



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN



Diplomarbeit

Klassifizierung und Messung von Stand-by Verbräuchen heimnetzwerkfähiger Produkte sowie Ableitung einer Gestaltungsrichtlinie zur Reduktion dieser Verbräuche.

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs (Dipl. Ing oder DI)

eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Georg DANGL B.Sc.

Mat.Nr.: 1028883

unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Wimmer

Institut für Konstruktionswissenschaften und

Produktentwicklung

Ich nehme zur Kenntnis, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der
Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen von mir selbstständig erstellt wurde. Alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, sind in dieser Arbeit genannt und aufgelistet. Die aus den Quellen wörtlich entnommenen Stellen, sind als solche kenntlich gemacht. Das Thema dieser Arbeit wurde von mir bisher weder im In- noch Ausland einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt. Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachterinnen/Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

Wien, März, 2019

Georg Dangl

Ich widme diese Arbeit
meiner Frau Katharina,
meinen Eltern Peter und Sylvia,
und meinem Bruder Paul,
für ihre jahrelange bedingungslose Geduld und Unterstützung,
welche es mir ermöglichte, dieses Studium abzuschließen.

Zusätzlich möchte ich mich bei Professor Wimmer bedanken, dass er die letzten
Wochen der Diplomarbeit, stets für mich verfügbar war und einen erfolgreichen
Abschluss durch Einhaltung aller Termine ermöglichte.

Danke.

Zusammenfassung

Aufgrund eines technologischen Aufschwunges bezüglich Smart-Technologien finden immer mehr vernetzte Geräte Einzug in die österreichischen Haushalte. Eine permanente Vernetzung verlangt, dass die Netzwerkmodule auch im Stand-by-Betrieb aktiv sind. Was zur Folge hat, dass der Energieverbrauch mit jedem integrierten Gerät, auch bei Nichtbenutzung, ansteigt. Um diesen Anstieg zu minimieren, muss der Energieverbrauch im Stand-by-Betrieb reduziert werden. Diese Reduzierungen sind notwendig, damit die Menge an verursachten Treibhausgasen, unter anderem aufgrund der benötigten Menge an Energie, minimalst gehalten werden können und die von der EU gesetzten Klimaziele eingehalten werden. Durch Untersuchung, der von der EU vorgegebenen gesetzlichen Auflagen für vernetzte Geräte und von momentan aktuellen typischen vernetzten Geräten in Haushalten, ist der aktuelle technologische Standard bezüglich Stand-by-Verhalten und Stand-by-Energieverbrauch dieser Technologie ermittelt worden. Dazu wurden typische Gerätetypen in Haushalten mit unterschiedlichen Verbindungsarten ausgewählt und von jeder Type mehrere aktuelle Geräte begutachtet. 33 Geräte wurden bezüglich deren gesetzlichen Vorgaben, Verbindungsarten und Funktionen untersucht. In weiterer Folge wurden mit 107 Messungen die Energieverbräuche dieser Geräte mit unterschiedlichen Stand-by-Betrieben erfasst. Anhand dieser Daten wurde ermittelt, inwieweit die gesetzlichen Auflagen für den Stand-by-Betrieb vernetzter Geräte optimiert werden könnten. Durch Integration von intelligenten Funktionen und neuen Energiegrenzwerten könnte der Stand-by-Energieverbrauch für vernetzte Geräte um mindestens 50% reduziert werden. Durch eine Ausformulierung und Zusammenfassung der Erkenntnisse wurde eine Gestaltungsrichtlinie abgeleitet, welche es ermöglichen, vernetzte Geräte zu entwickeln, deren Stand-by-Energieverbrauch, durch die Wahl der passenden Verbindungsart, einer Vorgabe an optimierten Energieverbrauchsgrenzwerten und Integration von intelligenten Zusatzfunktionen, minimalst gehalten werden kann.

Abstract

At the moment there is a technological boom of smart-technologies. Therefore more and more network connected devices are integrated into modern Austrian households. A permanent network connection needs the network moduls of these devices to be active at all times. This leads to an increased energy consumption during inactivitiy. To reduce this unused energy potential, the amount of energy consumption during stand-by has to be reduced. This reduction is necessary to minimize the amount of greenhouse gas emission, related to the increased energy demand . In order to achieve the set climate goals of the EU will be achieved. The current technological standard of stand-by-behaviour and stand-by-energy consumption of network connected devices is determined by examination of the governmental restrictions for network connected devices and current typical networked devices, which are actually used in households. Therefore typical representative devices within households with different kinds of connection were chosen and investigated. The valid governmental restrictions, connection types and functions of 33 different devices were examined, followed by 107 energy consumption measurements of these devices operated in different stand-by-modes. Due to the collected data, it was found out, wheter the governmental restriction for networked devices can already be optimized. Through integration of smart functions and new energy consumption limits, the stand-by-energy consumption of networked devices could be reduced at least by 50%. By formulation of the correlation of the found insights a design guideline has been worked out. By chosing the appropriate connection type, optimizing the energy consumption limits and integrating additional smart functions, networked devices with a minimized stand-by-energy consumption can be designed using the derived design guideline.

Inhaltsverzeichnis

1	Eine Gestaltungsrichtlinie als Hilfestellung für Produktentwickler	1
1.1	Vernetzung als Trend und dessen Auswirkungen	2
1.2	Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen	7
1.3	Motivation zur Bildung einer Gestaltungsrichtlinie.....	10
1.4	Leitende Fragestellung	11
2	Auswahl der zu untersuchenden Geräte.....	13
2.1	Arten des Stand-by-Betriebes.....	13
2.2	Arten der Vernetzung	17
2.2.1	Kabelgebundene Verbindungsart	18
2.2.2	Kabellose Verbindungsarten.....	19
2.2.3	Vergleich der Verbindungsarten	24
2.3	Auswahl der Gerätetypen	25
2.3.1	Fragenkatalog zur Erstellung der Gerätetypenliste:	26
2.3.2	Getroffene Auswahl	27
3	Ablauf der Messreihe	30
3.1	Erwartungen an die gewählten Gerätetypen und an die Messungen	30
3.2	Messgerät: Wattman	31
3.3	Aufbau einer Messung.....	33
3.4	Betriebsszenarien.....	35
4	Messergebnisse heimnetzfähiger Geräte	38
4.1	Modems mit Router- und Switchfunktionen	40
4.1.1	Modem Ubee EVW 3226	43

4.1.2	Modem UPC Connectbox	44
4.1.3	Modem FRITZ!Box 6490 Cable	46
4.1.4	Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Modems mit Router- und Switchfunktionen	47
4.1.5	Optimierungsvorschläge für Modems mit Router- und Switchfunktionen.....	49
4.2	Netzwerkdrucker	50
4.2.1	Netzwerkdrucker Brother MFC-J4420DW	52
4.2.2	Netzwerkdrucker RICOH SP 220SNw.....	54
4.2.3	Netzwerkdrucker Epson XP-322.....	55
4.2.4	Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Netzwerkdrucker	57
4.2.5	Optimierungsvorschläge für Netzwerkdrucker.....	59
4.3	Spielekonsolen	60
4.3.1	Spielekonsole Playstation 4	61
4.3.2	Spielekonsoloe Playstation 4 Pro	63
4.3.3	Spielekonsole Xbox One S	65
4.3.4	Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Spielekonsolen	66
4.3.5	Optimierungsvorschläge für Spielekonsolen	68
4.4	Smart-Home-Basissysteme	68
4.4.1	Smart-Home-Basissystem Philips HUE Bridge	71
4.4.2	Smart-Home-Basissystem IKEA TRÅDFRI Gateway	72
4.4.3	Smart-Home-Basissystem Homee Brain Cube + Zigbee Cube.....	74
4.4.4	Smart-Home-Basissystem Vera Edge	75
4.4.5	Smart-Home-Basissystem Devolo Home Control.....	77

4.4.6	Smart-Home-Basissystem Homee Brain Cube + Z-Wave Cube	79
4.4.7	Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Home-Basissysteme	80
4.4.8	Optmierungsvorschläge für Smart-Home-Basissysteme.....	82
4.5	Smart-Leuchtkörper.....	83
4.5.1	Smart-LeuchtkörperLyasi Wi-Fi Smart Bulb	85
4.5.2	Smart-Leuchtkörper Eufy Lumos White.....	86
4.5.3	Smart-Leuchtkörper Revogi Smart Bulb	87
4.5.4	Smart-Leuchtkörper Minger Smart Bulb	88
4.5.5	Smart-Leuchtkörper Philips HUE White.....	89
4.5.6	Smart-Leuchtkörper IKEA TRÅDFRI	90
4.5.7	Smart-Leuchtkörper Aotec LED	92
4.5.8	Smart-Leuchtkörper Domitech ZBulb.....	93
4.5.9	Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Leuchtkörper	94
4.5.10	Optmierungsvorschläge für Smart-Leuchtkörper.....	96
4.6	Smart-Schukozwischenstecker.....	97
4.6.1	Smart-Schukozwischenstecker Amazon Smart Plug.....	99
4.6.2	Smart-Schukozwischenstecker AISIRER WLAN Smart Plug	100
4.6.3	Smart-Schukozwischenstecker Revogi Smart Meter.....	102
4.6.4	Smart-Schukozwischenstecker AWOX Smart Plug.....	103
4.6.5	Smart-Schukozwischenstecker IKEA TRÅDFRI Steckdose	104
4.6.6	Smart-Schukozwischenstecker Osram Smart+ Plug.....	106
4.6.7	Smart-Schukozwischenstecker devolo Homecontrol Schaltsteckdose	107

4.6.8	Smart-Schukozwischenstecker Everspring Mini	109
4.6.9	Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Schukozwischenstecker	110
4.6.10	Optimierungsvorschläge für Smart-Home-Basissysteme	112
4.7	Smart-Basis-Stationen	113
4.7.1	Smart-Basis-Station Amazon Echo Dot	115
4.7.2	Smart-Basis-Station Google Home Mini	116
4.7.3	Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Basis-Stationen	118
4.7.4	Optimierungsvorschläge für Smart-Basis-Stationen	119
5	Weitere Erkenntnisse der Messergebnisse	121
5.1	Vergleich der geräteübergreifenden Verbindungsarten	121
5.2	Vergleich der geräteübergreifenden gesetzlichen Auflagen	124
5.2.1	Gesetzliche Anforderungen an „HiNA“-Geräte	125
5.2.2	Gesetzliche Anforderungen an „LoNA“-Geräte	126
5.2.3	Gesetzliche Anforderungen an Smart-Leuchtkörper	128
5.2.4	Gesetzliche Anforderungen an Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen	129
6	Kernaussagen für die Reduzierung des Stand-by-Betriebes vernetzter Geräte in Haushalten	132
6.1	Arten des Stand-by	132
6.2	Optimierung der Gerätefunktionen	134
6.3	Wahl der Verbindungsart	138
6.4	Optimierung der Rahmenbedingungen	140

6.5	Auswirkungen der Vernetzungstechnologie und deren Optimierungsmöglichkeiten anhand eines Einfamilienhauses.....	142
7	Gestaltungsrichtlinie zur Entwicklung vernetzter Produkte in Haushalten mit reduziertem Stand-by-Energieverbrauch.....	152
7.1	Die Wahl der tatsächlichen Hauptfunktion	152
7.2	Bestimmung der technischen Kriterien	156
7.2.1	Verbindungsart richtig wählen.....	156
7.2.2	Energieversorgung, -verbrauch und deren gesetzlichen Anforderungen	157
7.2.3	Nutzerverhalten und der Stand-by-Betrieb	159
7.3	Schnellübersicht zur Produktentwicklung von vernetzten Geräten.....	161
8	Ausblick dieser Arbeit.....	162
	Quellenverzeichnis	164
	Abbildungsverzeichnis.....	167
	Tabellenverzeichnis.....	169

1 Eine Gestaltungsrichtlinie als Hilfestellung für Produktentwickler

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist das Klassifizieren und Messen der Energieverbräuche heimnetzwerkfähiger Produkte und Ableitung einer Gestaltungsrichtlinie für Produktentwickler, um damit typische vernetzte Alltagsgeräte neu zu entwickeln oder zu optimieren, sodass deren Energieverbrauch im Stand-by-Betrieb minimiert wird.

Anreiz dafür ist, dass aktuell ein starker technologischer Wandel stattfindet, welcher Alltagsgeräte miteinander vernetzt und fernsteuert. Dies führt dazu, dass diese vernetzten Geräte selbst im ausgeschalteten Zustand Strom verbrauchen, da sie auf einen Schaltbefehl zur Reaktivierung warten. Somit sind sie permanent in ihrem Netzwerk verbunden.

Ein typisches Beispiel sind smarte Leuchtkörper: Nicht smarte Leuchtkörper werden per Kippschalter in der Wand zum Ein- oder Ausschalten mit dem Stromkreis verbunden oder getrennt. Darauß folgt, dass im ausgeschalteten Zustand kein Energieverbrauch des Leuchtkörpers erforderlich ist. Die aktuelle Technologie der Smart-Leuchtkörper wird per Smartphone-App oder Fernbedienung ein- oder ausgeschalten. Selbst im ausgeschalteten Zustand muss das Gerät mit Strom versorgt werden, da dieses im Netzwerk verweilt, um auf einen Einschaltbefehl zu warten. Somit müssen mindestens das Netzwerkmodul und die Befehlsverarbeitungseinheit mit dem Stromkreislauf verbunden sein.

Die Produktvielfalt vernetzter Geräte nimmt stetig zu. Somit finden immer mehr Geräte Einzug in die Haushalte. Durch mehr Permanentverbraucher steigt der Energieverbrauch der Haushalte. Mehr Verbrauch fordert, dass mehr Energie

erzeugt werden muss. Was zur Folge hat, dass mehr Treibhausgase produziert werden und die globale Erwärmung gefördert, statt reduziert, wird.

Der Ansatz dieser Arbeit ist, den aktuellen technologischen Stand vernetzter Geräte, anhand typischer Geräte, welche tatsächlich Einzug in den Haushalt gefunden haben, durch Energieverbrauchswertemessungen zu analysieren. Einerseits werden die Ergebnisse der Analyse mit ihren gesetzlichen Auflagen verglichen, um mögliche Verbesserungen zu finden, welche die allgemeine Grundlage zur Produktentwicklung dieser Geräte optimieren sollen. Andererseits soll eine Gestaltungsrichtlinie gebildet werden, welche einen Überblick gibt, wann welche Technologie sinnvoll verwendet werden kann, und wie man die gewählten Produktgruppen mit zusätzlichen Funktionen ausstatten sollte, um den Stand-by-Energieverbrauch zu minimieren.

Dies Alles dient dazu den tatsächlichen momentanen Stand der Geräte mit Vernetzungstechnologie zu bestimmen und eine Grundlage zu bilden, von der Richtlinienersteller und Produktentwickler profitieren, um kommende Geräte so zu beschränken bzw. gestalten, dass deren Energieverbrauch im Stand-by-Betrieb weiter minimiert werden kann.

1.1 Vernetzung als Trend und dessen Auswirkungen

Durch die größeren Möglichkeiten des Voranschreitens der Technologien und der Produktionsmöglichkeiten, hat die Vernetzungstechnologie immer mehr Einzug in typische Alltagsgeräte gefunden. Zusätzlich zu den Fortschritten seitens der Industrie, nehmen die Nutzer die neuen Möglichkeiten, aufgrund der Vernetzung, an, was wiederum die Entwicklung neuer Geräte mit Vernetzungstechnologie bewirkt.

Ein typisches Beispiel ist das Mobiltelefon, welches am Ende des 20.Jahrhunderts nur telefonieren konnte. Momentan ist jedes Mobiltelefon (Smartphone) ein

transportables Multimediasystem und kann zusätzlich zum Telefonieren, Musik und Videos abspielen, Fotos und Videos aufnehmen und Daten durch Vernetzung mit dem Internet per „Wi-Fi“ oder per mobilen Datentransfer austauschen. Jede Person, welche im Zuge dieser Diplomarbeit bezüglich der Geräte und Technologien in deren Haushalten, befragt wurde, besitzt ein Smartphone. Sogar der älteste Gesprächspartner im Alter von 74 Jahren besitzt ein Smartphone.

Die folgenden Aussagen wurden aus Gesprächen mit Mitarbeitern aus Elektronikfachläden, mit Personen aus dem privaten, universitären und öffentlichen Umfeld und einer Marktanalyse aus Onlineportalen und Elektronikfachläden gebildet. Diese beziehen sich auf Haushalts- und Alltagsgeräte.

Grund zur Entwicklung, mit Vernetzungstechnologie ausgestatteter neuer Geräte und Verbesserungen vorhandener Geräte, basieren auf folgenden Argumenten:

- Der Fortschritt in Technologie und Produktion erlaubt, in Massen zu geringen Kosten zu produzieren.
- Moderne elektronische Komponenten erlauben, intelligentere Funktionen zu integrieren. (z.B. Heizungsthermostate lassen sich auf Uhrzeiten einstellen.)
- Moderne elektronische Komponenten erlauben, mehrere Funktionen in ein Gerät zu integrieren. (z.B. Mit dem Smart-TV fernsehen und über das Internet streamen.)
- Die Anwender wollen keine neuen Systeme erlernen. Eine Vereinheitlichung der Smart-Bedienung findet statt. (z.B. Alle Smart-Geräte Apps sind ähnlich aufgebaut und lassen sich zentral verknüpfen)
- Der Anwender kann alle seine vernetzten Geräte von einem Gerät aus steuern. (z.B. Das Licht im Garten und im Wohnzimmer gleichzeitig mit dem Smartphone einschalten.)

- Neue Formen der Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine integrieren sich in den Alltag. (z.B. Smartphone (haptisch), „Google Home“ (akustisch), vermehrte Anwendung von Kontakt- und Bewegungsmelder)

Die Vernetzungstechnologie findet bei den Anwendern Anklang. Aufgrund der Nachfrage werden Geräte in großer Variation am Markt angeboten (z.B.: Smart-Leuchtkörper verschiedenster Verbindungsarten und Hersteller) und neu entwickelt (z.B.: Smart-Leuchtkörper mit integrierten Musikboxen). Der momentane Trend ist, dass versucht wird, in fast jeder Produkttype eine smarte Funktion zu finden und zu integrieren.

Der Energieverbrauch eines Gerätes im vernetzten Stand-by-Betrieb ist höher, als der des selben Gerätes im unvernetzten Stand-by-Betrieb [Kapitel 5]. Der Unterschied ist, dass das Netzwerkmodul permanent aktiv ist und somit die volle Leistung auch im Stand-by-Betrieb bezieht.

Aufsummiert haben diese kleinen Mehrverbräuche große Auswirkungen auf den Energiehaushalt. Im Zuge der Erstellung der „EU Richtlinie 1275/2008“, welche den Stand-by-Verbrauch regelt, wurde eine Studie [14] getätigt. Aus dieser ging hervor, dass der größte Energieverlust bei elektrischen Haushalts- und Bürogeräten im Stand-by-Betrieb liegt. Für 2005 wurde der Energieverlust dieser Geräte in der EU auf 47 Terawattstunden [14] geschätzt. Das entspricht Treibhausgasemissionen von 19 Millionen Tonnen [14], dargestellt in CO₂-Äquivalent. Ohne einer Verhaltensänderung wurde der Verlust bis auf 49 Terawattstunden[14] für das Jahr 2020 hochgerechnet. Bei Erstellung der „EU Richtlinie 801/2013“, welche den Stand-by-Betrieb für vernetzte Geräte regelt, wurde unter gleichen Voraussetzungen erneut eine Studie durchgeführt[15]. Für 2010 wurde der Energieverlust von Haushalts- und Bürogeräten in der EU auf 54 Terawattstunden[15] geschätzt, was Treibhausgasemissionen von 23 Millionen Tonnen[15], dargestellt in CO₂-

Äquivalent, entspricht. Und die Hochrechnung für 2020, ohne einer Verhaltensänderung, ergab 90 Terawattstunden[15]. Durch die Integration der Technologie der Vernetzung in Haushalts- und Büro-geräte war der Energieverlust bereits für 2010 höher, als erstmalig für 2020 errechnet.

Durch die von der EU getätigten Studien wurde bereits 2010 bestätigt, dass der Energieverbrauch, durch Integration von Geräten mit vernetztem Stand-by-Betrieb aufsummiert auf die gesamte Europäische Union, von 49 Terawattstunden auf bis zu 90 Terawattstunden bis 2020 ansteigt.

Aufgrund des Anstieges des Energieverbrauches muss mehr verwendbare Energie generiert werden. Bei Betrachtung der Arten der Energieerzeugung in Abb.1, ist ersichtlich, dass mehr als 80% der Energie aus Verbrennung entsteht [1].

