über eine Nutzerschnittstelle steuerbar ist.
Smarte Lösungen	-	-	-	GARDENA smart Gateway
	-	-	-	GARDENA smart Water Control 3 x Alkali-Mangan (Alkaline) Batterien Typ LR6 (AA) Mignon (Betriebsdauer 6 Monate)
Anzahl der Produkte	-	-	-	1
Leistungsaufnahme von Gateway: An-Modus (Watt)	-	-	-	5
Leistungsaufnahme von Gateway: Standby-Modus (Watt)	-	-	-	2
An-Modus von Gateway (h/a)	-	-	-	730
Stand-by Modus von Gateway (h/a)	-	-	-	8030
Wirkungsgrad des Netzteils des Gateways	-	-	-	68%
Stromverbrauch (kWh/a)	0	0	0	21,41

Quelle: Eigene Zusammenstellung

8.2. Übersicht über die Batterien in den smarten Anwendungen der verschiedenen Szenarien

Tabelle 8-24: Übersicht über die in den verschiedenen Szenarien und Referenzhaushalten in den einzelnen Anwendungen eingesetzten Batterien

	Szenario	Referenz- haushalt: Wohnung / Haus	Wohnung			Haus		
			S1a	S2a	S3a	S1b	S2b	S2c
Bewegungsmelder (Tageslichtsensor integriert)	Geräte [Anzahl]	0	5	5	5	5	5	5
	Batterien [Anzahl]	0	10	10	10	10	10	10
	Batterie [Typ]	-	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA
Heizkörperther- mostate	Geräte [Anzahl]	0	5	5	5	8	8	8
	Batterien [Anzahl]	0	10	10	10	16	16	16
	Batterie [Typ]	-	AA	AA	AA	AA	AA	AA
Tür-/Fensterkon- takt	Geräte [Anzahl]	0	6	6	6	10	10	10
	Batterien [Anzahl]	0	12	12	12	20	20	20
	Batterie [Typ]	-	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA
Raumluftsensor	Geräte [Anzahl]	0	1	1	1	1	1	1
	Batterien [Anzahl]	0	4	4	4	4	4	4
	Batterie [Typ]	-	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA
Rauchmelder	Geräte [Anzahl]	2 / 3	2	2	2	3	3	3
	Batterien [Anzahl]	4 / 6	4 2	4 2	4 2	6 3	6 3	6 3
	Batterie [Typ]	AA	AA CR- 123A	AA CR- 123A	AA CR- 123A	AA CR- 123A	AA CR- 123A	AA CR- 123A
Staubsauger	Geräte [Anzahl]	0	0	0	1	0	0	1
	Batterien [Anzahl]	0	0	0	1	0	0	1
	Batterie [Typ]	-	-	-	Lithium- Ionen- Akku	-	-	Lithium- Ionen- Akku
Mähroboter	Geräte [Anzahl]	0	0	0	0	0	0	1
	Batterien [Anzahl]	0	0	0	0	0	0	1
	Batterie [Typ]	-	-	-	-	-	-	Lithium- Ionen- Akku
Gartenbewässe- rung	Geräte [Anzahl]	0	0	0	0	0	0	1
	Batterien [Anzahl]	0	0	0	0	0	0	3
	Batterie [Typ]	-	-	-	-	-	-	AA

Quelle: Eigene Zusammenstellung

9. Literaturverzeichnis

Bosch: Bosch Smart Home. 360°-Innenkamera. Bedienungsanleitung. Online verfügbar unter https://tt-smarthome.resource.bosch.com/documents/5792_Indoor_Kamera_DE_160816_web.pdf, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Bosch: Bosch Smart Home. Eyes-Außenkamera. Bedienungsanleitung. Online verfügbar unter https://tt-smarthome.resource.bosch.com/documents/Outdoor_Kamera_DE_160819_web.pdf, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Bosch (2019): EasyControl. Quick install guide. Online verfügbar unter https://www.bosch-thermotechnology.com/ocsmedia/optimized/full/o356546v47_6720821535.pdf, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Conrad: Heicko HR4013-14 Rohrmotor 40 mm 29 kg 155 W 13 Nm. Online verfügbar unter <https://www.conrad.de/de/p/heicko-hr4013-14-rohrmotor-40-mm-29-kg-155-w-13-nm-1678146.html>, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Deloitte (2018): Smart Home Consumer Survey 2018. Ausgewählte Ergebnisse für den deutschen Markt. Online verfügbar unter <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/smart-home-studie-2018.html#>, zuletzt geprüft am 07.10.2019.

Demel, M. (2015): "Energie sparen mit temporärem Wärmeschutz" (TWS). Einsparpotenziale mit Rolläden, Schiebe- und Klappläden und deren konstruktive Umsetzung = Saving energy with temporary thermal insulation (TTI). Unter Mitarbeit von J. Benitz-Wildenburg. [1. Auflage]. Rosenheim, [Stuttgart]: ift Rosenheim; Fraunhofer IRB Verlag (Ift-Fachinformation).

Deutscher Wetterdienst (2019): Klimadaten deutscher Stationen. Wetterstation Frankfurt/M.-Flughafen. Mai 2018 - April 2019. IWU.

Dirscherl, H. (2017): iRobot Roomba 980: Highend-Staubsaug-Roboter mit App im Test. Hg. v. PC Welt. Online verfügbar unter <https://www.pcwelt.de/a/irobot-roomba-980-highend-staubsaug-roboter-mit-app-im-test,3446822>, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Gardena: Smart System. Smart Gateway Betriebsanleitung. Online verfügbar unter https://produktinfo.conrad.com/datenblaetter/1400000-1499999/001464607-an-01-de-SMART_GATEWAY_WAITERING_SET_PFLANZREIHE.pdf, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

HomeMatic: Rollladenaktoren. Funk-Rollladenaktor 1-fach für Markenschalter, Unterputzmontage. Online verfügbar unter https://www.eq-3.de/Downloads/eq3/downloads_produktkatalog/homematic/pdb/Funk-Rollladenaktor-1-fach-Markenschalter-Unterputzmontage_103038_Produktdatenblatt_V2.4.pdf, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH (Hg.) (2016): Studie zum Energieeinsparpotential durch den Einsatz von elektronischen Thermostaten. Verbraucherzentrale NRW e.V. Kassel.

Mailach, B. (2017): Kurzstudie Energieeinsparungen Digitale Heizung. Endbericht. Unter Mitarbeit von B. Oschatz. Hg. v. Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden. Forschung und Anwendung GmbH.

Pätz, C.; Rossberg, C.; Kuther, M. (2015): Laufzeitanalyse batteriebetriebener Smart-Home-Geräte. Hg. v. Elektronik Praxis. Online verfügbar unter <https://www.elektronikpraxis.vogel.de/laufzeitanalyse-batteriebetriebener-smart-home-geraete-a-471403/>, zuletzt geprüft am 12.11.2019.

Philips: Bridge. Online verfügbar unter <https://www2.meethue.com/de-de/p/hue-bridge/8718696511800>, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Philips: Starter-Kit, E27. White and Color Ambiance. Online verfügbar unter <https://www2.meethue.com/de-de/p/hue-white-and-color-ambiance-starter-kit-e27/8718699701352>, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Schneiders, T.; Rehm, T.; Hilger, L. (2018): Forschungsstudie SmartHome Rösrath. Feldtest in 120 Haushalten zur Untersuchung von Heizenergieeinsparungen in Bestandsgebäuden. Hg. v. VISE virtuelles Institut Smart Energy (VISE Policy Brief).

Sonos: Sonos-Stromverbrauch im Ruhemodus. Online verfügbar unter <https://support.sonos.com/s/article/256?language=de>, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2019): Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umwelt-ökonomischen Gesamtrechnungen Teil 2: Energie. Berichtszeitraum 2000 - 2017. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Publikationen/Umweltnutzung-Wirtschaft/umweltnutzung-und-wirtschaft-energie-pdf-5850014.pdf?__blob=publication-File&v=5, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Statistisches Jahrbuch Deutschland 2019. - letztmalige Ausgabe - Titel wird eingestellt (2019). 1., Auflage. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Stromspiegel: Der Stromverbrauch im Haushalt. Hg. v. co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH. Online verfügbar unter <https://www.stromspiegel.de/stromverbrauch-verstehen/stromverbrauch-im-haushalt/#c120951>, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Telekom: SmartHome Home Base 2. Online verfügbar unter <https://www.smarthome.de/geraete/smarthome-home-base-2-weiss>, zuletzt geprüft am 11.11.2019.

Stiftung Warentest (2019): App ins Warme. Smarte Heizkörperthermostate. In: Test (08/2019).

TFA: Kurzanleitung. 31.4008.02 COSY RADAR Set mit Thermo-Hygro-meter und Thermo-Hygro-Sender. Online verfügbar unter https://clientmedia.trade-server.net/1768_tfadost/media/5/76/5576.pdf, zuletzt geprüft am 11.11.2019.