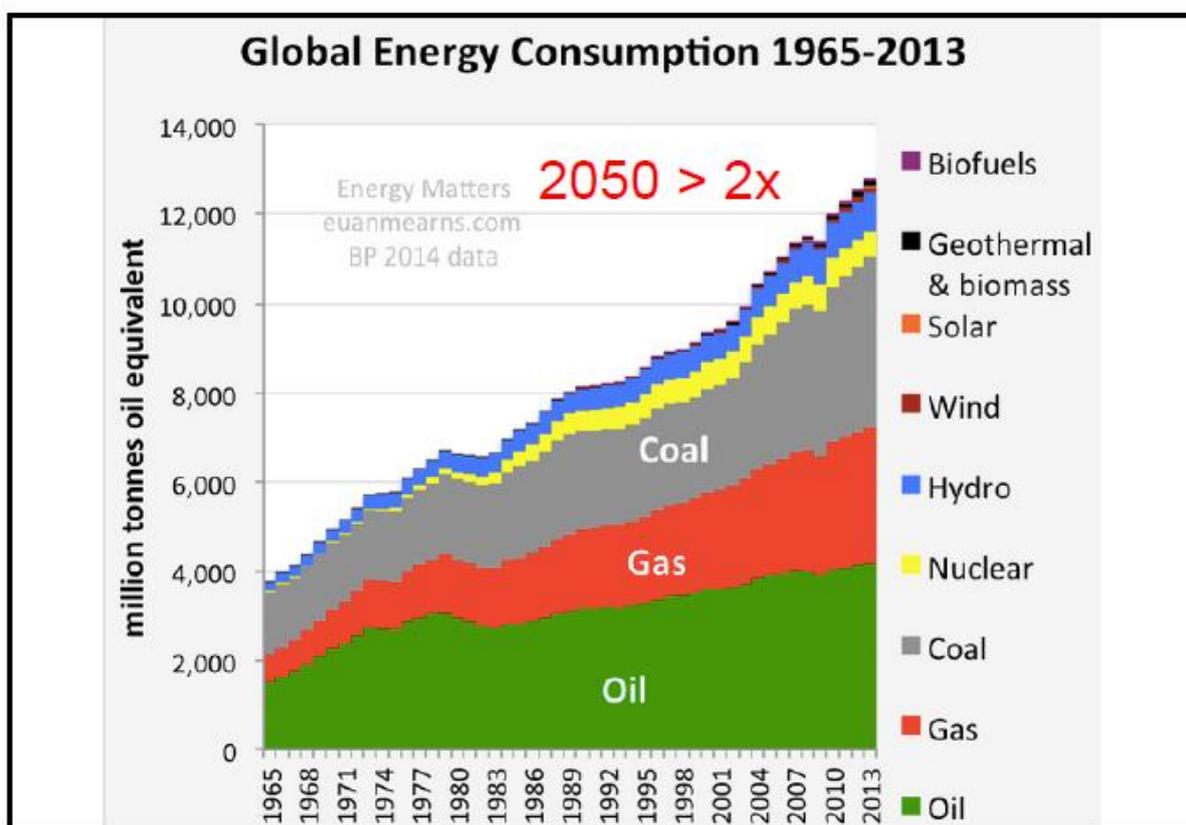


Abb.1 Globale Energiekonsumtion [1]

Dargestellt in Öl-Äquivalent (Alle Formen der Energieerzeugung bezogen auf Erdöl zum Vergleich [1].) stieg der Energiebedarf von 1965 bis 2013 von 4.000 Millionen Tonnen Öl auf 12.500 Millionen Tonnen Öl [1] an. Eine Hochrechnung nach dem bisherigen Verhalten ergibt, dass es möglich sein könnte, dass die benötigte Menge Energie bis zum Jahr 2050 mehr als 25.000 Millionen Tonnen Öl-Äquivalent sein könnte [1], falls keine Änderung im Energieverhalten, durch Reduzierung des Energieverbrauches oder durch Verwendung von Energiegewinnungsarten mit geringen Treibhausgasemissionen, eintritt.

Seit Anfang des 19. Jahrhunderts mit dem Start der industriellen Revolution hat sich am Grundprinzip der Energiegewinnung nichts geändert. Ein fossiler Brennstoff wird verbrannt und jede Form der Verbrennung erzeugt CO₂ [9]. Auch wenn der technologische Standard der einzelnen Kraftwerke sehr hoch ist und die Menge der produzierten Treibhausgase gegenüber den Fabriken des 19. Jahrhunderts minimalst ausfallen, ist die Menge an produzierten Treibhausgasen enorm angestiegen.

Durch die vermehrte Ablagerung von Treibhausgasen in der Atmosphäre, aufgrund der zunehmenden Treibhausgasproduktion, wird ein größerer Teil der Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche in der Atmosphäre zurück reflektiert und die Durchschnittstemperatur des Planeten steigt stetig an. Dieses Phänomen wird als globale Erwärmung oder anthropogener Treibhauseffekt bezeichnet [1][2][3][5].

Das Problem der unnatürlichen Temperaturerhöhung ist, dass der Anstieg der Durchschnittstemperatur mittlerweile exponentiell abläuft [1]. Die aktuelle Erhöhung liegt bei 0,7°C. Falls die Temperatur über den Zuwachs von +2°C kommt, ist der „Tipping Point“ [1][5][11] (Punkt ab dem es kein Aufhalten der globalen Erwärmung mehr gibt.) erreicht. Ab dann steigt das Potential der möglichen Risiken, in Form von Naturkatastrophen und Änderungen im Ökosystem, enorm an.

Aufgrund des hohen Anklangs der Vernetzungstechnologien in der Bevölkerung steigt die Menge an benötigter Energie stetig an. Jeder Mehrverbrauch bedeutet, dass mehr Energie erzeugt werden muss und als Folge dieses, werden Treibhausgase freigesetzt, welche den anthropogenen Klimawandel fördern. Um der globalen Erwärmung entgegen zu wirken, müssen Maßnahmen getroffen werden, damit die Durchschnittstemperatur des Planeten nicht um mehr als +2°C steigt und folgend irreperable Schäden in der Natur entstehen und sich so die Lebensbedingungen für die Menschheit erschweren.

1.2 Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen

Momentan gilt es, den „Tipping Point“ [1][5][11], der Punkt ab dem der Klimawandel nicht mehr aufzuhalten ist, zu verhindern. Der „Tipping Point“ bedeutet, dass egal, was die Menschheit in weiterer Folge macht, es irrelevant ist und die Durchschnittstemperatur trotzdem weiter ansteigt. Das liegt daran, dass durch die Änderungen des Ökosystems die Natur den Mengen der Treibhausgase nicht mehr entgegenwirken kann. Bei Überschreitung der +2°C [11] und langfristiger Betrachtung, unterliegt der Planet Erde den Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels und baut seine Resistenz zur Erhaltung des natürlichen Klimas ab.

Um der globalen Erwärmung effektiv entgegenzuwirken ist es notwendig, die Treibhausgasemissionen global zu reduzieren. Dieser einfache Lösungsansatz ist sehr schwierig umzusetzen, da jeder Teil des Lebens bzw. der Wirtschaft mit Treibhausgasausstößen verknüpft ist und man überall gleichzeitig ansetzen muss, damit man gesamt eine Reduktion herbeiführen kann. Dafür ist sowohl viel mehr zivile als auch politische Courage notwendig.

2015 haben 195 Länder eine Vereinbarung unterschrieben die globale Durchschnittstemperatur auf maximal +1,5°C ansteigen zu lassen [12].

Zur Erreichung des globalen Zieles hat die Europäische Union eigene Ziele deklariert. Diese sind bis 2030 definiert [13]:

- Reduktion der Treibhausgasemissionen auf 60%, Grundlage dafür sind die Ausstöße von 1990; bis 2050 auf 20%
- Erhöhung der erneuerbaren Energiequellen auf 27% aller Quellen
- Steigerung der Energieeffizienz auf 30%

Gesetze und Richtlinien, welche die Treibhausemissionen aufgrund der darin formulierten Regulierungen verringern sollen, wurden eingeführt, damit die gesetzten Ziele umgesetzt werden. z.B.: „EU Richtlinie 1275/2008“ (Ökodesign-Anforderungen an den Energieverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand) [14] und deren Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ (Einbringung vom vernetzten Bereitschafts- und Aus-Zustand in „EU Richtlinie 1275/2008“) [15] beinhalten Regulierungen zum Energieverbrauch von elektrischen Geräten im unvernetzten und vernetzten Stand-by-Betrieb.

Damit diese Vorgaben verwendet werden, muss ein Produkt, welches in der Europäischen Union auf dem Markt angeboten werden soll, so gestaltet werden, dass es ein „CE-Kennzeichen“ [16][17] (siehe Abb.2) bekommt. Das „CE-Kennzeichen“ sagt aus, dass das Produkt alle EU-Vorlagen, welche für dieses Produkt gültig sind, erfüllt.

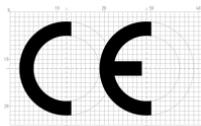


Abb.2 CE-Kennzeichen [17]

Diese Kennzeichnung reicht aus, dass das Produkt als umweltfreundlich genug eingestuft wird und zur Erreichung der Ziele der Europäischen Union gegen die globale Erwärmung beiträgt.

Somit stellt das „CE-Kennzeichen“ die Mindestanforderungen an ein Produkt dar. Die Erfüllung der Mindestanforderungen sollte in der umweltorientierten Produktentwicklung nur die Grundlage der Entwicklungsbasis darstellen. Um der globalen Erwärmung entgegen zu wirken, sollte ein Produkt über den gesamten Lebenszyklus (siehe Abb.3) ressourcen- und energieeffizient gestaltet werden [1] und bestmöglichst die Mindestanforderungen unterschreiten. Das heißt, dass man die Menge an Treibhausgasen, welche vom Abbau der Ressourcen für das Produkt bis zur Verwertung des Produktes so gering wie möglich hält.

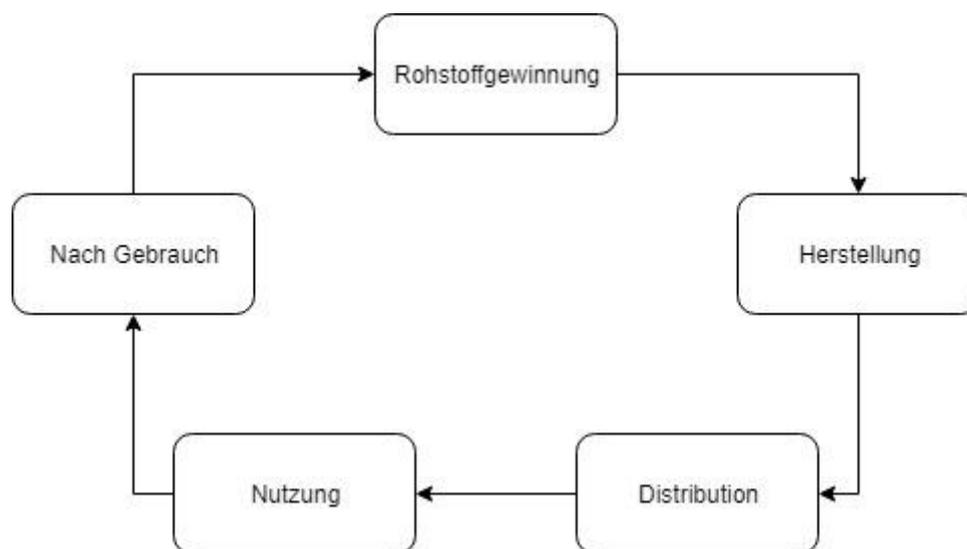


Abb.3 Lebenszyklus eines Produktes [1]

Um die globalen Klimaziele zu erreichen, müssen alle Produkte, welche am Markt angeboten werden, die gesetzlichen Vorgaben einhalten. Zusätzlich sind Werkzeuge zur umweltfreundlichen Produktgestaltung, welche den gesamten Lebenszyklus eines Produktes berücksichtigen, bereits vorhanden. Somit sollten Unternehmen die gesetzlichen Anforderungen an das Produkt (Erreichung des „CE-Kennzeichens“)

als Minimalanforderung betrachten und die Produkte mit einer möglichst geringen Treibhausgasemission über den gesamten Lebenszyklus gestalten. Allgemein formuliert, soll das entwickelte Produkt über den gesamten Lebenszyklus ressourcen- und energieeffizient sein [1].

1.3 Motivation zur Bildung einer Gestaltungsrichtlinie

Für Produktentwickler und Richtlinienersteller ist es schwierig zu erkennen, welche Vernetzungstechnologien vorhanden sind, was deren Vor- und Nachteile sind, wie diese am Besten eingesetzt werden und welche am energieeffizientesten sind. Ohne Markt- und Technologieübersicht ist nicht erkennbar, ob die gesetzlichen Beschränkungen mit der aktuellen Technologie eingehalten werden, bzw. diese unterschreiten und somit eine Anpassung der Grenzwerte der Vorlagen möglich wäre. Durch die große Menge unterschiedlicher vernetzter Gerätetypen, Variationen der Geräte innerhalb dieser Typen und der Neuentwicklung möglicher Funktionsverknüpfungen in einem Gerät, wird es immer schwieriger, eine Übersicht zu erlangen.

Durch Schaffung einer geordneten Sammlung von Aussagen und Fakten, welche den aktuellen Stand der Vernetzungstechnologie, anhand aktueller Geräte in Haushalten über deren vernetzten Stand-by-Energieverbrauch, beschreibt, ist es möglich, eine Vergleichsbasis für die unterschiedlichen Vernetzungstechnologien zu schaffen. Die vernetzten Geräte mit deren gesetzlichen Auflagen zu vergleichen und zu analysieren. Optimierungsvorschläge für gesetzliche Anpassungen einzubringen und je nach Verwendungsszenario und Zusatzfunktionen ein möglichst energieeffizientes Gerät zu entwickeln, wessen Stand-by-Energieverbrauch minimal wird.

Um den Stand-by-Energieverbrauch von vernetzten Geräten zu minimieren und somit der globalen Erwärmung entgegen zu wirken, soll diese Gestaltungsrichtlinie folgendes enthalten.

- Übersicht und Vergleich der aktuell verwendeten Vernetzungsarten
- Hilfestellung für Richtlinienersteller:
Vorschläge zur Optimierung der gültigen Auflagen, bzw. was sollte zusätzlich anhand des aktuellen technologischen Standes der Geräte in den von der Europäischen Union vorgegebenen Richtlinien integriert werden.
- Hilfestellung für Produktentwickler:
Energieeffiziente Geräte je nach Verwendungsszenario so zu gestalten, dass die optimalste Verbindungsart gewählt wird und der Energieverbrauch des Stand-by-Betriebes durch Integration zusätzlicher Funktionen reduziert wird.

1.4 Leitende Fragestellung

Zur Erreichung der Ziele, welche im vorherigen Kapitel 1.3 definiert wurden, ist die Projektleitende Fragestellung in Form eines Fragenkataloges gebildet worden.

- Welche gesetzlichen Auflagen gibt es für den Stand-by Betrieb für Netzwerkgeräte?
- Nach welchen Kriterien und Arten können Stand-by fähige Netzwerkgeräte klassifiziert werden?
- Was sind typische Produkte für die jeweiligen Klassen?
- Worin liegt der Unterschied einzelner Geräte in der dazugehörigen Klasse?
- Wie hoch ist der tatsächliche Stand-by Verbrauch dieser Geräte?
- Durch welche Funktionen heben sich die energiesparsamsten Geräte einer Klasse von den anderen Geräten ab?

- Welche Zusatzfunktionen können integriert werden um den Energieverbrauch weiter zu senken?
- Um wie viel steigt der Stromverbrauch eines durchschnittlichen österreichischen Einfamilienhauses durch Modifizierung dieses in ein Smarthome?
- Lässt sich eine Produktentwicklungsrichtlinie für Netzwerkgeräte mit einem minimalen Stand-by Stromverbrauch auf Grund der Erkenntnisse dieser Arbeit finden?

2 Auswahl der zu untersuchenden Geräte

Für die folgenden Untersuchungen wurden vernetzte Geräte gesucht, welche typische Geräte im Haushalt sind. Gleiche Geräte einer Art wurden in Gerätetypen zusammengefasst (z.B.: Modem, Netzwerkdrucker, ...). Um mögliche Gerätetypen auszuwählen, wurde ein Fragenkatalog formuliert, basierend auf Auswahlkriterien, welcher sich an die Gerätetype richtet.

2.1 Arten des Stand-by-Betriebes

Nach der „EU Richtlinie 1275/2008“ [14], welche sich auf die Gestaltung von elektrischen Haushalts- und Bürogeräte bezieht, ist der Bereitschaftsmodus bzw. Stand-by-Betrieb folgend definiert:

„Bereitschaftszustand“ (Standby) bezeichnet einen Zustand, in dem das Gerät mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden ist, auf die Energiezufuhr aus dem öffentlichen Stromnetz angewiesen ist, um bestimmungsgemäß zu funktionieren, und nur folgende Funktionen zeitlich unbegrenzt bereitstellt:

- *die Reaktivierungsfunktion oder die Reaktivierungsfunktion zusammen mit lediglich einer Anzeige, dass die Reaktivierungsfunktion aktiv ist, und/oder*
- *Information oder Statusanzeige. [Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 Artikel 2/2] [14]*

Abb.4 zeigt die möglichen Arten der Reaktivierung, welche prinzipiell für alle Geräte gültig sind. Einerseits die direkte Reaktivierung per Befehl am Gerät selbst oder Reaktivierung per Befehl über eine Steuereinheit.

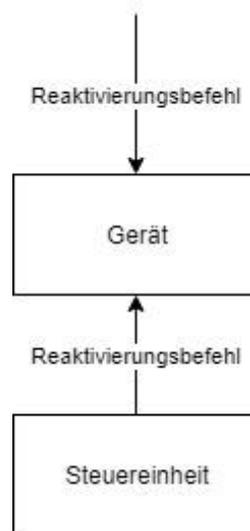


Abb.4 Reaktivierung Stand-by

Geräte, welche nicht aktiv ihre Funktionen ausüben, dürfen somit in einen Zustand wechseln, in welchem der Energieverbrauch reduziert wird, aber das Gerät nicht vollkommen abschaltet. Die einzige aktive Funktion im Bereitschaftsmodus ist das Warten des Gerätes auf dessen Reaktivierung. Die einzige Einschränkung ist die Formulierung „..., auf die Energiezufuhr aus dem öffentlichen Stromnetz angewiesen ist, um bestimmungsgemäß zu funktionieren, ...“ [Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 Artikel 2/2] [14]. Sobald ein Gerät nicht mehr im Standardbetrieb (bestimmungsgemäßer Betrieb), z.B. aufgrund von Störungen, arbeitet, muss es nicht in einen Stand-by-Betrieb wechseln. Die Reaktivierung aus dem Stand-by-Betrieb erfolgt durch einen Befehl direkt am Gerät (z.B.: Knopf am Gehäuse) oder durch einen Befehl der mitgelieferten Steuereinheit [z.B.: Fernbedienung].

Die „EU Verordnung 801/2013“ [15] erweitert die „EU Richtlinie 1275/2008“. Der Inhalt ist, die Regulierung von vernetzten Geräten und deren Stand-by-Energieverbrauch. Zusätzlich zu der Definition des Stand-by-Betriebes müssen aufgrund der Vernetzungstechnologie folgende Definitionen deklariert werden.

„vernetztes Gerät“ bezeichnet ein Gerät, das mit einem Netzwerk verbunden werden kann und einen oder mehrere Netzwerk-Ports aufweist. [Verordnung (EU) Nr. 801/2013 Artikel 1/17] [15]

„Netzwerk“ bezeichnet eine Kommunikationsinfrastruktur mit einer Verbindungstopologie, einer Architektur, einschließlich der physischen Komponenten, der Organisationsprinzipien sowie der Kommunikationsverfahren und -formate (Protokolle). [Verordnung (EU) Nr. 801/2013 Artikel 1/10] [15]

„vernetzter Bereitschaftsbetrieb“ bezeichnet einen Zustand, in dem das Gerät eine Funktion wiederaufnehmen kann, wenn es über eine Netzwerkverbindung ein Fernauslösesignal erhält. [Verordnung (EU) Nr. 801/2013 Artikel 1/11] [15]

Vernetzte Geräte welche nicht aktiv ihre Hauptfunktionen ausüben, können somit in einen Zustand wechseln, in welchem der Energieverbrauch reduziert wird, aber das Gerät nicht vollkommen abschaltet und die Konnektivität im Netzwerk aufrechterhalten bleibt. Die Reaktivierung kann durch einen Befehl direkt am Gerät, per mitgelieferte Steuereinheit oder durch andere Geräte welche im Netzwerk integriert sind (z.B.: Laptop), erfolgen.

Ein typisches Beispiel ist ein Smartphone, welches per mobilen Datentransfer mit dem Internet verbunden ist. Es kann per App einen Smart-Leuchtkörper aus dem vernetzten Stand-by-Betrieb reaktivieren. Der Leuchtkörper ist durch eine „WiFi“-Verbindung mit einem Modem, welches mit dem Internet verbunden ist, verknüpft. Das Modem erweitert mit seinen Funktionen, das lokale „Wi-Fi“-Netzwerk, in ein globales Netzwerk, welches das Internet mit einschließt. Weiters können alle Geräte, welche dazu befähigt und im „Wi-Fi“-Netzwerk verknüpft sind den Leuchtkörper direkt reaktivieren. Bzw. falls eine direkte Steuereinheit vorhanden ist, kann diese ebenfalls den Leuchtkörper reaktivieren.

Abb.5 zeigt, die möglichen Arten der Reaktivierung eines vernetzten Smart-Leuchtkörpers, welche im vorherigen Absatz beschrieben wurden.

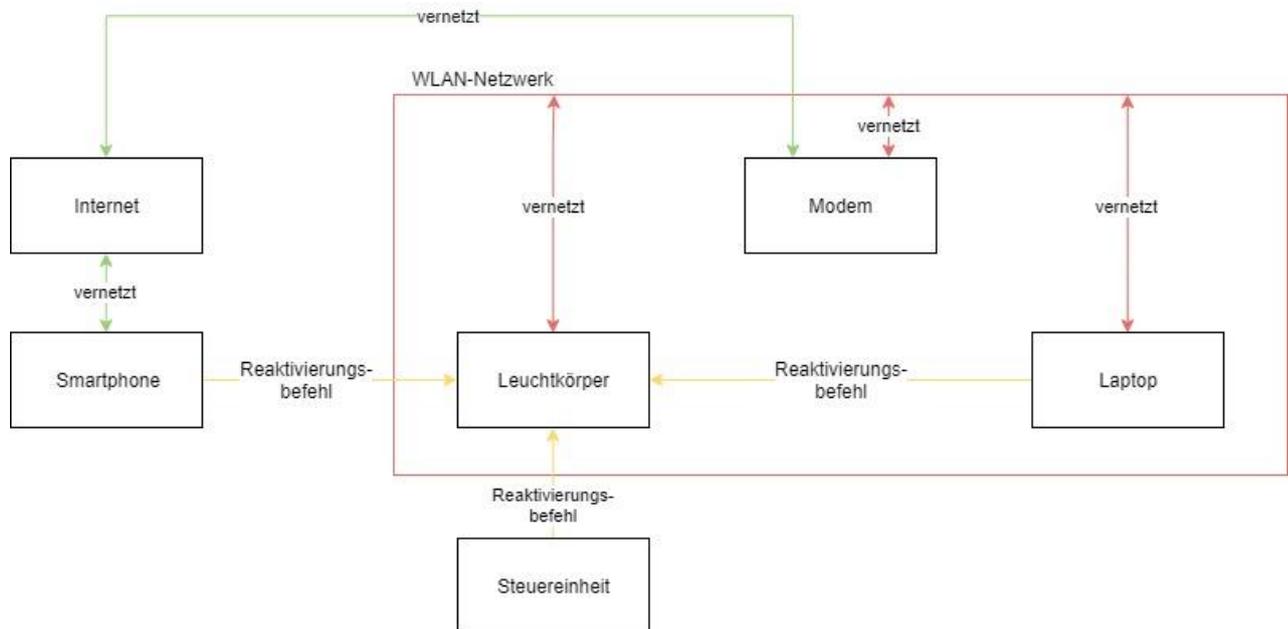


Abb.5 Vernetzte Stand-by-Reaktivierung

Aufgrund der vorherigen Definitionen lassen sich alle möglichen Stand-by- und Bereitschaftsmodis auf folgende Stand-by-Betriebe für vernetzte Geräte zusammenfassen.

- **Vernetzter Stand-by-Betrieb:**

Das Gerät ist mit allen, für das Gerät möglichen, Netzwerken verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle von Geräten dieser Netzwerke, einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Zusätzliche Funktionen im vernetzten Stand-by-Betrieb sind erlaubt (z.B. Protokolle der aktiven Verbindungsart).

- **Teilweise vernetzter Stand-by-Betrieb:**

Das Gerät hat die Möglichkeit mit mehreren Netzwerken gleichzeitig verbunden sein. Es ist nicht mit Allen, aber mindestens Einem verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle von Geräten dieser aktiven Netzwerke,

einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Zusätzliche Funktionen im teilweise vernetzten Stand-by-Betrieb sind erlaubt (z.B. Protokolle der aktiven Verbindungsart).

- **Unvernetzter Stand-by-Betrieb:**

Das Gerät ist mit keinem Netzwerk verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Zusätzliche Funktionen im unvernetzten Stand-by-Betrieb sind erlaubt (z.B. Schnellstartoption).

- **Aus-Zustand:**

Das Gerät ist mit keinem Netzwerk verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Die einzige aktive Funktion ist das Warten auf eine Reaktivierung.

- **Stromloser Zustand:**

Das Gerät ist vom Stromkreis getrennt. Der Energieverbrauch ist null Watt. Eine Reaktivierung erfolgt per Neuverbindung mit dem Stromkreis (z.B. Antstecken, Schalter betätigen).

2.2 Arten der Vernetzung

Vernetzt bedeutet, dass das Gerät in einem Netzwerk tätig ist und mindestens einen Netzwerkport aufweist. Somit müssen Geräte mindestens ein physikalisches Modul besitzen, welches eine Schnittstelle zur Reaktivierung über das Netzwerk bildet und die Datenpakete des Datentransfers verarbeitet.

Aufgrund einer Marktanalyse und Gesprächen mit Fachpersonal von Elektronikfachmärkten, sind die folgenden Verbindungsarten, die häufigst auftretenden Verbindungsarten bei vernetzten Geräten.

- Ethernet
- Bluetooth
- Wi-Fi
- ZigBee
- Z-Wave

Nach der Wahl der Gerätetypen wurden unterschiedliche Geräte zur weiteren Untersuchung ausgewählt. Diese sollen, wenn möglich, mehr als eine der oben genannten Verbindungsarten unterstützen.

2.2.1 Kabelgebundene Verbindungsart

Ethernet

„Ethernet“, umgangssprachlich „LAN“ (Local Area Network), ist eine kabelgebundene Verbindungsart. Die Geschwindigkeit der Übertragung liegt bei maximal 1000 MBbt/s [18]. Die maximale Verbindungslänge liegt bei knapp 100 Meter [18], da sonst Datenpakete zu langsam übertragen werden bzw. verloren gehen. Sobald mehr als zwei kabelgebundene Geräte im Netzwerk tätig sind, muss ein Switch eingesetzt werden. Dieser dient als Kopplungselement und sorgt für eine logische und geordnete Verbindung zwischen den Geräten. Die physikalische Grenze der Steckplätze eines Switches, kann durch das Anschließen eines weiteren Switches erweitert werden. Eine Obergrenze an der Anzahl an Geräten in einem Netzwerk gibt es nicht. Diese Verbindungsart gilt als sehr ausfall- und zugriffssicher, da über einen physikalischen Anschluss (Kabel in einer Buchse) Datentransfer stattfindet. Ausfälle sind somit nur durch einen Fehler der Hardware möglich und Zugriffe können nur über eine direkte physikalische Verbindung entstehen. Der Kabelstandard ist „Twisted-Pair-Kabel“ mit einer „RJ45“ Steckverbindung und der Protokollstandard ist „IEEE 802.3ba“ [19].

2.2.2 Kabellose Verbindungsarten

Bei kabellosen Verbindungsarten werden Datenpakete über Funkwellen zwischen den Geräten ausgetauscht. Alle folgenden Verbindungsarten, falls nicht anders beschrieben, nutzen das lizenzfreie „ISM-Band“ (Industrial, Scientific, Medical) [18]. Der nutzbare Frequenzbereich liegt zwischen 2,402 GHz und 2,480 GHz und wird umgangssprachlich als „2,4 GHz Band“ bezeichnet.

Bluetooth

Die Verbindungsart „Bluetooth“ hat die Möglichkeit, aufgrund einer hohen Anzahl unterschiedlicher Protokollprofile [20], unterschiedliche Geräte mit unterschiedlichen Tätigkeiten miteinander zu verbinden und sinngemäß kommunizieren zu lassen. Es können bis zu 248 Geräte direkt miteinander ein Netzwerk bilden[20]. Wobei nur maximal acht gleichzeitig aktiv sein dürfen[19]. Die aktuell verwendeten Versionen sind „Bluetooth 4“ und „Bluetooth 5“. Version vier ist so entwickelt, dass der Energieverbrauch minimiert wird und Version fünf erlaubt es je nach Szenario die Übertragungsrate für Reichweite und andersrum einzutauschen [20]. „Bluetooth“ ist nicht störanfällig da „Frequenzhopping“ [20] betrieben wird. Es wird 1600-mal pro Sekunde das Frequenzband gewechselt, so kann verhindert werden, dass eine Frequenzüberlagerung eintritt, welche von anderen Funknetzwerken verursacht wird. Die Übertragungsrate liegt bei einem Mbit/s [20] und die durchschnittliche Reichweite ist zehn Meter [20]. „Bluetooth“ unterstützt drei Arten [20] der Sicherheit:

- Geräte können sich erkennen und verbinden ohne Authentifizierung.
- Geräte erkennen sich und verbinden sich erst nach einer Authentifizierung innerhalb der Verbindung
- Geräte erkennen und verbinden sich nach einer Authentifizierung der Verbindung

„Bluetooth“ ist sicher gegen den Zugriff auf ein gezieltes Gerät, da das Gerät erst im Netzwerk gefunden und identifiziert werden müsste. Gegen Massenzugriff (z.B.: Verteilen von Schadsoftware auf sovielen Geräten wie möglich) ist es schutzlos, sofern keine Form der Authentifizierung gewählt wurde.

Im Sinne von Smart-Technologie ist es seit „Bluetooth 4“ möglich ein „Mesh“-Netzwerk [20][21] zu bilden. „Bluetooth“-Geräte stehen mit anderen „Bluetooth“-Geräten in Kontakt, welche wiederum mit anderen „Bluetooth“-Geräten verbunden sind. Dies ermöglicht eine Kommunikation zwischen Geräte, welche nicht direkt, aber innerhalb des „Mesh“-Netzwerkes (siehe Abb.6) verbunden sind. Für diese Form der Verbindung ist keine Basis, wie z.B. ein Router, notwendig, da die Geräte direkt hintereinander kommunizieren. Jedoch benötigt es ein intelligentes System mit „Bluetooth“, um das Mesh-Netzwerk aufzubauen (z.B.: Smartphone) [21]. Es können bis zu 32.000 Knotenpunkte (Geräte) integriert werden. Der Energieverbrauch der Geräte steigt an, da selbst bei Nichtbenutzung die Geräte das „Mesh“-Netzwerk aufrechterhalten müssen und sich nicht aus dem Netzwerk nehmen dürfen [21].

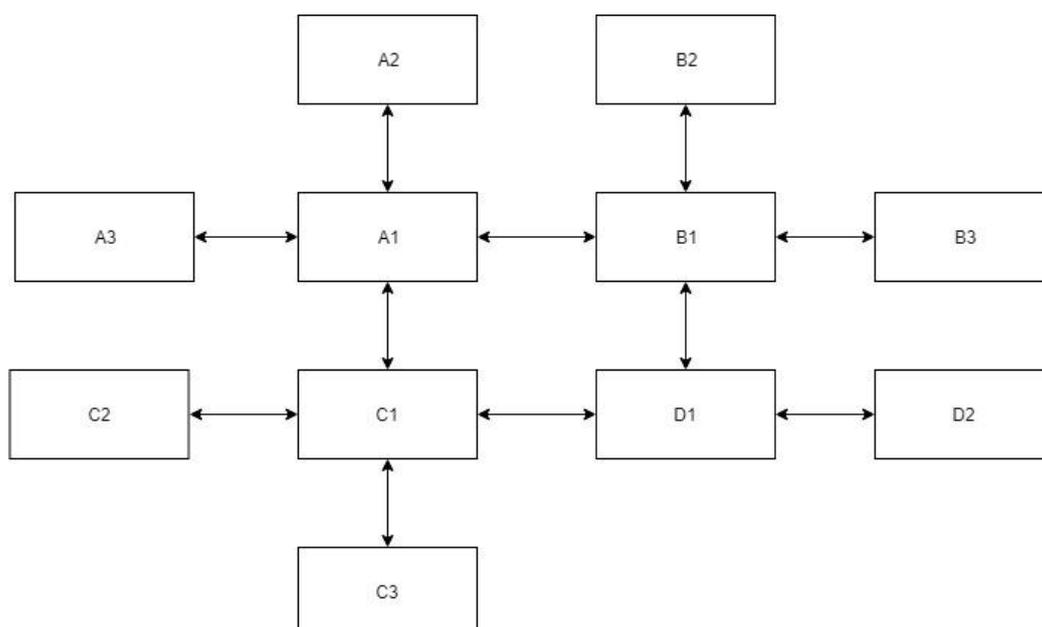


Abb.6 Prinzipskizze Mesh-Netzwerk

Über mehrere direkte Verbindungen unterschiedlicher Geräte können Geräte, welche nicht direkt, aber innerhalb des „Mesh“-Netzwerkes, verbunden sind, kommunizieren. z.B. Gerät A2 kann mit C3 kommunizieren. Der Kommunikationsweg ist $A2 > A1 > C1 > C3$. Da nicht klar ist, wo sich das gesuchte Gerät im Netzwerk befindet, werden Kontrolldatenpakete versendet, um die Position aller Geräte zu kennen und den kürzesten Weg zu bestimmen. Die Kontrollpakete werden entweder direkt vor dem Befehl von Gerät A2 oder in regelmäßigen Perioden verschickt [22].

Wi-Fi

„Wi-Fi“ (Wireless Fidelity / Kabellose Treue) [23] bzw. umgangssprachlich „WLAN“ (Wireless Local Area Network) funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie das in Kapitel 2.2.1 erklärte „Ethernet“. Der Hauptunterschied ist, dass die Verbindung kabellos stattfindet. Der benötigte Switch wird Router genannt und erstellt eine Funkblase von etwa 20 Meter [23]. Diese Netzwerkblase liegt im Frequenzbereich von „2,4 GHz“ oder „5 GHz“ [23]. Der tatsächliche Frequenzbereich für das „5 GHz“ „Wi-Fi“ liegt zwischen, 5,15 – 5,35 GHz und 5,47 – 5,725 GHz. Der verwendete Protokollstandard ist „IEEE 802.11n“ [23] welcher beide Frequenzbereiche unterstützt. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist maximal 600 Mbit/s [23]. Es können maximal 256 Anwender in einem Netzwerk integriert werden. Die Reichweite des Netzwerkes kann durch sogenannte „Repeater“ erhöht werden, welche das Signal der Funkblase aufsnappen und eine gleichartige neue Blase generieren. Die kontinuierliche Datenübertragung ist nicht gewährleistet, da die Übertragungsfrequenz nicht selbstständig gewechselt wird. Sobald die Funkblase eines anderen Netzwerkes die eigene Funkblase überlappt und beide die gleiche Frequenz nutzen, tritt ein Protokoll ein, welches den Datenverkehr auf der Frequenz zeitlich versetzt [23]. Da oft dieselben Modems mit Routerfunktion in Haushalten,

aufgrund gleicher Internet-Anbieter, verwendet werden, ist die Überlappung der Frequenzen und somit die permanente Übertragung meistens nicht gewährleistet. Alle Daten welche in der Funkblase eines Netzwerkes gesendet werden, sind überall innerhalb der Blase abrufbar [23]. Zum Schutz gegen den Zugriff Fremder, kann das Netzwerk mit einer Authentifizierung in Form eines Passwortes (min. WPA 2 Standard > max. 63 Zeichen) geschützt werden [23]. Der Datentransfer findet immer über den Router statt. Sobald ein Gerät mit einem anderen kommunizieren möchte, werden die Datenpakete vom ersten Gerät über den Router zum zweiten Gerät gesendet (siehe Abb.7).

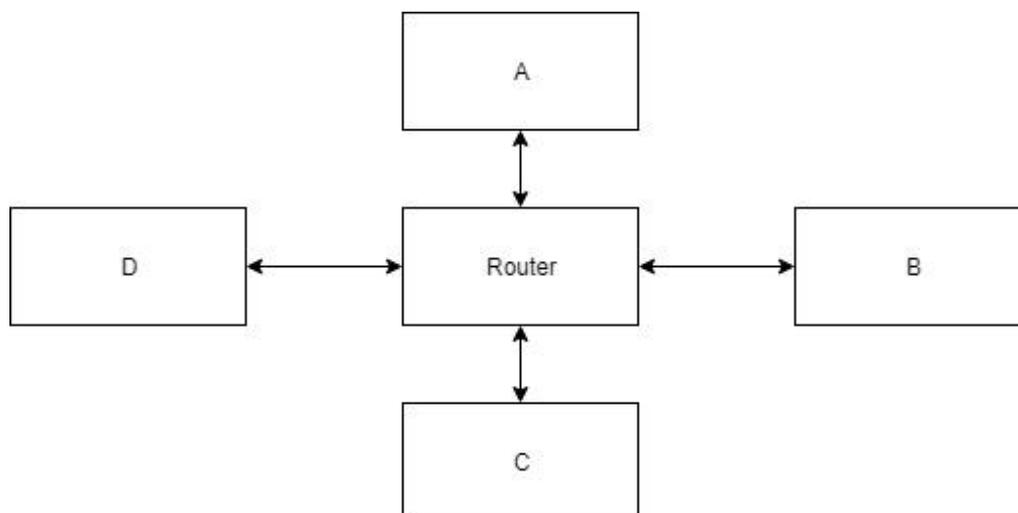


Abb.7 Prinzipskizze Wi-Fi

ZigBee

„ZigBee“ verwendet das Protokoll „IEEE 802.15.4“ [24]. Dieses erlaubt allen im Netzwerk integrierten Geräten ein „Mesh“-Netzwerk (siehe Kapitel 0) zu generieren. Die maximale Menge an Geräten im Netzwerk beträgt 65.000 [25]. Die generierte Funkblase verwendet das „2,4 GHz“ Frequenzband [24], mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit von 250 kBit/s [25]. Die aktuelle Version „ZigBee 3.0“ [25] vereinheitlicht die verwendeten Protokolle der Geräte, so dass alle Geräte welche „ZigBee“ nutzen miteinander verwendbar sind. Die vorherigen Versionen

erlaubten es den Herstellern das Protokoll individuell anzupassen, somit konnten Geräte mit „ZigBee“, welche unterschiedliche Protokollabänderungen besaßen, nicht miteinander kommunizieren. Zum Aufbau des „Mesh“-Netzwerkes und der Integration neuer Geräte benötigt das Netzwerk ein „Gateway“ (Steuerzentrale) [25]. Jedoch können sich Geräte, aufgrund des „Mesh“-Netzwerkes, außerhalb der Reichweite des Gateways befinden und trotzdem Teil des Netzwerkes sein. Da die Verbindung über ein anderes Gerät möglich ist, welches als Knotenpunkt eine eigene Funkblase generiert. „ZigBee“ gilt als sichere Verbindung, es verwendet einen 128 bit Schlüssel [24][25], das entspricht einem Passwort mit 2^{128} Stellen. Nur Geräte welchen die gleichen Schlüssel besitzen, können miteinander kommunizieren. Die maximale Distanz, zwischen zwei „ZigBee“-Geräten zur Erhaltung des Netzwerkes, darf 20 Meter nicht überschreiten. Gleich wie bei „Wi-Fi“ tritt ein Protokoll ein, welche bei Überlappung zweier Netzwerkblasen, die Datenpakete zeitlich versetzt versendet. „ZigBee“ unterliegt keiner Lizenz [24].

Z-Wave

„Z-Wave“ Geräte unterliegen den Bestimmungen der „Z-Wave-Allianz“ [26]. Alle Hersteller müssen Teil der Allianz sein und alle ihrer „Z-Wave“ Produkte müssen den Richtlinien der Allianz entsprechen und über diese lizenziert werden. Grund dafür ist, dass somit alle Geräte, egal welcher Hersteller, in das „Z-Wave“-Netzwerk eingebunden und verbunden werden können. Die Frequenz, zur Erstellung der Funkblase, ist 868 MHz [26]. Die maximale Reichweite zur Erhaltung der Funkblase ist 30 Meter [27] und die maximale Anzahl der Geräte in einem Netzwerk beträgt 232 [26]. Geräte in einem „Z-Wave“-Netzwerk bilden ein „Mesh“-Netzwerk (siehe Kapitel 0), dieses wird über ein Gateway aufgebaut. Dieses stellt die Basis zur Bildung des „Mesh“-Netzwerkes und zur Integration neuer Geräte ins Netzwerk dar. Durch das „Mesh“-Netzwerk können auch Geräte außerhalb der Reichweite des Gateways

kommunizieren, da die Verbindung über ein anderes Gerät möglich ist, welches als Knotenpunkt eine eigene Funkblase generiert. Durch die Nutzung einer anderen Frequenz als alle anderen kabellosen Verbindungsarten, kommt es kaum zu einer Überlappung von Netzwerkblasen [26]. Falls eine Überlappung eintritt, tritt ein Protokoll ein, welches die Datenpakete zeitlich versetzt versendet [27]. Das „Z-Wave“-Netzwerk ist über einen 128 bit Schlüssel gesichert [27]. Nur Geräte welche die gleichen Schlüssel besitzen, können miteinander kommunizieren. Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit liegt bei 0,4 Mbit/s [28].

2.2.3 Vergleich der Verbindungsarten

Zur Übersicht und zum direkten Vergleich der Verbindungsarten mit den wichtigsten Eckdaten aus den vorherigen Kapiteln (Kapitel 2.2.1–Kapitel 2.2.2) wurde eine Übersicht in Tab.1 erstellt.

	Ethernet	Bluetooth	Wi-Fi	ZigBee	Z-Wave
Übertragungsart	Kabel	Funk 2,4 GHz	Funk 2,4 / 5 GHz	Funk 2,4 GHz	Funk 868 MHz
Max. Datenübertragung [Mbit/s]	1000	2	600	0,25	0,04
Durchschnittliche Reichweite [m]	100	10	20	20	30
Nutzer	Unbegrenzt	8	256	65.000	232
Sicherheit	Physikalischer Anschluss	Authentifizierung innerhalb und Verbindung selbst	WPA2	128 bit Schlüssel	128 bit Schlüssel
Mesh-Netzwerk	Nein	Möglich*	Nein	Ja	Ja
Übertragungsstabilität	Ja, Kabel	Ja, Frequenzhopping**	Nein	Nein	Wahrscheinlich ***

Tab.1 Vergleich der Verbindungsarten

*Prinzipiell möglich, jedoch ist der Standard eine Direktverbindung ohne Mesh

**Wechsel der Übertragungsfrequenz 1600 mal pro Sekunde.

***Aufgrund einer anderen Frequenz, als alle anderen kabellosen Verbindungsarten, ist eine Überlappung von Netzwerkblasen unwahrscheinlich.

2.3 Auswahl der Gerätetypen

Zur Messung des Energieverbrauches wurde ein „Wattman HPM 100A“ Wattmeter verwendet (siehe Kapitel 3.2). Der Wattman funktioniert, so dass der Schukostecker des zu untersuchenden Gerätes in das Messgerät gesteckt wird. Dadurch kann nur der gesamte Energieverbrauch des Gerätes gemessen werden, da das Wattmeter zwischen Stromquelle und Gerät platziert wird. Somit wurde die Auswahl für die zu untersuchenden Geräte eingeschränkt. Es durften keine zusätzlichen aktiven Funktionen, welche sich nicht auf den vernetzten Stand-by-Betrieb beziehen, ausgeführt werden. Geräte, welche einen Akkumulator integriert haben (z.B.: Bluetooth Boxen: Warten auf Musikinput Stand-by-Betrieb aktiv, zusätzlich finden Lade- / Entladezyklen der Batterie statt) oder im Stand-by-Betrieb noch aktive Hintergrundfunktionen ausführen (z.B.: Smart-Kühlschränke: Smart-Modul geht in den Stand-by-Betrieb, aber die Kühleinheit ist aktiv), wurden nicht untersucht.

Nur Geräte, welche im vernetzten Stand-by-Betrieb keine weitere Tätigkeiten ausführen, außer auf deren Reaktivierung zu warten, wurden untersucht (z.B.: Netzwerkdrucker: permanentes Warten auf einen Druckbefehl).

Somit ließen sich die Auswahlkriterien zur Findung der zu untersuchenden Gerätetypen auf folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- Die Geräte müssen vernetzt sein. [Kapitel 2.2]
- Die einzigen aktiven Funktionen im Stand-by-Betrieb müssen sich auf den Stand-by-Betrieb selbst beziehen. [Kapitel 2.1]
- Eine ausreichend große Auswahl an Modellen der Gerätetype am Markt muss vorhanden sein, dass man aufgrund der Menge schließen kann, dass diese Technologie Anklang bei den Nutzern gefunden hat und somit typische vernetzte Geräte in Haushalten sind.
- Die Geräte müssen mit dem vorhandenen Messgerät messbar sein.

2.3.1 Fragenkatalog zur Erstellung der Gerätetypenliste:

Die endgültige Gerätetypenliste wurde durch einen Fragenkatalog, welcher sich an Geräte einer Type richtet, gebildet. Falls eine der Fragen mit einem „Nein“ beantwortet wurde, war die gewählte Gerätetype für weitere Untersuchungen nicht geeignet (siehe Abb.8).

1. Ist die gewählte Gerätetype vernetzt?
2. Ist die gewählte Gerätetype auch im Ruhemodus vernetzt?
3. Sind alle aktiven Funktionen des Ruhemodus der gewählten Gerätetype auf den Ruhemodus selbst bezogen?
4. Gibt es die Möglichkeit die gewählte Gerätetype mit dem „Wattman HPM 100A“ Wattmeter zu messen?
5. Sind die Geräte der gewählten Gerätetype typische Geräte in Haushalten?

Für jede ausgewählte Gerätetype wurden typische Vertreter mit gleichen und unterschiedlichen Verbindungsarten gewählt. Anhand der Zertifizierung „CE-Kennzeichen“ [Kapitel 1.2] wurde ermittelt, welche Gesetze und Auflagen für die zu untersuchenden Gerätetypen gelten. Diese wurden in Kapitel 4 bei der Beschreibung der jeweiligen Gerätetype angeführt.

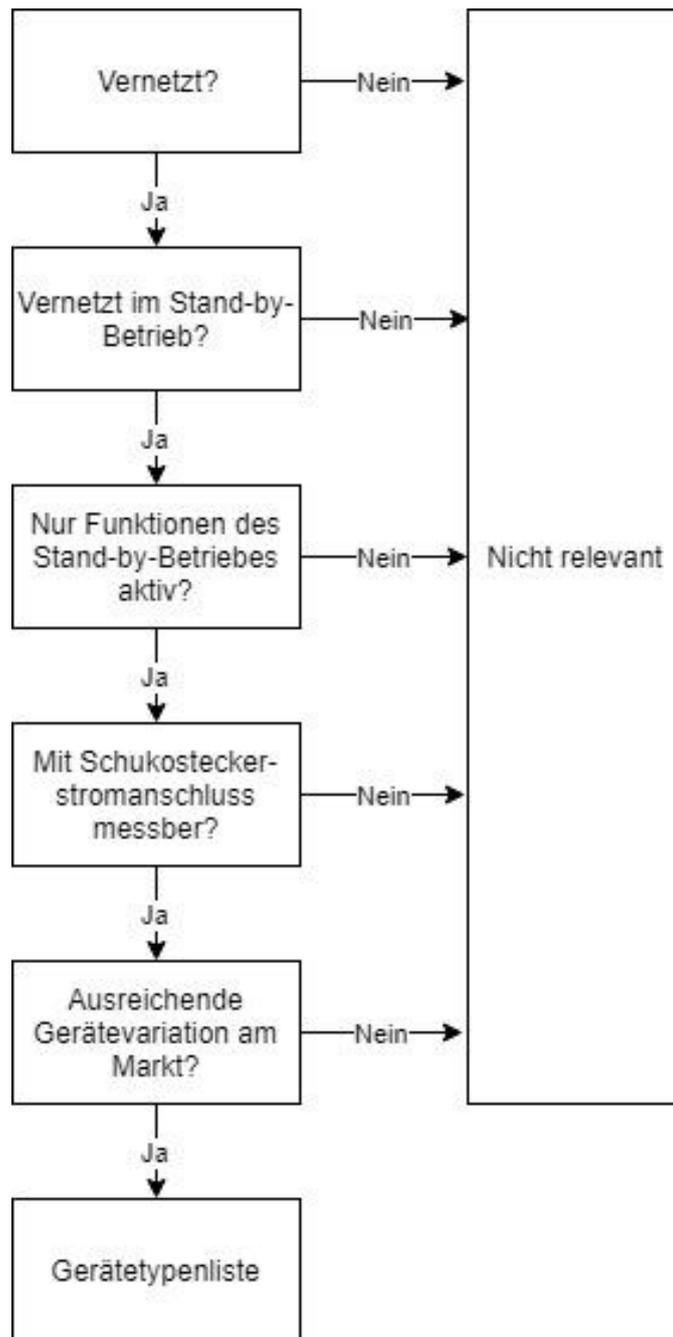


Abb.8 Gerätetypenauswahlverfahren

2.3.2 Getroffene Auswahl

Die endgültige Auswahl der Gerätetypenliste, nach dem Fragenkatalog zur Erstellung der Gerätetypenliste, ergab:

1. Modems mit Router- und Switchfunktionen
2. Netzwerkdrucker
3. Spielekonsolen

4. Smart-Home-Basissysteme (Erstellung und Verwaltung eines Smart-Systems)
5. Smart-Leuchtkörper
6. Smart-Zwischenschukostecker (Smarte Steckdosen)
7. Smart-Basis-Stationen (Intelligente Steuerungseinheit in Smart-Systemen)

Smart-TV-Geräte erfüllen alle Anforderungen des Fragenkataloges, jedoch wurden diese nicht weiter behandelt. Folgender Absatz erklärt das Ausscheiden von Smart-TV-Geräten von der getroffenen Auswahl.

Smart-TVs sind Fernsehgeräte, welche vernetzt sind. Durch die Erweiterung der Vernetzung werden in Smart-TV-Geräte intelligentere Chips verbaut, welche es ermöglichen, Apps direkt auf dem Gerät wiederzugeben oder kabellose Verbindungen mit anderen Geräten aus dem Netzwerk herzustellen. Letzteres ermöglicht die Wiedergabe von Inhalten der Geräte auf den Smart-TVs. Zusätzlich können diese die Smart-TV-Geräte steuern. Eine Reaktivierung des Smart-TV-Gerätes aus dem vernetzten Stand-by-Betrieb ist per physikalischem Knopf am Gerät, per mitgelieferter Fernbedienung oder per Befehl eines Gerätes im Netzwerk möglich. Aus Interviews mit Nutzern von Smart-TV-Geräten ging hervor, dass die Vernetzung im aktiven Betrieb des Gerätes sehr wohl verwendet wird und die Technologie Anklang bei den Nutzern findet. Jedoch gilt dies nicht für den vernetzten Stand-by-Betrieb. Da die einzige mögliche Funktion im vernetzten Stand-by-Betrieb die Reaktivierung per Gerät im Netzwerk ist. Meistens befinden sich die Nutzer bei Reaktivierung des Smart-TV-Gerätes direkt davor bzw. befinden sich im selben Raum wie das Gerät selbst und benutzen entweder den physikalischen Knopf am Gerät oder die mitgelieferte Fernbedienung, um das Smart-TV-Gerät zu reaktivieren. Alle befragten Nutzer, wenn sich diese der vernetzten Stand-by-Funktion ihrer Smart-TV-Geräte bewusst waren, haben per Einstellung am Gerät, den vernetzten

Stand-by-Betrieb deaktiviert. Bzw. mit der Erkenntnis, dass ihre Geräte wahrscheinlich einen ungewollten vernetzten Stand-by-Betrieb ausführen, gesagt, dass sie diesen deaktivieren werden.

3 Ablauf der Messreihe

Damit der Ablauf und Inhalt der folgenden Messreihen der gewählten Geräte strukturiert und nachvollziehbar sind, wurden die Erwartungen an die Messreihen, der Ablauf einer Messung und die möglichen Messszenarien definiert.

3.1 Erwartungen an die gewählten Gerätetypen und an die Messungen

Durch die Wahl unterschiedlicher Gerätetypen und ausgewählter Geräte der jeweiligen Type wurden folgende Erwartungen an die Ergebnisse und Erkenntnisse der Messungen der gewählten Geräte gestellt.

- Stand-by-Verbrauchsvergleich der unterschiedlichen Betriebsszenarien jedes Gerätes:
 - Unterschiede im Energieverbrauch der jeweiligen Stand-by-Betriebsszenarien
 - Gerätefunktionen, welche diese Unterschiede generieren
 - Vergleich der Begrenzungen der gesetzlichen Auflagen und der Abweichungen zum Grenzwert
- Stand-by-Verbrauchsvergleich unterschiedlicher Geräte gleicher Type:
 - Stand-by-Verbrauchvergleich unterschiedlicher Geräte im jeweiligen Szenario
 - Allgemeiner Vergleich der unterschiedlichen Geräte
 - Anregungen für zusätzliche Funktionen, welche in das Geräte integriert werden sollten, um den Energieverbrauch bei Inaktivität zu reduzieren.
- Stand-by-Verbrauchsvergleich unterschiedlicher Verbindungsarten unterschiedlicher Typen.

- Ranking des Energieverbrauches der Verbindungsarten
 - Sammlung aller entdeckten Zusatzfunktionen der Geräte
 - Anregungen zur Schaffung neuer Funktionen zur Optimierung der Energieeffizienz.
- Abdeckung aller typischen vernetzten Geräten im Haushalt, damit allgemeine Aussagen für vernetzte Geräte und deren Stand-by-Betriebe in Haushalten getroffen werden können.
 - Optimierung der Grenzwerte, Integration neuer Funktionen und Betriebsszenarien der gesetzlichen Auflagen.
 - Gestaltungshinweise zur Entwicklung energieeffizienter Geräte mit möglichst wenig Energieverbrauch in allen Energiesparbetriebsszenarien.

Die Grundlage der folgenden Erkenntnisse bilden die Energieverbrauchsmessungen. Typische Vertreter, der gewählten Gerätetypen aus Kapitel 2, wurden in unterschiedlichen Szenarien betrieben und der Energieverbrauch wurde über den gesamten Messzeitraum gemessen und protokolliert.

3.2 Messgerät: Wattman

Zur Messung des Energieverbrauches ist ein Wattmeter verwendet worden. Das Gerät ist ein „Wattman HPM 100A“ (siehe Abb.9). Der Wattman ist explizit dafür ausgelegt, Messungen mit geringem Stromfluss durchzuführen und wurde so konstruiert, dass Strom ab 100 Mikroamper gemessen werden kann.



Abb.9 Messgerät Wattman HPM 100A

Die beiliegende Software und die Möglichkeit das Wattmeter mit einem Computer zu verbinden, ermöglichen es, die gemessenen Werte in Tabellen zu speichern und weiterzuverarbeiten. Zur Verwendung wird der Wattman mit seinem eigenen Schukostecker mit dem Stromnetz verbunden und der Schukostecker des zu messenden Gerätes wird in den Wattman gesteckt. Per „RS232“-Schnittstelle und Umwandler auf USB wird dann die Verbindung mit dem Computer hergestellt. In Tab.2 sind die genauen Eckdaten und Messbereiche des Wattman zusammengefasst.

Messbarer Strom	AC 100 μ A – 15 A (\pm 0,4%)
Messbare Spannung	AC 80V – 260 V (\pm 0,3%)
Messbare Leistung	9 mW – 3,75 kW (\pm 0,5%)
Leistungsfaktor	\pm 0,001 ~ 1 \pm 0,5%
Anschlüsse	RS232, Schuko Aufnahme, Schuko Stecker
Abmessungen	115 mm x 200 mm x 45 mm

Tab.2 Daten Wattman HPM 100A

3.3 Aufbau einer Messung

Der Laptop mit der Software des Wattman wurde per USB-Kabel und einem „RS232“-Adapter mit dem Wattman verbunden. Der Wattman wurde an das Stromnetz und das zu testende Gerät per Schukostecker angeschlossen. Die Stromversorgung des Testgerätes erfolgte über den Wattman. Je nach Verbindungsart wurde das Testgerät mit seiner Befehlsbasis verbunden. Die Befehlsbasis schaltet über Befehle die Zustände bzw. Funktionen des Testgerätes (z.B. Licht An / Aus). Alle möglichen Änderungen des Verhaltens der Geräte bei Inaktivität sollten innerhalb von 30 Minuten (siehe Kapitel 2.1) eintreten. Jedoch falls diese Änderungen zu einem späteren Zeitpunkt eintreten sollten, wurde die Messdauer mit zwei Stunden definiert. Somit konnten alle relevanten Informationen erfasst werden. Über die gesamte Messdauer von zwei Stunden wurde der Energieverbrauch des Testgerätes in Watt alle fünf Sekunden erfasst und als Tabelle automatisch am Laptop in der Software des Wattmans zusammengefasst. Abb.10 zeigt den Aufbau einer Messung bezüglich Anordnung der verwendeten Geräte, deren Informations- und deren Energieaustausches

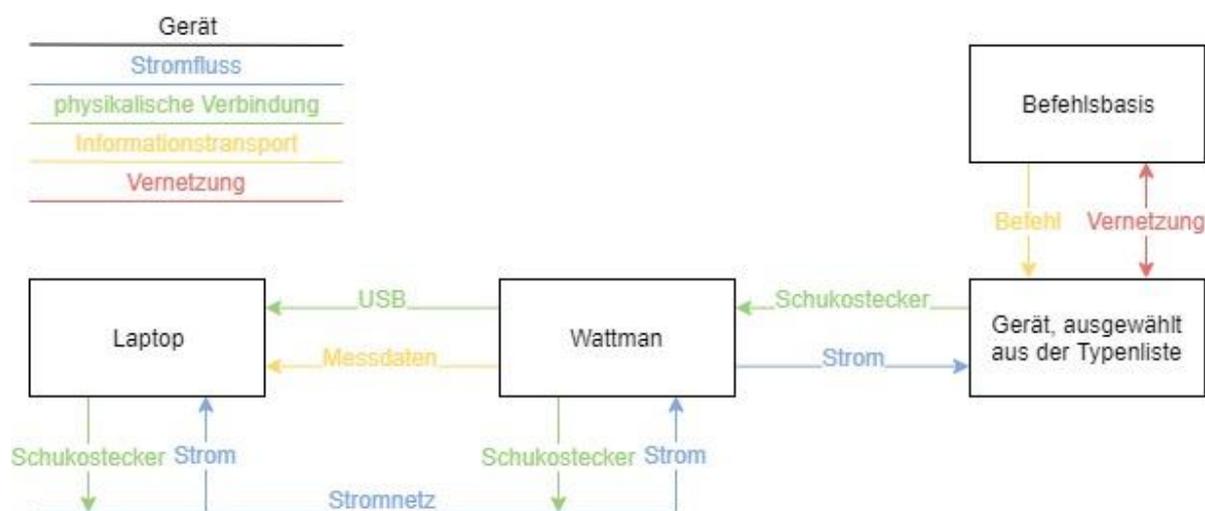


Abb.10 Aufbau einer Messung

Die Befehlsbasis ist die Plattform von welcher aus das zu vermessende Gerät gesteuert werden kann. Je nach zu untersuchendem Gerät, dessen Gerätetype und Verbindungsart zur Befehlsbasis, ist die Befehlsbasis unterschiedlich aufgebaut. In Kapitel 4 wurde für jedes beschriebene Gerät der Aufbau der jeweiligen Befehlsbasis angeführt.

Am Anfang jeder Messung befand sich das zu vermessende Gerät im Standardbetrieb. Nach dem Messstart wurde das Gerät aus dem Standardbetrieb in einen Ruhemodus übergeführt oder so geschaltet, dass eine mögliche Grundlage zur eigenständigen Überführung in einen Ruhemodus geschaffen wurde (mögliche Szenarien, siehe Kapitel 3.4). Nach Einstellen des Messszenarios wurden für die Zeit der Messung keine Änderungen an dem Zustand des zu vermessenden Gerätes vorgenommen.

Es wurde anhand der Energieverbrauchswerte untersucht, ob und wann das Testgerät innerhalb der Messdauer seinen Zustand selbstständig in eine Form eines Ruhemodus ändert. Und wie groß der Unterschied zwischen dem Verbrauch des Szenariozustandes und eines möglichen energieeffizienteren Modus ist, welcher aufgrund zusätzlicher Funktionen ausgeführt wurde.

Die endgültigen Ergebnisse wurden nach dem Beenden der Messung aus der vollständigen Verbrauchswertetabelle gebildet. Diese Tabelle setzt sich aus den übermittelten Werten des Wattmans zusammen. Zur Bestimmung des Ergebnisses wurde über eine Zeitperiode, in welcher keine Zustandsänderung stattfand, der arithmetische Mittelwert des Verbrauches in Watt gebildet.

Ein Beispiel zum Ablauf einer Messung wird anhand eines Netzwerkdruckers dargestellt. Ein Netzwerkdrucker wurde an das Messgerät, welches mit einem Laptop verbunden war, angeschlossen und eingeschaltet. Der Drucker war per „Wi-

Fi“ mit einem Modem und einem Computer verbunden. Über den Computer wurde ein Druckbefehl an den Drucker übermittelt. Sobald das letzte Blattpapier bedruckt war, wurde die Messung gestartet. Über den Zeitraum von zwei Stunden wurde alle fünf Sekunden der aktuelle Energieverbrauch des Netzwerkdruckers vom Messgerät erfasst und in einer Tabelle am Laptop eingetragen. Nach der Messung wurde analysiert, wann eine Änderung im Energieverhalten des Druckers eintrat, um wie viel Watt sich der Verbrauch änderte und was diese Änderung verursachte. Zum Beispiel wechselte der Drucker fünf Minuten nach dem Start der Messung in einen energiesparsameren Betrieb und nach 30 Minuten wechselte der Drucker in einen noch sparsameren Betrieb. Für jeden dieser zwei Zeitperioden wurde der durchschnittliche Energieverbrauch in Watt ermittelt. Durch eine weitere Untersuchung direkt am Drucker und der beiliegenden Anleitung des Gerätes konnte ermittelt werden, dass der erste Betrieb ein vernetzter Stand-by-Betrieb und der Zweite ein unvernetzter Stand-by-Betrieb ist.

3.4 Betriebsszenarien

Vernetzte Geräte müssen, nach „EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ [15], nicht in einen vernetzten Stand-by-Betrieb oder Aus-Zustand wechseln, sondern können auch in einen undefinierten Energiesparmodus wechseln, solange dieser die Grenzwerte des Energieverbrauches des vernetzten Bereitschaftsbetriebes nicht überschreitet. Solange der Grenzwert eingehalten wird, dürfen zusätzliche Funktionen, zu der Funktion „Warten auf einen Reaktivierungsbefehl“, aktiv sein.

In der weiteren Arbeit, wurden alle Formen von unterschiedlichen Energiesparmodi als Stand-by-Betrieb bzw. Bereitschaftsmodus beschrieben, da die Einschränkungen

der gesetzlichen Grenzwerte für alle Modi gleich sind und der Unterschied nur die aktiven Funktionen sind.

Zusätzlich zum Standardbetrieb, wurden Betriebsszenarien, welche vom Standardbetrieb abweichen, eingestellt. Damit die Geräte in mögliche unterschiedliche Stand-by-Betriebe wechseln und unterschiedliches Verhalten, aufgrund unterschiedlicher Funktionen, aufweisen und folgend gemessen werden konnten. Ob es zu unterschiedlichen Betriebsarten kam, wurde anhand der Energieverbrauchsmessung jedes Szenarios jedes Gerätes analysiert.

Die typischen Messszenarien für die gewählten Geräte sind:

- Standardbetrieb:
Das Gerät war die ganze Zeit vernetzt und wurde laut Hersteller betrieben.
- Betriebsszenarien:
Die Vernetzungsarten des Gerätes wurden in irgendeiner Form gestört, jedoch blieb, das Netzwerkmodul aktiv.
- Unvernetzter Betrieb:
Das Gerät wurde vom Netzwerk getrennt und wurde laut Hersteller unvernetzt betrieben. Das Netzwerkmodul wurde deaktiviert.

Die Messszenarien, in welchen die Geräte zur Energieverbrauchsmessung betrieben wurden, wurden in der Beschreibung der jeweiligen Gerätetypen in Kapitel 4 definiert.

Für jedes Szenario und jedes ausgewählte Gerät wurde eine Messung unter folgenden Bedingungen getätigt.

- Messgerät: Wattman HPM 100A
- Messdauer jeweils zwei Stunden
- Verbrauchswertabruf alle fünf Sekunden

-
- Am Start der Messung befand sich das Gerät im Standardbetrieb.
 - Mehrere Messungen mit unterschiedlichen Betriebsszenarien wurden mit jedem ausgewähltem Gerät durchgeführt.
 - Standardbetrieb
 - angepasster Betrieb (Beschreibung dieses Betriebes wurden, in Kapitel 4 bei der jeweiligen Gerätetype, definiert)
 - unverbundener Betrieb
 - Nach Einstellen eines Betriebsszenarios wurden keine weiteren Änderungen für die restliche Zeitspanne vorgenommen.
 - Vier Ergebnisse wurden angestrebt:
 - Energieverbrauch des Szenarios
 - Zeitpunkt des Wechsel in einen energiesparsameren Betrieb aufgrund aktiver Funktionen
 - Energieverbrauch dieses energiesparsameren Betriebes
 - Extreme Abweichungen innerhalb einer Messung vom Mittelwert des jeweiligen Betriebes
 - Energieverbrauchsergebnisse bildeten sich aus dem arithmetischen Mittelwert der Zeitperiode, ohne einem Zustandswechsel, in Watt

Durch die mit einem Wattman ausgeführten Messungen der Energieverbräuche von unterschiedlichen Geräten und deren unterschiedlichen Betriebsszenarien bei gleichbleibendem Messaufbau, wurden in den folgenden Kapitel Messwerte ermittelt, welche vergleichbar sind und aus welchen sich optimierte Grenzwerte und zusätzlichen Funktionen ableiten ließen.

4 Messergebnisse heimnetzfähiger Geräte

In diesem Kapitel werden alle gewählten Gerätetypen aus Kapitel 2.3.2, samt deren gesetzliche Auflagen und den durchgeführten Messszenarien genauer beschrieben. Weiters werden typische Vertreter der gewählten Gerätetypen beschrieben, deren Messergebnisse angeführt und für die Geräte selbst analysiert. Folgende Gerätetypen und Geräte wurden vermessen:

- Modem mit Router- und Switchfunktionen
 - Ubee EVW 3226
 - UPC Connectbox
 - Fritz!Box 6490 Cable
- Netzwerkdrucker
 - Brother MFC-J4420DW
 - RICOH SP 220SNw
 - Epson XP-322
- Spielekonsolen
 - Playstation 4
 - Playstation 4 Pro
 - Xbox One S
- Smart-Home-Basissysteme
 - Philips HUE Bridge
 - IKEA TRÅDFRI Gateway
 - Homee Brain Cube + ZigBee Cube
 - Vera Edge
 - Devolo Home Control
 - Homee Brain Cube + Z-Wave Cube

-
- Smart-Leuchtkörper
 - Lyasi Wi-Fi Smart Bulb
 - Eufy Lumos White
 - Revogi Smart Bulb
 - Minger Smart Bulb
 - Philips HUE White
 - IKEA TRÅDFRI
 - Aotec LED
 - Domitech Zbulb
 - Smart-Schukozwischenstecker
 - Amazon Smart Plug
 - AISIRER WLAN Smart Plug
 - Revogi Smart Meter
 - AWOX Smart Plug
 - IKEA TRÅDFRI Steckdose
 - Osram Smart+ Plug
 - devolo Homecontrol Schaltsteckdose
 - Everspring Mini
 - Smart-Basis-Station
 - Amazon Echo Dot
 - Google Home Mini

In Summe wurden der Aktivverbrauch und der Stand-by-Verbrauch von 33 netzwerkfähigen Geräten in 107 Messungen erfasst. Die Messergebnisse werden in den folgenden Kapiteln zusammengefasst.

4.1 Modems mit Router- und Switchfunktionen

Ein Modem ist ein Gerät, welches digitale Signale über ein kabelgebundenes Netzwerk empfängt und überträgt. Das Modem bildet das Kernstück jedes Netzwerkes in Haushalten, da es die Schnittstelle des Internets mit dem Heimnetzwerk darstellt. Moderne Geräte haben bereits „Ethernet“-Switches und „Wi-Fi“-Router integriert. Somit kann im Haushalt sowohl ein kabelgebundenes als auch ein kabelloses Netzwerk generiert werden.

Alle untersuchten Modems haben die Möglichkeit, die Funkblase auf dem 2,4 GHz und 5,0 GHz Band auszustrahlen. Alle Untersuchungen wurden auf das 2,4 GHz Band bezogen, die 5,0 GHz „Wi-Fi“-Funktionen wurden deaktiviert, weil fast alle Haushaltsgeräte nur das 2,4 GHz Frequenzband unterstützen.

- gesetzliche Anforderungen:

„EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ [15] beschränkt den Energieverbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb für Modems.

Folgende Beschränkungen gelten für Geräte welcher der „EU Richtlinie 1275/2008“ und deren Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ unterliegen. [14][15]

- Wechseln in einen Stand-by-Betrieb wenn keine Hauptfunktion ausgeführt wird und keine anderen Geräte auf die Funktionen des Gerätes angewiesen sind.
- Die maximale Übergangszeit, bis der Stand-by-Betrieb aktiviert wird, beträgt 20 Minuten.
- Sobald ein Netzwerkport aktiv ist, muss die Möglichkeit zur Überführung in einen vernetzten Stand-by-Betrieb bestehen.

-
- High Network Activity „HiNA“:
 - Gültig für Geräte, welche Netzwerke erstellen und erhalten: Router, Netzwerk-Schalter, Drahtlos-Netzzugangspunkt, Hub, Modem, VoIP-Telefon, Videotelefon
 - oder sobald ein Gerät, dessen Hauptfunktion nicht „HiNA“ ist, aber eine „HiNA“-Funktion der oben Genannten zusätzlich ausführt („HiNA“-Funktion-Geräte)
 - Einzuhaltende Grenzwerte für den vernetzten und unernetzten Stand-by-Energieverbrauch:
 - ab 2015: < 12,0 W
 - ab 2017: < 8,0 W

 - Low Network Activity „LoNA“:
 - Gültig für alle Geräte welche keine „HiNA“-Geräte sind (Netzwerkerstellung und Aufrechterhaltung, siehe Absatz „HiNA“).
 - Einzuhaltende Grenzwerte für den vernetzten Stand-by-Energieverbrauch;
 - ab 2015: < 6,0 W
 - ab 2017: < 3,0 W
 - ab 2019: < 2,0 W
 - Einzuhaltende Vorgaben und Grenzwerte für den unernetzten Stand-by-Energieverbrauch:
 - Wenn kein Netzwerkport aktiv ist, muss der unernetzte Stand-by-Betrieb eingeleitet werden.
 - ab 2012: < 0,5 W bzw. mit Statusanzeige < 1,0 W

Modems sind nach „EU Richtlinie 1275/2008“ „HiNA“-Geräte und dürfen maximal 12,0 Watt, für Geräte welche ab 2015 zertifiziert wurden, und maximal 8,0 Watt, für

Geräte welche nach 2017 zertifiziert wurden, verbrauchen. Der vernetzte Stand-by-Betrieb muss eingeleitet werden, wenn keine Hauptfunktionen aktiv sind und keine weiteren Geräte auf das Modem angewiesen sind. Die Grenzwerte des vernetzten Stand-by-Betriebes sind auch für den unvernetzten Betrieb gültig.

- Messszenarien für Modems mit Router- und Switchfunktionen:
 - Jeweils ein Gerät wurde mit dem Modem per „Wi-Fi“ und „Ethernet“ verbunden. Das Internetempfangskabel wurde mit dem Modem verbunden. Es fand über beide einmalig ein Datenaustausch statt. Die Geräte wurden danach nicht von den Netzwerken getrennt. Es fand kein weiterer Datenaustausch statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
 - Ein Gerät wurde mit dem Modem per „Wi-Fi“ verbunden. Das Internetempfangskabel wurde mit dem Modem verbunden. Es wurde keine „Ethernet“-Verbindung über das Modem erstellt. Es fand einmal ein Datenaustausch statt. Zusätzlich wurde das Gerät aus dem Netzwerk entfernt, so dass sich kein weiteres Gerät in der „Wi-Fi“-Blase befand.
 - Ein Gerät wurde per „Ethernet“ mit dem Modem verbunden. Das Internetempfangskabel wurde mit dem Modem verbunden. Die „Wi-Fi“-Funktionen des Modems wurden deaktiviert. Es fand einmal ein Datenaustausch statt. Das Gerät blieb verbunden, da ein Trennen des Kabels das Netzwerk auflösen würde.
 - Ein Gerät wurde per „Ethernet“ mit dem Modem verbunden. Das Internetempfangskabel wurde mit dem Modem verbunden. Die „Wi-Fi“-Funktionen des Modems wurden deaktiviert. Es fand einmal ein Datenaustausch statt. Das Gerät wurde anschließend getrennt (abgesteckt). Die einzige Form eines Netzwerkes war die Verbindung zum Internet.

- Ein Gerät wurde per „Ethernet“ mit dem Modem verbunden. Das Internetempfangskabel wurde mit dem Modem verbunden. Die „Wi-Fi“-Funktionen des Modems wurden deaktiviert. Es fand einmal ein Datenaustausch statt. Das Gerät und das Internetempfangskabel wurden anschließend getrennt (abgesteckt). Es gab keine Möglichkeit ein Netzwerk zu bilden.

In Summe wurden auf dieser Art und Weise Stand-by-Energieverbräuche von drei Modems mit Router- und Switchfunktionen gemessen.

4.1.1 Modem Ubee EVW 3226



Abb.11 Modem Ubee EVW 3226 [30]

- Hersteller: Ubee Interactive Corporation
- Modelbezeichnung: EVW3226 Cabelmodem-eMTA-WLAN-Router
- Verbindungsarten: „Ethernet“, „Wi-Fi“ 2,4 GHz / 5 GHz, Internetempfang per Kabel
- CE-Zertifizierung: 2013
- Befehlsbasis: Laptop „Wi Fi“ / „Ethernet“, Smartphone „Wi Fi“
- Zusatzfunktion: Stromschalter auf der Rückseite

Aufgrund der Zertifizierung im Jahr 2013 ist der Teil, der „EU Richtlinie 1275/2008“, welcher den vernetzten Stand-by-Betrieb definiert ungültig. Da erst für Geräte welche ab 2015 zertifiziert wurden, die Richtlinie wirkt. Die gültige EU Richtlinie [30]

für dieses Gerät bezogen auf Energieeffizienz ist die „EU Richtlinie 2009/125/EG“ [17]. Diese besagt, dass das Gerät möglichst energie- und ressourceneffizient über den gesamten Lebenszyklus gestaltet werden muss.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Modem mit Router- und Switchfunktionen treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.3 in Kapitel 4.1.4 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus solange eine Hauptfunktion aktiv ist.
- Unvernetzt wechselt das Gerät nach zwei Minuten in einen Energiesparmodus, dessen Verbrauch ungefähr 1,2 Watt (18%) geringer als der aktive Betrieb mit „Wi-Fi“ und „Ethernet“, ausfällt.
- Obwohl das Gerät 2013 zertifiziert wurde, unterschreitet es bereits im aktiven Betrieb, bei Ausführung der Hauptfunktionen, den Grenzwert des vernetzten Stand-by-Betriebes für „HiNA“ Geräte geltend ab 2017 (8W) um 1,5 Watt (19%).

4.1.2 Modem UPC Connectbox



Abb.12 Modem UPC Connectbox [31]

-
- Hersteller: Compal Broadband Network INC
 - Modelbezeichnung: UPC Connectbox; CH7465CE
 - Verbindungsarten: „Ethernet“, „Wi-Fi“ 2,4 GHz / 5 GHz, Internetempfang per Kabel
 - Befehlsbasis: Laptop „Wi Fi“ / „Ethernet“, Smartphone „Wi Fi“
 - CE-Zertifizierung: Juni 2017

Das Gerät wurde 2017 zertifiziert, somit gilt die aktuelle Version der „EU Richtlinie 1275/2008“ für „HiNA“-Geräte, für dieses Gerät. Der Verbrauch im vernetzten und unernetzten Stand-by-Betrieb darf 8,0 Watt nicht überschreiten.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Modem mit Router- und Switchfunktionen treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.3 in Kapitel 4.1.4 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus solange eine Hauptfunktion aktiv ist.
- Unvernetzt wechselt das Gerät ebenfalls in keinen Energiesparmodus, obwohl keine Hauptfunktion ausgeführt wird und ein Energiesparmodus für den Betrieb ohne aktiver Hauptfunktion, laut „EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ [15], vorhanden sein müsste.

4.1.3 Modem FRITZ!Box 6490 Cable



Abb.13 Modem FRITZ!Box 6490 Cable [32]

- Hersteller: AVM Computersysteme Vertriebs GmbH
- Modelbezeichnung: FRITZ!Box 6490 Cable
- Verbindungsarten: „Ethernet“, „Wi-Fi“ 2,4 GHz / 5 GHz, Internetempfang per Kabel
- CE-Zertifizierung: Mai 2018
- Befehlsbasis: Laptop „Wi Fi“ / „Ethernet“, Smartphone „Wi Fi“
- Zusatzfunktionen: Einstellen einer Zeitschaltung, wann das „Wi-Fi“-Netzwerk abgeschaltet und wieder eingeschaltet werden soll.

Das Gerät wurde 2018 zertifiziert, somit gilt die aktuelle Version der „EU Richtlinie 1275/2008“ für „HiNA“-Geräte, für dieses Gerät. Der Verbrauch im vernetzten und unvernetzten Stand-by-Betrieb darf 8 Watt nicht überschreiten

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Modem mit Router- und Switchfunktionen treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.3 in Kapitel 4.1.4 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus solange eine Hauptfunktion aktiv ist.
- Unvernetzt wechselt das Gerät sofort in einen Energiesparmodus. Das Modem wurde 2018 zertifiziert und der Energieverbrauch im Stand-by-

Betrieb beträgt 8,51 Watt und liegt somit 0,51 Watt (6,4%) über dem Grenzwert von 8,0 Watt.

4.1.4 Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Modems mit Router- und Switchfunktionen

Tab.3 beschreibt die Messergebnissen der untersuchten Modems mit Router- und Switchfunktionen mit deren verschiedenen Betriebsszenarien, ob die ermittelten Werte die gesetzlichen Auflagen erfüllen und um wie viel diese die vorgegebenen Grenzwerten über- bzw. unterschreiten.

	Modems mit Router- und Switchfunktionen						Gesetzliche Vorgaben
Gerät	EVW 3226		Connectbox		FRITZ!Box		EU Richtlinie 1275/2008 mit EU Verordnung 801/2013 HiNA
Zertifizierungsjahr	2013		2017		2018		
Szenarien	Stand-by	[W]	Stand-by	[W]	Stand-by	[W]	Hauptfunktion inaktiv? (Stand-by-Betrieb erfordert)
Wi-Fi + Ethernet + Modem aktiv	Nein	6,59	Nein	11,42	Nein	10,17	Nein
Wi-Fi + Modem aktiv	Nein	6,55	Nein	10,95	Nein	9,80	Nein
Ethernet + Modem aktiv	Nein	6,09	Nein	10,92	Nein	9,16	Nein
Modem aktiv	Nein	6,10	Nein	10,72	Nein	8,85	Nein
unvernetzt	Ja	5,4	Nein	10,70	Ja	8,51	Ja
	Eingehalten	Differenz	Eingehalten	Differenz	Eingehalten	Differenz	Gültig ab?
Grenzwert 12,0 W	Ja	-6,6	Ja	-1,3	Ja	-3,49	01.2015
Grenzwert 8,0 W	Ja	-2,6	Nein	+2,7	Nein	+0,51	01.2017

Tab.3 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Modems mit Router- und Switchfunktionen

Der Unterschied des Verbrauches der einzelnen Messungen ist durch das Abschalten durch die Nichtverwendung der Netzwerkmodule verursacht.

Als „HiNA“ Geräte wechseln Modems selten in einen Stand-by-Betrieb, da die Hauptaufgabe das Erstellen eines oder mehrerer Netzwerke ist und somit die Hauptfunktionen immer aktiv sind.

Das älteste Gerät, „EVW 3226“, ist am energieeffizientesten. Das liegt daran, dass sowohl die „UPC Connectbox“ und die „FRITZ!Box“, ein viel größeres Softwarepaket integriert haben und somit mehr Protokolle abgerufen und durchgeführt werden. Der Unterschied zwischen den neueren und dem alten Gerät ist durchschnittlich 4,5 Watt.

Die Modems „UPC Connectbox“ und „FRITZ!Box 6490“ halten trotz gültiger Zertifizierung nach Jänner 2017 die Grenzwerte der Vorgaben nicht ein.

Der Vergleich der Verbindungsarten entstand durch Subtraktion des Mittelwertes der Messung, in der nur eine Verbindungsart aktiv war, von dem Mittelwert der Messung, in der beide Verbindungsarten aktiv waren. Diese Werte werden in Tab.4 dargestellt.

Verbindungsart	Modems mit Router- und Switchfunktionen		
	EVW 3226	Connectbox	FRITZ!Box 6490
Wi Fi [W]	0,5	0,5	1,01
Ethernet [W]	0,04	0,47	0,37

Tab.4 Vergleich Verbindungsarten Modems mit Router- und Switchfunktionen

Der Energieverbrauch der Wi-Fi-Module, aller Geräte, ist größer, als der Energieverbrauch der Ethernet-Module.

4.1.5 Optimierungsvorschläge für Modems mit Router- und Switchfunktionen

Folgende Verbesserungen sollten für Modems mit Router- und Switchfunktionen durchgeführt werden.

- Das betrachtete Gerät ist ein Modem, ein Router und ein Switch gleichzeitig, somit sollten die Hauptfunktionen nicht getrennt betrachtet werden. Momentan ist es so geregelt, dass das Gerät erst dann in einen Stand-by-Betrieb wechseln darf, wenn alle drei Funktionen (Mit dem Internet verbinden, Eine „Wi-Fi“-Funkblase erstellen, Ein „Ethernet“-Netzwerk erstellen) nicht mehr ausgeführt werden. Die verbesserte Variante wäre, die Hauptfunktionen zu gewichten. Sobald keine lokalen Netzwerke erstellt werden, wechselt das Gerät in den Stand-by-Betrieb. Die wichtigste Hauptfunktion eines Modems, mit Router- und Switch-Funktionen in Haushalten, ist das Erstellen eines lokalen Netzwerkes. Die zweitwichtigste Funktion, ist, das Verbinden der lokalen Netzwerke mit dem Internet. Genauer beschrieben, sollte, wenn weder „Wi-Fi“ noch „Ethernet“ aktive Ports besitzen (Hauptfunktion inaktiv), das Gerät in den Stand-by-Betrieb wechseln. Obwohl es noch per Kabel mit dem Internet vernetzt ist und somit das Modem noch aktiv ist. Jedoch hat diese Verbindung im weiteren Sinne keine Aufgabe, da keine Datenverarbeitung von vernetzten Geräten in lokalen Netzwerken möglich wäre. Dadurch könnte bereits früher in den Stand-by-Betrieb gewechselt werden.
- Eine Zeitschaltfunktion sollte integriert werden, welche das ganze Gerät in einen Stand-by-Betrieb überführt, falls das Gerät regelmäßig über eine bestimmte Zeitperiode nicht benötigt wird, z.B. nachts von 23:00 Uhr bis 06:00 Uhr. Falls es doch benötigt wird, kann man es per Reaktivierungsbefehl

aktivieren. Die Reaktivierung müsste über einen physikalischen Knopf am Modem stattfinden, da alle Netzwerkports deaktiviert wären. Dies erlaubt einen Schnellstart, da nur die lokalen Netzwerke deaktiviert wären und das Modem sich nicht erneut zu den Internetservern einwählen müsste.

- Ein physikalischer Schalter an der Vorderseite des Gerätes, welcher das Gerät vollständig vom Stromkreis entfernen kann, sollte integriert werden. Der Stand-by-Energieverbrauch würde auf null Watt abfallen. Wichtig wäre, dass der Knopf auf der Vorderseite ist. Modems werden von den Nutzern oft in Kästen oder Regalen gestellt und somit ist der Aufwand und die Überwindung das Modem abzuschalten geringer. Nachteil des kompletten Ausschaltens ist, dass das Modem, aufgrund des Hochfahrprozesses (einwählen zu den Internetservern), länger braucht bis es wieder einsatzbereit ist.
- Der unvernetzte Stand-by-Betrieb sollte auch für „HiNA“-Geräte gültig sein. Damit selbst wenn das Gerät unvernetzt ist, der reduzierte Grenzwert von 0,5 Watt, statt 8,0 Watt, Anwendung findet. Sobald das Gerät vernetzt wird („Ethernet“-Kabel oder Internetkabel anstecken) hat der Nutzer das Gerät in der Hand und kann es entweder neu starten (ab- und an-stecken) bzw. wenn die vorherigen Vorschläge übernommen wurden, per Knopf reaktivieren.
- Die Zertifizierung der Geräte sollte genauer durchgeführt werden, da offensichtlich Geräte, welche den Anforderungen nicht entsprechen, zugelassen wurden.

4.2 Netzwerkdrucker

Ein Netzwerkdrucker ist ein Gerät, das den Befehl, zur Ausführung des Druckes und die zu druckenden Informationen, über ein Netzwerk direkt auf den Drucker erhält.

Eine Reaktivierung aus dem vernetzten Stand-by-Betrieb erfolgt per Drücken eines

physikalischen Knopfes am Gerät oder per Druckbefehl eines Gerätes aus dem Netzwerk.

- gesetzliche Anforderungen:

„EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung der „EU Verordnung 801/2013“ [15] beschränkt den Energieverbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb für Netzwerkdrucker (siehe Kapitel 4.1).

Netzwerkdrucker sind nach „EU Richtlinie 1275/2008“ „LoNA“-Geräte und dürfen maximal 6,0 Watt, für Geräte welche ab 2015 zertifiziert wurden, und maximal 3,0 Watt, für Geräte welche nach 2017 zertifiziert wurden, verbrauchen. Im unvernetzten Betrieb darf der Stand-by-Energieverbrauch nicht 0,5 Watt bzw. 1,0 Watt, wenn ein Statusdisplay vorhanden ist, überschreiten.

Nach einer Marktanalyse für typische Netzwerkdrucker in Haushalten, werden die meisten Geräte nur mit „Wi-Fi“-Modulen verbaut. Darum werden zwei Netzwerkdrucker, welche nur „Wi-Fi“-Module verbaut haben, und zum Vergleich ein Drucker, welcher mit „Ethernet“- und „Wi-Fi“-Modul ausgerüstet ist, untersucht.

- Messszenarien von Netzwerkdrucker:

- Die Befehlsbasis wurde mit dem Netzwerkdrucker per „Wi-Fi“ verbunden. Es wurde ein Druckbefehl von der Befehlsbasis zum Netzwerkdrucker übertragen. Das Gerät wurde nicht vom Netzwerk getrennt. Es fand kein weiterer Datenaustausch statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
- Die Befehlsbasis wurde mit dem Netzwerkdrucker per „Wi-Fi“ verbunden. Es wurde ein Druckbefehl von der Befehlsbasis zum Netzwerkdrucker übertragen. Die Befehlsbasis wurde anschließend entfernt. Es fand kein weiterer Datenaustausch statt. Das Netzwerkmodul des Druckers blieb jedoch aktiv.

- Die Befehlsbasis wurde mit dem Netzwerkdrucker per "Ethernet" verbunden. Die „Wi-Fi“-Funktionen des Netzwerkdruckers wurden deaktiviert. Es wurde ein Druckbefehl von der Befehlsbasis zum Netzwerkdrucker übertragen. Die Geräte wurden nicht vom Netzwerk getrennt. Es fand kein weiterer Datenaustausch statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
- Mit dem Netzwerkdrucker wurde keine Befehlsbasis verbunden. Die „Wi-Fi“-Funktionen des Druckers wurden deaktiviert und alle „Ethernet“-Ports wurden deaktiviert (kein Kabel angesteckt). Der Netzwerkdrucker war unvernetzt. Per Befehlseingabe am Drucker selbst (Knopfdruck) wurde der Drucker aktiviert. Es fand kein weiterer Input statt.

In Summe wurden auf dieser Art und Weise Stand-by-Energieverbräuche von drei Netzwerkdrucker gemessen.

4.2.1 Netzwerkdrucker Brother MFC-J4420DW



Abb.14 Netzwerkdrucker Brother MFC-J4420DW [33]

- Hersteller: Brother International GmbH
- Modelbezeichnung: MFC-J4420DW
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4 GHz
- CE-Zertifizierung: erstmalig 2014, Rezertifizierung 15.05.2017 [34]

-
- Befehlsbasis: Laptop per Modem verbunden. Das Modem hat einen Router integriert. Die Entfernung der Befehlsbasis erfolgt per Trennen des Modems vom Stromkreis.
 - Zusatzfunktionen:
 - Einstellen des Zeitpunktes wann selbstständig in den Stand-by-Betrieb gewechselt werden soll. Der erstmögliche einstellbare Zeitpunkt zum Wechseln des Betriebes ist nach fünf Minuten.

Durch die Zertifizierung im Jahr 2017 ist der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb 3,0 Watt und im unvernetzten Stand-by-Betrieb 0,5 Watt, da der Drucker keine Statusanzeige hat.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Netzwerkdrucker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.5 in Kapitel 4.2.4 angeführt.

- Das Gerät wechselt bei Inaktivität, mit aktiver Verbindung zur Befehlsbasis, nach 3 Minuten in einen Energiesparmodus. Das Gerät wurde so gestaltet, dass der Grenzwert von 2,0 Watt, welcher erst ab 2019 gültig ist, bereits eingehalten wird.
- Bei Trennung der Befehlsbasis bei bestehender Vernetzung wechselt das Gerät in einen Stand-by-Betrieb. In diesem wird versucht, alle 3 Minuten eine Verbindung herzustellen. Der Verbrauch steigt dabei auf 2,1 Watt an. Dieser Stand-by-Betrieb unterschreitet den Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb von 3,0 Watt um 1,1 Watt (37%).
- Das Gerät besitzt ein Display, dieses agiert nicht als Statusanzeige im Stand-by-Betrieb, somit liegt der Grenzwert für den unvernetzten Stand-by-Verbrauch bei 0,5 Watt, welcher um 0,82 Watt (164%) überschritten wird.

4.2.2 Netzwerkdrucker RICOH SP 220SNw



Abb.15 Netzwerkdrucker RICOH SP 220SNw [35]

- Hersteller: Ricoh Austria GmbH
- Modelbezeichnung: SP 220SNw
- Verbindungsarten: „Ethernet“, „Wi-Fi“ 2,4 GHz
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Laptop per „Wi-Fi“ mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Router und einen Switch integriert. Die Entfernung der Befehlsbasis erfolgt per Trennen des „Ethernet“-Kabels oder des Routers vom Stromkreis für die „Wi-Fi“-Verbindung.
- Zusatzfunktionen:
 - Statusanzeige im Stand-by-Betrieb
 - Einstellen des Zeitpunktes wann selbstständig in den Stand-by-Betrieb gewechselt werden soll. Der erstmögliche einstellbare Zeitpunkt zum Wechseln des Betriebes ist nach drei Minuten.

Durch die Zertifizierung im Jahr 2017 gilt der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb von 3,0 Watt und im unvernetzten Stand-by-Betrieb von 1,0 Watt, da eine Statusanzeige verwendet wird.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Netzwerkdrucker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.5 in Kapitel 4.2.4 angeführt.

- Das Gerät wechselt bei Inaktivität, mit aktiver Verbindung zur Befehlsbasis, nach 3 Minuten in einen Energiesparmodus
- Der Grenzwert von 2,0 Watt, welcher erst ab 2019 gültig ist, wird bereits eingehalten.
- Bei Trennung der Befehlsbasis bei einer Verbindung per „Wi-Fi“ wechselt das Gerät in einen Stand-by-Betrieb. In diesem wird versucht, jede Minuten eine Verbindung herzustellen. Der Verbrauch steigt dabei auf 1,9 Watt an. Dieser Stand-by-Betrieb unterschreitet den Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb um 1,1 Watt (36,5%).
- Durch eine aktive Statusanzeige ist der Grenzwert im unvernetzten Stand-by-Betrieb 1,0 Watt und dieser wird um 0,35 Watt (35%) unterschritten.

4.2.3 Netzwerkdrucker Epson XP-322



Abb.16 Netzwerkdrucker Epson XP-322 [36]

- Hersteller: SEIKO Epson CORPORATION
- Modelbezeichnung: Expression Home XP-322; C11CD90403
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4 GHz
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Laptop per Modem verbunden. Das Modem hat einen Router integriert. Die Entfernung der Befehlsbasis erfolgt per Trennen des Modems vom Stromkreis.
- Zusatzfunktionen:
 - Einstellen einer Zeitspanne wann bei Inaktivität in den Stand-by-Betrieb gewechselt werden soll Der erstmögliche einstellbare Zeitpunkt zum Wechseln des Betriebes ist nach fünf Minuten.
 - Einstellen einer Zeitspanne wann bei Inaktivität in den Aus-Zustand (unvernetzt und einzige aktive Funktion „Warten auf Reaktivierung“) gewechselt werden soll Der erstmögliche einstellbare Zeitpunkt zum Wechseln des Betriebes ist nach 30 Minuten.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Netzwerkdrucker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.5 in Kapitel 4.2.4 angeführt.

- In jedem Szenario wechselt das Gerät nach 5 Minuten Inaktivität in einen vernetzten bzw. unvernetzten Stand-by-Betrieb und nach weiteren 30 Minuten in einen Stand-by-Betrieb, in welchem die einzige aktive Funktion das Warten auf die Reaktivierung ist (Aus-Zustand). Die einzige Möglichkeit das Gerät aus diesem Betrieb zu reaktivieren ist, durch das Drücken eines physikalischen Knopfes am Gerät.
- Der Grenzwert von 2,0 Watt, welcher ab 2019 gilt, wird bereits um 0,2 Watt (10%) unterschritten.

- Bei Trennung der Befehlsbasis bei bestehender Verbindung versucht das Gerät alle 3 Minuten eine Verbindung zum Netzwerk herzustellen. Der Verbrauch erhöht sich kurzfristig auf 2,0 Watt. Der Störbetrieb endet, nach Überführung in den zweiten Stand-by-Betrieb nach 30 Minuten.
- Im unvernetzten Betrieb, wechselt das Gerät zuerst in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb. In diesem ist der Energieverbrauchswert 1,8 Watt und überschreitet den Grenzwert für unvernetzte Stand-by-Betriebe von 0,5 Watt um 1,3 Watt (260%). Nach 30 Minuten wechselt das Gerät in einen Aus-Zustand welcher den Grenzwert einhält.

4.2.4 Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Netzwerkdrucker

Tab.5 beschreibt die Messergebnissen der untersuchten Netzwerkdrucker mit deren verschiedenen Betriebsszenarien, ob die ermittelten Werte die gesetzlichen Auflagen erfüllen und um wie viel diese die vorgegebenen Grenzwerten über- bzw. unterschreiten.

	Netzwerkdrucker						Gesetzliche Vorgaben
Gerät	Brother MFC-J4420DW		Ricoh SP 220SNw		Epson XP-322		EU Richtlinie 1275/2008 mit EU Verordnung 801/2013 LoNA
Zertifizierungsjahr	2017		k.A.		k.A.		
Szenarien	Stand-by	[W]	Stand-by	[W]	Stand-by	[W]	Hauptfunktion inaktiv? (Stand-by-Betrieb erfordert)
Wi-Fi	Ja	1,86	Ja	1,65	Ja	1,8 / 0,23**	Ja
Wi-Fi + Befehlsbasis getrennt	Ja	1,87*	Ja	1,67*	Ja	1,8* / 0,23**	Ja
Ethernet	x	x	Ja	0,92	Ja	x	Ja
unvernetzt	Ja	1,32	Ja	0,66	x	1,8 / 0,23**	Ja
	Eingehalten	Differenz	Eingehalten	Differenz	Eingehalten	Differenz	Gültig ab?
Grenzwert 3,0 W	Ja	-1,1	Ja	-1,35	Ja	-1,2	01.2017
Grenzwert 2,0 W	Ja	-0,1	Ja	-0,35	Ja	-0,2	01.2019
Unvernetzter Grenzwert 0,5 W	Nein	+0,82	Ja [°]	-0,34	Teilweise	+1,3 / -0,27**	01.2013

Tab.5 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Netzwerkdrucker

*...Das Gerät versucht in regelmäßigen zeitlichen Abständen eine Verbindung in das „Wi-Fi“ Netzwerk herzustellen. Der Energieverbrauch steigt dadurch kurzfristig an.

**...Das Gerät wechselt nach einer Zeitperiode in einen unvernetzten Zustand, dessen einzige Funktion, das Warten der Reaktivierung des Gerätes per Knopfdruck am Gerät ist.

°...Dieses Gerät verwendet eine Statusanzeige, dadurch ist der Grenzwert im unvernetzten Stand-by-Betrieb 1,0 Watt.

Im vernetzten Stand-by-Betrieb halten alle Geräte den gesetzlichen Grenzwert von 3 Watt ein und unterschreiten diesen um 1,2 Watt bzw. 1,3 Watt. Der Grenzwert von 2 Watt, welcher ab 2019 gilt, wird ebenfalls bereits eingehalten.

Im unvernetzten Stand-by-Betrieb hält der „Brother MFC-J4420DW“ den Grenzwert von 0,5 Watt mit 1,3 Watt um 0,8 Watt nicht ein. Der „Epson XP-322“ hält den Grenzwert von 0,5 Watt um 0,3 Watt ein, jedoch findet der Übergang in den unvernetzten Stand-by-Betrieb, auch bei aktivem unvernetzten Betrieb, erst nach 30 Minuten statt.

Das energieeffizienteste Gerät ist der „Epson XP-322“, weil er automatisch nach einer Periode der Inaktivität, egal ob vernetzt oder unvernetzt, in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechselt.

Ein Vergleich der Verbindungsarten wird anhand des einzigen Druckers mit mehreren Verbindungsarten durchgeführt. Der Verbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb per „Ethernet“-Verbindung ist 0,92 Watt und per „Wi-Fi“-Verbindung 1,65 Watt. Die Verbindung per „Ethernet“ ist energieeffizienter als die Verbindung per „Wi-Fi“ für Netzwerkdrucker.

4.2.5 Optimierungsvorschläge für Netzwerkdrucker

Folgende Verbesserungen sollten für Netzwerkdrucker durchgeführt werden.

- Der Grenzwert von Netzwerkdrucker im vernetzten Stand-by-Betrieb sollte auf 1,5 Watt reduziert werden, da durch weitere Optimierung der Geräte eine Reduktion von 0,2 Watt bzw 0,3 Watt möglich sein sollte.
- Jeder Drucker sollte automatisch nach einer Zeitperiode der Inaktivität in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln.

4.3 Spielekonsolen

Eine Spielekonsole ist ein Gerät, mit dem man Videospiele spielen kann.. Durch Vernetzung mit dem Internet über ein lokales Netzwerk, können Online-Titel gespielt und Updates auf der Konsole durchgeführt werden. Im vernetzten Stand-by-Betrieb kann die Konsole Updates beziehen und über das Netzwerk reaktiviert werden. Weitere Reaktivierungsmöglichkeiten sind das Drücken eines physikalischen Knopfes am Gerät und der Befehl der Reaktivierung der mitgelieferten Steuerungseinheit (Controller).

- gesetzliche Anforderungen:

„EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ [15] beschränkt den Energieverbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb für Spielekonsolen (siehe Kapitel 4.1).

Konsolen sind nach „EU Richtlinie 1275/2008“ „LoNA“-Geräte und dürfen maximal 6,0 Watt, für Geräte welche ab 2015 zertifiziert wurden, und maximal 3,0 Watt, für Geräte welche nach 2017 zertifiziert wurden, verbrauchen. Im unvernetzten Betrieb darf der Stand-by-Energieverbrauch 0,5 Watt bzw. 1,0 Watt, wenn ein Statusdisplay vorhanden ist, nicht überschreiten.

- Messszenarien für Spielekonsolen:

- Die Befehlsbasis wurde mit der Konsole per „Wi-Fi“ verbunden. Es wurde ein aktiver Befehl per Fernsteuerung zum Wechseln in den vernetzten Stand-by-Betrieb erteilt. Es fand kein weiterer geplanter Datenaustausch im Netzwerk statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
- Die Befehlsbasis wurde mit der Konsole per „Wi-Fi“ verbunden. Es wurde ein aktiver Befehl per Fernsteuerung zum Wechseln in den vernetzten

Stand-by-Betrieb erteilt. Die Befehlsbasis wurde anschließend entfernt. Das Netzwerkmodul blieb aktiv.

- Die Befehlsbasis wurde mit der Konsole per „Ethernet“-Kabel verbunden. Es wurde ein aktiver Befehl per Fernsteuerung zum Wechseln in den vernetzten Stand-by-Betrieb erteilt. Es fand kein weiterer geplanter Datenaustausch im Netzwerk statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
- Die „Wi-Fi“-Funktionen der Konsole und der „Ethernet“-Port (da abgesteckt) wurden deaktiviert. Es wurde ein aktiver Befehl per Fernsteuerung zum Wechseln in den unvernetzten Stand-by-Betrieb erteilt. Anschließend wurde kein weiterer Befehl an das Gerät übermittelt.

In Summe wurden auf dieser Art und Weise Stand-by-Energieverbräuche von drei Spielkonsolen gemessen.

4.3.1 Spielkonsole Playstation 4



Abb.17 Spielkonsole Playstation 4 [38]

- Hersteller: Sony Interactive Entertainment Europe Limited
- Modelbezeichnung: Playstation 4 / CUH-1004A
- Verbindungsarten: „Ethernet“, „Wi-Fi“ 2,4 GHz
- CE-Zertifizierung: 2013

- Befehlsbasis: Modem mit Router und Switch integriert. Die Trennung der Befehlsbasis für „Wi-Fi“ erfolgt per Trennen des Modems vom Stromkreis und für „Ethernet“ per Abstecken des „Ethernet“-Kabels.
- Zusatzfunktionen:
 - Einstellen einer Zeitspanne wann bei Inaktivität des Nutzers in den Stand-by-Betrieb gewechselt werden soll.
 - Reaktivierung per Gerät im Netzwerk
 - Abschalten der Stromversorgung der USB-Ports
 - Abfrage, ob abschalten (unvernetzt) soll oder in den vernetzter Stand-by-Betrieb wechseln soll.

Aufgrund der Zertifizierung im Jahr 2013 ist der Teil der „EU Richtlinie 1275/2008“, welcher den vernetzten Stand-by-Betrieb definiert, ungültig. Da erst für Geräte welche ab 2015 zertifiziert wurden, die Richtlinie wirkt. Konsolen sind „LoNA“-Geräte, dadurch ist der Grenzwert für den unvernetzten Stand-by-Betrieb 0,5 Watt.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diese Spielekonsole treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.6 in Kapitel 4.3.4 angeführt.

- Bei Verbindung per „Wi-Fi“ erkennt das Gerät, wenn die Verbindung unterbrochen wird. Das Gerät wechselt nicht in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb, sondern in einen Störbetrieb. In diesem werden alle Funktionen des vernetzten Stand-by-Betriebes deaktiviert. Die einzige aktive Funktion ist das durchgehende Versuchen des Wiederherstellens der Verbindung.
- Die Spielekonsole wechselt nach Erhalt des Befehls nach 80 Sekunden in den Stand-by-Betrieb. Der Inhalt für den vernetzten Stand-by-Betrieb der „EU Richtlinie 1275/2008“ ist für dieses Gerät, welches 2013 zertifiziert wurde, ungültig. Das Gerät wurde so vorausschauend gestaltet, dass es den

Grenzwert von 3,0 Watt, welcher ab 2017 gültig wurde, bereits um mindestens 0,25 Watt (8,5%) unterschreitet.

4.3.2 Spielekonsole Playstation 4 Pro



Abb.18 Spielekonsole Playstation 4 Pro [39]

- Hersteller: Sony Interactive Entertainment Europe Limited
- Modelbezeichnung: Playstation 4 Pro / CUH-7116B
- Verbindungsarten: „Ethernet“; „Wi-Fi“ 2,4 GHz / 5 GHz
- CE-Zertifizierung: 2017
- Befehlsbasis: Modem mit Router und Switch integriert. Die Entfernung der Befehlsbasis erfolgt per Trennen des Modems vom Stromkreis.
- Zusatzfunktionen:
 - Einstellen einer Zeitspanne wann bei Inaktivität des Nutzers in den Stand-by-Betrieb gewechselt werden soll.
 - Wake per LAN (über Playstation App) reaktivieren
 - Abschalten der Stromversorgung der USB-Ports
 - Abfrage, ob abschalten (unvernetzt) soll oder in den vernetzter Stand-by-Betrieb wechseln soll.

Aufgrund der Zertifizierung im Jahr 2017 ist die gesamte „EU Richtlinie 1275/2008“ mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“, mit den Einschränkungen ab 2017 gültig. Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb ist 3,0 Watt und im unvernetzten Stand-by-Betrieb ist der Grenzwert 0,5 Watt, da keine Statusanzeige vorhanden ist.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diese Spielekonsole treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.6 in Kapitel 4.3.4 angeführt.

- Die Spielekonsole wechselt nach Erhalt des Befehls nach 50 Sekunden in den Stand-by-Betrieb.
- Der gültige Grenzwert von 3,0 Watt wird um 3,0 Watt (100%) überschritten.
- Bei Verbindung per „Wi-Fi“ erkennt das Gerät, wenn die Verbindung unterbrochen wird. Das Gerät wechselt nicht in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb, sondern in einen Störbetrieb. In diesem werden alle Funktionen des vernetzten Stand-by-Betriebes deaktiviert. Die einzige aktive Funktion ist das durchgehende Versuchen des Wiederherstellens der Verbindung.

4.3.3 Spielekonsole Xbox One S



Abb.19 Spielekonsole Xbox One S [40]

- Hersteller: Microsoft Corporation
- Modelbezeichnung: Xbox One S
- Verbindungsarten: „Ethernet“, „Wi-Fi“ 2,4 GHz / 5 GHz
- CE-Zertifizierung: 2016
- Befehlsbasis: Modem mit Router und Switch integriert. Die Entfernung der Befehlsbasis erfolgt per Trennen des Modems vom Stromkreis.
- Zusatzfunktionen:
 - Einstellen einer Zeitspanne wann bei Inaktivität des Nutzers in den Stand-by-Betrieb gewechselt werden soll.

Aufgrund der Zertifizierung im Jahr 2016 ist die gesamte „EU Richtlinie 1275/2008“ mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“, mit den Einschränkungen ab 2015 gültig. Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb 6,0 Watt und im unvernetzten Stand-by-Betrieb 0,5 Watt, da keine Statusanzeige vorhanden ist.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diese Spielekonsole treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.6 in Kapitel 4.3.4 angeführt.

- Die Spielekonsole wechselt nach Erhalt des Befehls nach maximal 75 Sekunden in den Stand-by-Betrieb. In allen Stand-by-Betrieben, kam es zu

Spitzenausschlägen im Energieverbrauch auf bis zu 12,0 Watt. Dies könnte daher kommen, dass die Spielekonsole in regelmäßigen Abständen testet, ob die Verbindung zur Befehlsbasis noch immer besteht, und ein Datenaustausch getätigt wird.

- Der gültige Grenzwert von 6,0 Watt wird um mindestens 0,85 Watt (14%) überschritten.
- Die Spielekonsole „Xbox One S“ definiert, dass ein unvernetzter Betriebszustand nicht vorhanden ist, da eine Verbindung zum Internet für einen normalen Betrieb vorausgesetzt wird. Die Konsole lässt ein Abschalten des „Wi-Fi“-Modules nur zu, wenn eine „Ethernet“-Verbindung vorhanden ist. Somit ist ein unvernetzter Betrieb nicht möglich. Wenn die Befehlsbasis unerwartet getrennt wird. Wechselt die Konsole in einen Störbetrieb, in dem permanent eine Wiederherstellung der Verbindung zum Netzwerk versucht wird. Der Verbrauch liegt bei fast 9,0 Watt, dieser ist höher als im vernetzten Stand-by-Betrieb der anderen beiden Szenarien (7 Watt).

4.3.4 Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Spielekonsolen

Tab.6 beschreibt die Messergebnissen der untersuchten Spielekonsolen mit deren verschiedenen Betriebsszenarien, ob die ermittelten Werte die gesetzlichen Auflagen erfüllen und um wie viel diese die vorgegebenen Grenzwerten über- bzw. unterschreiten.

	Spielekonsolen						Gesetzliche Vorgaben
Gerät	Playstation 4		Playstation 4 Pro		Xbox One S		EU Richtlinie 1275/2008 mit EU Verordnung 801/2013 LoNA
Zertifizierungsjahr	2013		2017		2016		
Szenarien	Stand-by	[W]	Stand-by	[W]	Stand-by	[W]	Hauptfunktion inaktiv? (Stand-by-Betrieb erfordert)
Wi-Fi	Ja	2,77	Ja	6,04	Ja	7,07	Ja
Wi-Fi + Befehlsbasis getrennt	Nein*	1,98*	Nein*	1,43*	Nein*	8,81*	Ja
Ethernet	Ja	2,74	Ja	5,87	Ja	6,85	Ja
unvernetzt	Ja	0,31	Ja	0,32	x	x	Ja
	Eingehalten	Differenz	Eingehalten	Differenz	Eingehalten	Differenz	Gültig ab?
Grenzwert 3,0 W	Ja	-0,23	Nein	+3,04	Nein	+4,07	01.2017
Grenzwert 2,0 W	Nein	+0,77	Nein	+4,04	Nein	+5,07	01.2019
Unvernetzter Grenzwert 0,5 W	Nein	-0,19	Ja°	-0,28	x	x	01.2013

Tab.6 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Spielekonsolen

*Störbetrieb, eine Verbindung zum Wi-Fi-Netzwerk wird durchgehend versucht herzustellen.

Spielekonsolen sind „LoNA“-Geräte. Das einzige untersuchte Geräte, welches den Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb für „LoNA“-Geräte einhält, ist die älteste Spielekonsole, die „Playstation 4“. Die untersuchten Geräte der neueren Generation halten den Grenzwert nicht ein. Den Messdaten nach zu urteilen, wurden diese Geräte als „HiNA“-Geräte oder Computersysteme gestaltet, da der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb für „HiNA“-Geräte eingehalten wurde. Jedoch werden keine „HiNA“-Funktionen (Netzwerkerzeugung und -erhaltung) von Spielekonsolen getätigt.

Das Gerät, „Xbox One S“, kann in keinen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln, da das Gerät so definiert wurde, dass eine Funktionsfähigkeit des Gerätes nur durch eine Vernetzung gewährleistet wird. Unvernetzt wechselt, dass Gerät in einen Störbetrieb.

Der Energieverbrauch aller Geräte mit einer Verbindung per „Wi-Fi“ ist größer als der Verbrauch mit einer Verbindung per „Ethernet“. Zusätzlich muss beachtet werden, dass die untersuchten Geräte in einen Störbetrieb bei ungewollter Verbindungstrennung des „Wi-Fi“-Netzwerkes wechseln. Somit ist die Verbindungsart „Ethernet“, aufgrund der besseren Energieeffizienz, vor der Verbindungsart „Wi-Fi“ für Spielekonsolen zu bevorzugen.

4.3.5 Optimierungsvorschläge für Spielekonsolen

Folgende Verbesserungen sollten für Spielekonsolen durchgeführt werden.

- Da keine „HiNA“-Funktionen ausgeführt werden, müssen die Geräte so gestaltet werden, dass die „LoNA“ Grenzwerte eingehalten werden.
- Ein unvernetzter Stand-by-Betrieb muss ermöglicht werden.
- Der Grenzwert des unvernetzten Stand-by-Betriebes sollte auf 0,35 Watt reduziert werden, da Geräte vorhanden sind, welche diesen Wert bereits knapp unterschreiten.
- Ein physikalischer Schalter, welcher das Gerät vom Stromnetz trennt, sollte integriert werden. Damit der Verbrauch der Spielekonsole bei längerer Nichtbenutzung (z.B. Urlaub) vom Nutzer auf 0,0 Watt reduziert werden kann.

4.4 Smart-Home-Basissysteme

Smart-Home-Basissysteme, welche auch als Gateways, Zentralen oder Bridges bezeichnet werden, sind Geräte, welche als Basis eines Smart-Systemes eine kabellose Funkblase der Verbindungsarten „Z-Wave“ oder „ZigBee“ generieren.

Smart-Geräte werden über das Smart-Home Basisystem in das „Mesh“-Netzwerk (siehe Kapitel 2.2.2). integriert. Smart-Home-Basisssysteme werden per „Ethernet“ oder „Wi-Fi“ mit einem Router bzw. weiter mit einem Modem verknüpft. Dies ermöglicht, die möglichen Funktionen und deren Befehle über das Internet per Homepage oder per App zu definieren. (z.B.: Gerät A kann Gerät B befehlen, dass Licht ein- bzw. auszuschalten) Dies ermöglicht, dass Geräte direkt im „Mesh“-Netzwerk Befehle erteilen und verarbeiten dürfen, ohne dass diese über das Smart-Home-Basisystem geleitet werden.

- gesetzliche Anforderungen:

„EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ [15] beschränkt den Energieverbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb für Smart-Home Basisysteme (siehe Kapitel 4.1).

Smart-Home-Basisssysteme sind nach „EU Richtlinie 1275/2008“ „HiNA“-Geräte, da sie Routerfunktionen tätigen. Sie dürfen maximal 12,0 Watt, für Geräte, welche ab 2015 zertifiziert wurden, und maximal 8,0 Watt, für Geräte, welche nach 2017 zertifiziert wurden, verbrauchen. Der vernetzte Stand-by-Betrieb muss eingeleitet werden, wenn keine Hauptfunktionen aktiv sind und keine weiteren Geräte auf das Smart-Home-Basisystem angewiesen sind. Der vernetzte Stand-by-Betrieb ist auch für den unvernetzten Betrieb gültig.

Einige der untersuchten Geräte werden von externen Niederspannungsnetzteilen mit Strom versorgt. Für diese ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ ungültig. „Verordnung (EG) Nr. 278/2009“ [41] regelt Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen.

Ein Netzteil gilt als externes Niederspannungsnetzteil, wenn es nicht Teil des zu betreibenden Gerätes ist und dieses mit weniger als 6,0 Volt Spannung versorgt. Im Leerlauf (wenn kein Verbraucher angeschlossen ist), darf das Netzteil selbst nicht

mehr als 0,3 Watt Energie beziehen. Es gibt keine Vorgaben bezüglich Energieeffizienz für das zu betreibende Gerät.

- Messszenarien für Smart-Home-Basisysteme:
 - Die Befehlsbasis wurde mit dem Smart-Home-Basisystem per „Ethernet“ oder „Wi-Fi“ und einem Smart-Gerät per „ZigBee“ oder „Z-Wave“ verbunden. Es wurde ein Befehl von der Befehlsbasis über das Smart-Home-Basisystem an das Smart-Gerät erteilt. Das Smart-Home-Basisystem wurde nicht vom Netzwerk getrennt. Das Smart-Gerät wurde nicht vom „Mesh“-Netzwerk getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer über das Smart-Home-Basisystem statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
 - Die Befehlsbasis wurde mit dem Smart-Home-Basisystem per „Ethernet“ oder „Wi-Fi“ und einem Smart-Gerät per „ZigBee“ oder „Z-Wave“ verbunden. Es wurde ein Befehl von der Befehlsbasis über das Smart-Home-Basisystem an das Smart-Gerät erteilt. Das Smart-Home-Basisystem wurde nicht vom Netzwerk getrennt. Das Smart-Gerät wurde nach Erhalt des Befehls vom Netzwerk getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer über das Smart-Home-Basisystem statt.
 - Die Befehlsbasis wurde mit dem Smart-Home-Basisystem per „Ethernet“ oder „Wi-Fi“ und einem Smart-Gerät per „ZigBee“ oder „Z-Wave“ verbunden. Es wurde ein Befehl von der Befehlsbasis über das Smart-Home-Basisystem an das Smart-Gerät erteilt. Das Smart-Home-Basisystem wurde vom Netzwerk getrennt. Das Smart-Gerät wurde nach Erhalt des Befehls vom Netzwerk getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer über das Smart-Home Basisystem statt.

In Summe wurden auf dieser Art und Weise Stand-by-Energieverbräuche von sechs Smart-Home-Basissystemen gemessen.

4.4.1 Smart-Home-Basissystem Philips HUE Bridge



Abb.20 Smart-Home-Basissystem Philips HUE Bridge

- Hersteller: Philips Austria GmbH
- Modelbezeichnung: Philips HUE Bridge
- Verbindungsarten: „Ethernet“; „ZigBee“
- CE-Zertifizierung: 2017 [42]
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „Philips HUE App“ ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch integriert. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Abstecken des „Ethernet“-Kabels vom Smart-Home-Basissystem.

Das Gerät wird über ein externes Niederspannungsnetzteil betrieben. Die Betriebsspannung des Smart-Home-Basisystems ist 5,0 Volt und somit ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ [14], welche ab einer Betriebsspannung von 6,0 Volt begrenzt, nicht gültig. Nur das Netzteil selbst unterliegt einer Einschränkung von 0,3 Watt im Leerlauf [41].

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Smart-Home-Basissystem treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.7 in Kapitel 4.4.7 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus, da stets eine Hauptfunktion (Erstellung des Funknetzwerkes) ausgeführt wird.
- Im aktiven Betrieb beträgt der Verbrauch 1,69 Watt.
- Unvernetzt wird das „Ethernet“-Modul deaktiviert und der Energieverbrauch sinkt auf 1,24 Watt. Die Funkblase wird weiterhin generiert, selbst wenn kein Gerät per Funk verbunden ist.

4.4.2 Smart-Home-Basissystem IKEA TRÅDFRI Gateway



Abb.21 Smart-Home-Basissystem IKEA TRÅDFRI Gateway

- Hersteller: IKEA Möbelvertrieb OHG
- Modelbezeichnung: TRÅDFRI Gateway
- Verbindungsarten: „Ethernet“; „ZigBee“
- CE-Zertifizierung: 2017
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „TRÅDFRI App“ ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch integriert. Das

Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Abstecken des „Ethernet“-Kabels vom Smart-Home-Basissystem.

Das Gerät wird über ein externes Niederspannungsnetzteil betrieben. Die Betriebsspannung des Smart-Home-Basisystems ist 5,0 Volt und somit ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ [14], welche ab einer Betriebsspannung von 6,0 Volt begrenzt, nicht gültig. Nur das Netzteil selbst unterliegt einer Einschränkung von 0,3 Watt im Leerlauf [41].

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Smart-Home-Basissystem treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.7 in Kapitel 4.4.7 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus, da stets eine Hauptfunktion (Erstellung des Funknetzwerkes) ausgeführt wird.
- Im aktiven Betrieb beträgt der Verbrauch 1,4 Watt.
- Unvernetzt wird das „Ethernet“-Modul deaktiviert und der Energieverbrauch sinkt auf 1,11 Watt. Die Funkblase wird weiterhin generiert, selbst wenn kein Gerät per Funk verbunden ist.

4.4.3 Smart-Home-Basissystem Homee Brain Cube + Zigbee Cube



Abb.22 Smart-Home-Basisystem Homee Brain ZigBee

- Hersteller: Codeatelier GmbH
- Modelbezeichnung: Homee Brain mit ZigBee Cube
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz; „ZigBee“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „Homee App“ ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Router integriert. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Modems vom Stromkreis.
- Zusatzfunktionen:
 - Mehrere Verbindungsarten, durch Aufeinandersetzen der unterschiedlichen „Cubes“ (Modulwürfel z.B. Orange „ZigBee“ Modul Cube), gleichzeitig möglich.
 - Einheitliche Befehlsplattform durch den „Braincube“ (weißer Würfel) für alle Verbindungsarten. Befehle auch Verbindungsarten übergreifend möglich.

Das Gerät wird über ein externes Niederspannungsnetzteil betrieben. Die Betriebsspannung des Smart-Home Basissystems ist 5,0 Volt und somit ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ [14], welche ab einer Betriebsspannung von 6,0 Volt begrenzt, nicht gültig. Nur das Netzteil selbst unterliegt einer Einschränkungen von 0,3 Watt im Leerlauf [41].

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Smart-Home-Basissystem treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.7 in Kapitel 4.4.7 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus, da stets eine Hauptfunktion (Erstellung des Funknetzwerkes) ausgeführt wird.
- Bei Trennung der Befehlsbasis wird das „Wi-Fi“-Modul nach 25 Sekunden deaktiviert und alle 3,5 Minuten versucht das Gerät eine Verbindung zur Befehlsbasis per „Wi-Fi“ herzustellen. Der Verbrauch erhöht sich kurzfristig von 1,11 Watt auf den aktiven Betriebsverbrauch von 1,51 Watt. Die „ZigBee“-Funkblase bleibt über den gesamten Zeitraum erhalten.

4.4.4 Smart-Home-Basissystem Vera Edge



Abb.23 Smart-Home-Basissystem Vera Edge

- Hersteller: Vera Control
- Modelbezeichnung: Vera Edge
- Verbindungsarten: „Ethernet“, „Z-Wave“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Ein Laptop mit der Befehlsplattform ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Router integriert. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Ethernetkabels des Smart-Home-Basisystems.
- Zusatzfunktionen:
 - Routerfunktionen können per Software konfiguriert werden. (keine Möglichkeiten für Stand-by-Betrieb)
 - Die Zeitperiode zwischen dem Senden der Lokalisierung-Kontrolldatenpakete (siehe Kapitel 2.2.2) lässt sich einstellen.

Das Gerät wird über ein externes Niederspannungsnetzteil betrieben. Die Betriebsspannung des Smart-Home-Basisystems ist 5,0 Volt und somit ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ [14], welche ab einer Betriebsspannung von 6,0 Volt begrenzt, nicht gültig. Nur das Netzteil selbst unterliegt einer Einschränkung von 0,3 Watt im Leerlauf [41].

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Smart-Home-Basisystem treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.7 in Kapitel 4.4.7 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus, da stets eine Hauptfunktion (Erstellung des Funknetzwerkes) ausgeführt wird.
- Im aktiven Betrieb beträgt der Verbrauch 2,4 Watt.

- Unvernetzt wird das „Ethernet“-Modul deaktiviert und der Energieverbrauch sinkt auf 2,15 Watt. Die Funkblase wird weiterhin generiert, selbst wenn kein Gerät per Funk verbunden ist.

4.4.5 Smart-Home-Basissystem Devolo Home Control



Abb.24 Smart-Home-Basisystem devolo Home Control

- Hersteller: devolo AG
- Modelbezeichnung: Zentrale, Artikelnummer 9278
- Verbindungsarten: „Ethernet“, „Z-Wave“
- CE-Zertifizierung: 2018
- Befehlsbasis: Ein Laptop mit der Befehlsgebung über die devolo Homepage ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Router integriert. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Ethernetkabels des Smart-Home-Basisystems.
- Zusatzfunktionen:
 - Powerline (Übertragung von Daten über Stromleitungen)
 - USB Anschluss
 - Interner Lautsprecher

Die Einschränkungen der „EU Richtlinie 1275/2008“ mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ für „HiNA“-Geräte ist für dieses Gerät gültig. Die Grenzwerte

welche ab 2017 gelten sind, aufgrund einer Zertifizierung des Gerätes im Jahr 2018, gültig. Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb beträgt 8,0 Watt.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Smart-Home-Basissystem treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.7 in Kapitel 4.4.7 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus, da stets eine Hauptfunktion (Erstellung des Funknetzwerkes) ausgeführt wird.
- Im aktiven Betrieb beträgt der Verbrauch 3,6 Watt. Dieser unterschreitet den gültigen Grenzwert für den Stand-by-Betrieb von 8,0 Watt bereits um 4,4 Watt (122%)
- Unvernetzt wird das „Ethernet“-Modul deaktiviert und der Energieverbrauch sinkt auf 3,4 Watt. Die Funkblase wird weiterhin generiert, selbst wenn kein Gerät per Funk verbunden ist.
- Die Zusatzfunktionen, obwohl diese nicht verwendet wurden, ließen sich nicht abschalten.

4.4.6 Smart-Home-Basisystem Homee Brain Cube + Z-Wave Cube



Abb.25 Smart-Home-Basisystem Homee Brain Z-Wave

- Hersteller: Codeatelier GmbH
- Modelbezeichnung: Homee Brain mit Z-Wave Cube
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz; „Z-Wave“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „Homee App“ ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Router integriert. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Modems vom Stromkreis.
- Zusatzfunktionen:
 - Mehrere Verbindungsarten, durch aufeinandersetzen der unterschiedlichen „Cubes“ (Modulwürfel z.B. Violet „Z-Wave“ Modul Cube), gleichzeitig möglich.
 - Einheitliche Befehlsplattform durch den „Braincube“ (weißer Würfel) für alle Verbindungsarten. Befehle auch Arten übergreifend möglich.

Das Gerät wird über ein externes Niederspannungsnetzteil betrieben. Die Betriebsspannung des Smart-Home-Basisystems ist 5,0 Volt und somit ist die „EU

Richtlinie 1275/2008“ [14], welche ab einer Betriebsspannung von 6,0 Volt begrenzt, nicht gültig. Nur das Netzteil selbst unterliegt einer Einschränkung von 0,3 Watt im Leerlauf [41].

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für dieses Smart-Home-Basissystem treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.7 in Kapitel 4.4.7 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen Energiesparmodus, da stets eine Hauptfunktion (Erstellung des Funknetzwerkes) ausgeführt wird.
- Bei Trennung der Befehlsbasis wird das „Wi-Fi“-Modul nach 25 Sekunden deaktiviert und alle 3,5 Minuten versucht das Gerät eine Verbindung zur Befehlsbasis per „Wi-Fi“ herzustellen. Der Verbrauch erhöht sich kurzfristig von 1,06 Watt auf den aktiven Betriebsverbrauch von 1,47 Watt. Die „Z-Wave“-Funkblase bleibt über den gesamten Zeitraum erhalten.

4.4.7 Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Home-Basissysteme

Tab.7 beschreibt die Messergebnissen der untersuchten Smart-Home-Basissysteme mit deren verschiedenen Betriebsszenarien.

Die untersuchten Smart-Home-Basissysteme mit externen Niederspannungsnetzteilen wurden als eine Einheit mit ihren mitgelieferten Netzteilen betrachtet. Das Leerlaufverhalten der einzelnen externen Niederspannungsnetzteile wurde nicht untersucht.

Verbindungsarten	Smart-Home-Basisysteme	Szenarien					
		Befehlsbasis und Smart-Gerät in Mesh-Netzwerk		Befehlsbasis und kein Smart-Gerät in Mesh-Netzwerk		Befehlsbasis getrennt und kein Smart-Gerät in Mesh-Netzwerk	
		Stand-by	[W]	Stand-by	[W]	Stand-by	[W]
ZigBee	Philips HUE Bridge	Nein	1,69	Nein	1,69	Nein	1,24
	IKEA TRÅDFRI Gateway	Nein	1,4	Nein	1,38	Nein	1,11
	Homee ZigBee	Nein	1,51	Nein	1,51	Nein	1,11
Z-Wave	Vera Edge	Nein	2,4	Nein	2,4	Nein	2,15
	devolo Homecontrol	Nein	3,6	Nein	3,6	Nein	3,4
	Homee Z-Wave	Nein	1,47	Nein	1,47	Nein	1,06

Tab.7 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart-Home-Basissysteme

Smart-Home-Basisysteme sind „HiNA“-Geräte, da sie Routerfunktionen tätigen (Erstellen und Erhaltung eines kabellosen Netzwerkes). und wechseln in keinen Stand-by-Betrieb, da die Hauptfunktion permanent aktiv ist. Für alle untersuchten Geräte, außer für das „devolo Homecontrol“ Smart-Home-Basisystem, ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ ungültig, da externe Niederspannungsnetzteile (< 6,0 Volt) verwendet werden.

Der durchschnittliche Verbrauch der untersuchten Smart-Home-Basissysteme liegt bei 1,5 Watt.

Das „devolo Homecontrol“ Smart-Home-Basisystem verbraucht aufgrund der möglichen Zusatzfunktionen (USB, Powerline, Lautsprecher), welche permanent aktiv sind und nicht abgeschaltet werden können, mehr Strom als alle anderen Geräte.

Das „Vera Edge“ hebt sich besonders von den anderen Geräten ab, da ein aufwendiges Softwarepaket integriert ist und die Routerfunktionen eingestellt werden

können. Somit muss das Gerät mehr Protokolle abarbeiten und der Energieverbrauch, im Vergleich zu den anderen Geräten, ist erhöht.

Der direkte Vergleich des Verbrauches von „ZigBee“- und „Z-Wave“-Smart-Home-Basisystemen lässt sich am besten mit den zwei Smart-Home-Basisystemen „Homee ZigBee“ und „Homee Z-Wave“ darstellen. Beide Systeme stammen von demselben Hersteller und verwenden die gleiche Technologie, um das Gesamtsystem (Verbindung zum „Braincube“) zu bilden. Der Verbrauch zwischen „ZigBee“ und „Z-Wave“ unterscheidet sich in der zweiten Kommastelle. Somit ist der Verbrauch von Netzwerkmodulen der unterschiedlichen Verbindungsarten für Smart-Home-Basisysteme als gleich anzusehen. Für Smart-Home-Basisysteme gibt es keine bevorzugte Verbindungsart. Durch den Vergleich der anderen Geräte von „ZigBee“ und „Z-Wave“ ist erkenntlich, dass „ZigBee“-Geräte energieeffizienter arbeiten als „Z-Wave“-Geräte.

Der Verbrauch im unvernetzten Betrieb ist geringer als der Verbrauch im Standardbetrieb, da die Netzwerkmodule, welche die Verbindung zur Befehlsbasis erstellen, deaktiviert werden.

4.4.8 Optimierungsvorschläge für Smart-Home-Basisysteme

Folgende Verbesserungen sollten für Smart-Home-Basisysteme durchgeführt werden.

- Die Routerfunktionen, welche das „Mesh“-Netzwerk bilden, sollten, falls kein Smart-Gerät im Netzwerk verbunden ist, nach einer bestimmten Zeitperiode, z.B.: 30 Minuten (Bei Erstinstallation ist genug Zeit, um ein Gerät zu integrieren), deaktiviert werden. Nur per Befehl aus der Befehlsbasis oder eines physikalischen Knopfes, dürfen die Routerfunktionen reaktiviert werden.

- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist und kein Smart-Gerät im „Mesh“-Netzwerk verbunden ist, sollte das Gerät in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln, in welchem die einzige Funktion das Warten auf die Reaktivierung ist. Die Reaktivierung erfolgt per physikalischen Knopf. Der Energieverbrauch in diesem Modus sollte den Grenzwert für unvernetzte Geräte von 0,5 Watt nicht überschreiten.
- Das Smart-Home-Basisystem sollte durch eine Zeitschaltuhr in einen Stand-by-Betrieb übergeführt werden können, falls das Smart-Home-Basisystem regelmäßig über bestimmte Zeitperioden nicht verwendet wird, z.B. nachts zwischen 23:00 Uhr und 06:00 Uhr. Die Routerfunktionen des Gerätes wären deaktiviert. Eine frühzeitige Reaktivierung wäre über die Befehlsbasis möglich. Bzw. könnte je nach Einstellung auch die Befehlsbasis getrennt werden und eine frühzeitige Reaktivierung wäre nur über einen physikalischen Knopf möglich.
- Ein Schalter, welcher das Gerät vom Stromkreislauf trennt, sollte integriert werden. Damit bei Nichtbenutzung des Smart-Systems (z.B. Urlaub) die Möglichkeit besteht, den Energieverbrauch des Smart-Home-Basisystems auf 0 Watt zu reduzieren.
- Es sollten Grenzwerte und Stand-by-Verhalten für Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen definiert werden. Eine genauere Ausarbeitung dieser wurde nach der Untersuchung aller Geräte in Kapitel 5.2.4 formuliert.

4.5 Smart-Leuchtkörper

Smart-Leuchtkörper sind Leuchtkörper, welche in ein Smart-System integriert werden können. Diese werden in eine Lampenfassung im Wohnraum eingeschraubt. Per Kippschalter in den Wänden werden die Leuchtkörper vom Stromnetz getrennt

oder verbunden. Wenn der Smart-Leuchtkörper mit Strom versorgt ist, verbindet sich dieser direkt mit der Befehlsbasis und lässt sich per Befehl steuern, z.B.: ein- oder ausschalten, Farbe ändern, dimmen, etc.

- gesetzliche Anforderungen:

„EU Verordnung 1194/2012“ [43] beschränkt den Energieverbrauch für LED-Leuchtkörper im Betrieb ohne aktiver Leuchtfunktion. Diese Verordnung ist eine Erweiterung der „EU Richtlinie 2009/125/EG“ [17].

Alle untersuchten Geräte sind Smart-LED-Leuchtkörper (Leuchtdioden). Anhang 2 Absatz 1.2 [43] der „EU Verordnung 1194/2012“ beschränkt den Energieverbrauch bei Nichtbenutzung für LED-Leuchtkörper ab September 2014 auf 1,0 Watt und ab September 2016 auf 0,5 Watt. Der Betrieb, in welchem die Hauptfunktion Licht erzeugen, nicht ausgeführt wird, ist bereits als Stand-by-Betrieb anzusehen. Da die einzige Möglichkeit den Smart-Leuchtkörper zu reaktivieren per Vernetzung möglich ist, gibt es keinen unvernetzten Betrieb.

- Messszenarien für Smart-Leuchtkörper:

- Die Befehlsbasis wurde mit dem Leuchtkörper kabellos verbunden. Es wurde ein Befehl des Licht-Abschaltens von der Befehlsbasis an das Smart-Gerät übermittelt. Die Befehlsbasis wurde nicht getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit dem Leuchtkörper statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
- Die Befehlsbasis wurde mit dem Leuchtkörper kabellos verbunden. Es wurde ein Befehl des Licht-Abschaltens von der Befehlsbasis an das Smart-Gerät übermittelt. Die Befehlsbasis wurde getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit dem Leuchtkörper statt. Das Netzwerkmodul blieb aktiv.

In Summe wurden auf dieser Art und Weise Stand-by-Energieverbräuche von acht Smart-Leuchtkörpern gemessen.

4.5.1 Smart-Leuchtkörper Lyasi Wi-Fi Smart Bulb



Abb.26 Smart-Leuchtkörper Lyasi Wi-Fi Smart Bulb

- Hersteller: Lyasi
- Modelbezeichnung: PT-BW07
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der App „Smartlife“ ist per „Wi-Fi“ mit einem Modem mit Routerfunktionen verbunden. Die Befehlsbasis wird per Abstecken des Modems vom Stromnetz getrennt.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Im Standardbetrieb wird der Grenzwert von 0,5 Watt mit 0,39 Watt um 0,11 Watt (22%) unterschritten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, wechselt der Leuchtkörper in einen Störbetrieb und versucht permanent eine Verbindung zur Befehlsbasis

herzustellen. Der Verbrauch für diesen Störbetrieb ist 0,59 Watt. Wenn die Verbindung erneut hergestellt wurde, wechselt der Leuchtkörper in den Standardbetrieb und der Verbrauch ist erneut 0,39 Watt.

4.5.2 Smart-Leuchtkörper Eufy Lumos White



Abb.27 Smart-Leuchtkörper Eufy Lumos White

- Hersteller: Anker Technology CO, Limited
- Modelbezeichnung: AK-T1011321; AK-848061027624
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der App „EufyHome“ ist per „Wi-Fi“ mit einem Modem mit Routerfunktionen verbunden. Die Befehlsbasis wird per Abstecken des Modems vom Stromnetz getrennt.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.

- Im Standardbetrieb wird der Grenzwert von 0,5 Watt, welcher ab 2016 gültig ist, mit 0,66 Watt um 0,16 Watt (32%) überschritten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, wechselt der Leuchtkörper in einen Störbetrieb und versucht permanent eine Verbindung zur Befehlsbasis herzustellen. Der Verbrauch für diesen Störbetrieb ist 0,83 Watt. Wenn die Verbindung erneut hergestellt wurde, wechselt der Leuchtkörper in den Standardbetrieb und der Verbrauch ist erneut 0,66 Watt.

4.5.3 Smart-Leuchtkörper Revogi Smart Bulb



Abb.28 Smart-Leuchtkörper Revogi Smart Bulb

- Hersteller: Revogi Innovation CO, Limited
- Modelbezeichnung: LTB012
- Verbindungsarten: „Bluetooth 4.0“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Smartphone mit der App „Delite“. Die Befehlsbasis wird per Abschalten des „Bluetooth“-Moduls des Smartphones getrennt.
- Zusatzfunktionen:
 - Reaktivierung bei Erhalt eines Sprachanrufes oder einer Nachricht

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Im Standardbetrieb wird der Grenzwert von 0,5 Watt, welcher ab 2016 gültig ist, mit 0,71 Watt um 0,21 Watt (42%) nicht eingehalten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, ändert sich das Verhalten des Leuchtkörpers nicht. Er erstellt weiterhin eine „Bluetooth“-Funkblase.

4.5.4 Smart-Leuchtkörper Minger Smart Bulb



Abb.29 Smart-Leuchtkörper Minger

- Hersteller: Shenzhen Intellirocks Tech Co Ltd
- Modelbezeichnung: SLB 101
- Verbindungsarten: „Bluetooth 4.0“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Smartphone mit der App „Govee Home“. Die Befehlsbasis wird per Abschalten des „Bluetooth“-Moduls des Smartphones getrennt.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Im Standardbetrieb wird der Grenzwert von 0,5 Watt, welcher ab 2016 gültig ist, mit 0,47 Watt um 0,03 Watt (6%) unterschritten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, ändert sich das Verhalten des Leuchtkörpers nicht. Er erstellt weiterhin eine „Bluetooth“-Funkblase.

4.5.5 Smart-Leuchtkörper Philips HUE White



Abb.30 Smart-Leuchtkörper Philips HUE White

- Hersteller: Philips Austria GmbH
- Modelbezeichnung: Philips HUE White
- Verbindungsarten: „ZigBee“
- CE-Zertifizierung: 2017 [44][42]

- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „Philips HUE“ App ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch integriert und ist per „Ethernet“ mit dem Smart-Home-Basisystem „Philips HUE Bridge“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home-Basisystems vom Stromkreis.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Im Standardbetrieb wird der Grenzwert mit einem Verbrauch von 0,37 Watt um 0,13 Watt (26%) unterschritten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, ändert sich das Verhalten des Leuchtkörpers nicht. Er erstellt weiterhin eine „ZigBee“-Funkblase, da das „Mesh“-Netzwerk erhalten werden muss, obwohl kein weiteres Gerät im „Mesh“-Netzwerk integriert ist.

4.5.6 Smart-Leuchtkörper IKEA TRÅDFRI



Abb.31 Smart-Leuchtkörper IKEA TRÅDFRI LED

- Hersteller: IKEA Möbelvertrieb OHG

-
- Modelbezeichnung: TRÅDFRI LED Leuchtkörper
 - Verbindungsarten: „ZigBee“
 - CE-Zertifizierung: September 2016
 - Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „TRÅDFRI App“ ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch integriert hat und ist per „Ethernet“ mit dem Smart-Home-Basisystem „IKEA TRÅDFRI Gateway“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home-Basisystems vom Stromkreis.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Im Standardbetrieb wird der Grenzwert mit einem Verbrauch von 0,35 Watt um 0,15 Watt (30%) eingehalten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, ändert sich das Verhalten des Leuchtkörpers nicht. Er erstellt weiterhin eine „ZigBee“-Funkblase, da das „Mesh“-Netzwerk erhalten werden muss, obwohl kein weiteres Gerät im „Mesh“-Netzwerk integriert ist.

4.5.7 Smart-Leuchtkörper Aotec LED



Abb.32 Smart-Leuchtkörper Aotec LED

- Hersteller: Aotec Inc.
- Modelbezeichnung: LED RGBW ZW098-C55 Glühbirne - Z-Wave Plus
- Verbindungsarten: „Z-Wave“
- CE-Zertifizierung: 2015
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „Homee App“ ist per Internet mit einem Modem. Das Modem hat Switch integriert hat und ist per Ethernet mit dem Smart-Home-Basisystem „Homee Z-Wave“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home-Basisystems vom Stromkreis.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Im Standardbetrieb wird der Grenzwert mit einem Verbrauch von 0,63 Watt um 0,37 Watt (37%) eingehalten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, ändert sich das Verhalten des Leuchtkörpers nicht. Er erstellt weiterhin eine „Z-Wave“-Funkblase, da das

„Mesh“-Netzwerk erhalten werden muss, obwohl kein weiteres Gerät im „Mesh“-Netzwerk integriert ist.

4.5.8 Smart-Leuchtkörper Domitech ZBulb



Abb.33 Smart-Leuchtkörper Domitech ZBulb

- Hersteller: Domitech Products, LLC.
- Modelbezeichnung: ZBulb ZB22UK
- Verbindungsarten: „Z-Wave“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weitere Angaben
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „Homee App“ ist per Internet mit einem Modem. Das Modem hat einen Switch integriert und ist per Wi-Fi mit dem Smart-Home-Basisystem „Homee Z-Wave“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home-Basisystems vom Stromkreis.

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Leuchtkörper treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.8 in Kapitel 4.5.9 angeführt.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.

- Im Standardbetrieb ist der Verbrauch 1,06 Watt. Weder der Grenzwert von 0,5 Watt, welcher ab 2016 gültig ist, noch der Grenzwert von 2014 mit 1,0 Watt werden eingehalten.
- Wenn die Befehlsbasis getrennt ist, ändert sich das Verhalten des Leuchtkörpers nicht. Er erstellt weiterhin eine „Z-Wave“-Funkblase, da das „Mesh“-Netzwerk erhalten werden muss, obwohl kein weiteres Gerät im „Mesh“-Netzwerk integriert ist.

4.5.9 Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Leuchtkörper

Tab.8 beschreibt die Messergebnissen der untersuchten Smart-Leuchtkörper mit deren verschiedenen Betriebsszenarien, ob die ermittelten Werte die gesetzlichen Auflagen erfüllen und um wie viel diese die vorgegebenen Grenzwerten über- bzw. unterschreiten.

Verbindungsarten	Smart-Leuchtkörper		Szenarien		Gesetzliche Vorgaben			
			Standardbetrieb	Befehlsbasis getrennt	EU Verordnung 1194/2012			
	Gerät	Zertifizierungsjahr	Verbrauch [W]	Verbrauch [W]	2014 Grenzwert 1,0 W		2016 Grenzwert 0,5 W	
Wi-Fi	Lyasi Wi-Fi Smart Bulb	k.A.	0,39	0,59*	-0,61	-0,41	-0,11	+0,09
	Eufy Lumos White	k.A.	0,66	0,83*	-0,34	-0,17	+0,16	+0,23
Bluetooth	Revogi Smart Bulb	k.A.	0,71	0,71	-0,29	-0,29	+0,21	+0,21
	Minger Smart Bulb	k.A.	0,47	0,47	-0,53	-0,53	-0,03	-0,03
ZigBee	Philips HUE White	2017	0,37	0,37	-0,63	-0,63	-0,13	-0,13
	IKEA T TRÅDFRI LED	2016	0,35	0,35	-0,65	-0,65	-0,15	-0,15
Z-Wave	Aotec LED	2015	0,63	0,63	-0,37	-0,37	+0,13	+0,13
	Domitech ZBulb	k.A.	1,06	1,06	+0,06	+0,06	+0,56	+0,56

Tab.8 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart-Leuchtkörper

*...Das Gerät wechselt in einen Störbetrieb, in welchem es durchgehend versucht, eine Verbindung zur Befehlsbasis zu erstellen.

Smart Leuchtkörper wechseln in keinen Energiesparmodus. Unbenutzt bleiben sie vernetzt, weil sie jederzeit bereit sein müssen, reaktiviert zu werden. Bei Trennung der Befehlsbasis wechseln die Geräte in einen Störbetrieb und versuchen die Verbindung erneut herzustellen oder sie erhalten weiter die Funkblase des zugehörigen „Mesh“-Netzwerkes, damit eine Reaktivierung über mögliche andere Geräte im „Mesh“-Netzwerk noch immer funktioniert (z.B. Bewegungsmelder).

Fast alle Leuchtkörper halten die, für die jeweiligen Geräte gültigen, gesetzlichen Auflagen ein. Die Geräte bekannter Hersteller (Philips, IKEA) unterschreiten den Grenzwert von 0,5 Watt bereits um 0,15 Watt. Nur ein Gerät von acht Geräten (Domitech ZBulb) erfüllt keine gesetzliche Auflage.

Ein Vergleich der Verbindungsarten ist möglich, obwohl Geräte zu unterschiedlichen Zeitpunkten zertifiziert wurden und somit unterschiedliche Grenzwerte einhalten müssen. Jedoch sind die untersuchten Geräte Ende 2018 noch immer am Markt vertreten und stellen typische Vertreter der jeweiligen Verbindungsarten dar. Somit entspricht dies dem momentanen Stand der Technik und kann verglichen werden.

Durch den Vergleich der Energieverbräuche der energieeffizientesten Geräte der jeweiligen Verbindungsarten im Standardbetrieb, welche in Tab.9 dargestellt sind, sollten die Verbindungsarten für Leuchtkörper folgend dem Ranking gewählt werden. Für das Ranking wurde ein absteigendes Bewertungssystem verwendet. Eins ist der beste Wert.

Verbindungsarten	Verbrauch der besten Geräte [W]	Ranking
Wi-Fi	0,39	2
Bluetooth	0,47	3
ZigBee	0,35	1
Z-Wave	0,63	4

Tab.9 Verbindungsartenvergleich Smart-Leuchtkörper

4.5.10 Optimierungsvorschläge für Smart-Leuchtkörper

Folgende Verbesserungen sollten für Smart-Leuchtkörper durchgeführt werden.

- Smart-Leuchtkörper sollten, sobald kein Gerät mit dem Leuchtkörper verbunden ist, nach einer Zeitperiode z.B. zehn Minuten in einen Energiesparmodus wechseln, indem das Netzwerkmodul deaktiviert ist.

Zusätzlich sollte ein Timer integriert werden, welcher das Gerät regelmäßig reaktiviert und versucht erneut zu verknüpfen. Bei Fehlschlag des Aufbaus einer Verbindung wechselt das Gerät erneut in denselben Stand-by-Betrieb. Eine frühzeitige Reaktivierung wäre über das Trennen und erneut Verbinden des Leuchtkörpers im Stromnetz per Wandkippschalter möglich. Diese Funktion sollte als optional angesehen werden und nur für Leuchtkörper verwendet werden, welche nicht sofort bei Reaktivierung benötigt werden z.B. Ambientelichter. Bzw. falls kein Wandkippschalter für den verwendeten Sockel vorhanden ist, muss die Funktion welche diesen Stand-by-Betrieb auslöst deaktiviert werden können.

- Der Grenzwert für den Energieverbrauch von Smart-Leuchtkörpern im Betrieb ohne Ausführung der Hauptfunktion (Licht erzeugen) sollte von 0,5 Watt auf 0,35 Watt reduziert werden, da bereits Geräte am Markt den aktuell gültigen Grenzwert um 0,15 Watt unterschreiten.

4.6 Smart-Schukozwischenstecker

Smart-Schukozwischenstecker sind Steckdosenerweiterungen, welche es ermöglichen, nicht vernetzte Steckdosen (z.B.: in der Wand verbaute Steckdosen, einzelne Steckplätze einer Verteilerleiste, ...) in ein Smart-System zu integrieren. Die Smart-Geräte werden per Schukostecker in die Steckdose gesteckt. Per Befehl aus der Befehlsbasis wird der Smart-Schukostecker Strom leitend oder nicht leitend.

- gesetzliche Anforderungen:
„EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ [15] beschränkt den Energieverbrauch für Smart-Schukozwischenstecker.

Smart-Schukozwischenstecker sind „LoNA“-Geräte (siehe Kapitel 4.1), da sie keine „HiNA“-Funktionen ausführen. Der Energieverbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb

darf für Geräte welche ab 2015 zertifiziert wurden 6,0 Watt nicht überschreiten. Ab 2017 3,0 Watt und im unvernetzten Betrieb, darf der Energieverbrauch 0,5 Watt nicht überschreiten. Der Betrieb, in welchem die Hauptfunktion „Strom durchlassen“, nicht aktiv ist, wird bereits als Stand-by-Betrieb angesehen.

- Messszenarien für Smart-Schukozwischenstecker:
 - Die Befehlsbasis wurde mit dem Schukozwischenstecker kabellos verbunden. Ein unvernetztes Gerät wurde per Schukostecker an den Zwischenstecker verbunden. Es wurde ein Befehl des Ausschaltens von der Befehlsbasis an das Smart-Gerät übermittelt. Die Befehlsbasis wurde nicht getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit dem Zwischenstecker statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
 - Die Befehlsbasis wurde mit dem Schukozwischenstecker kabellos verbunden. Ein unvernetztes Gerät wurde per Schukostecker an den Zwischenstecker verbunden. Es wurde ein Befehl des Ausschaltens von der Befehlsbasis an das Smart-Gerät übermittelt. Nach Verarbeitung des Befehles wurde das unvernetzte Gerät per Abstecken getrennt. Die Befehlsbasis wurde nicht getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit dem Zwischenstecker statt.
 - Die Befehlsbasis wurde mit dem Schukozwischenstecker kabellos verbunden. Ein unvernetztes Gerät wurde per Schukostecker an den Zwischenstecker verbunden. Es wurde ein Befehl des Ausschaltens von der Befehlsbasis an das Smart-Gerät übermittelt. Nach Verarbeitung des Befehles wurde die Befehlsbasis getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit dem Zwischenstecker statt.
 - Die Befehlsbasis wurde mit dem Schukozwischenstecker kabellos verbunden. Ein unvernetztes Gerät wurde per Schukostecker an den

Zwischenstecker verbunden. Es wurde ein Befehl des Ausschaltens von der Befehlsbasis an das Smart-Gerät übermittelt. Nach Verarbeitung des Befehles wurde das unvernetzte Gerät per Abstecken und die Befehlsbasis getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit dem Zwischenstecker statt.

In Summe wurden auf dieser Art und Weise Stand-by-Energieverbräuche von acht Smart-Schukozwischenstecker gemessen.

4.6.1 Smart-Schukozwischenstecker Amazon Smart Plug



Abb.34 Smart-Schukozwischenstecker Amazon Smart Plug

- Hersteller: Amazon Europe Core S.à r.l.
- Modelbezeichnung: Amazon Smart Plug
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz
- CE-Zertifizierung: 2018
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der App „Amazon Alexa“ ist per „Wi-Fi“ mit einem Modem mit Routerfunktionen verbunden. Die Befehlsbasis wird per Abstecken des Modems vom Stromnetz getrennt.

- Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.
- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Das Gerät unterschreitet den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt mit 0,78 Watt um 1,22 Watt (61%).
- Das Gerät wechselt im unvernetzten Betrieb in einen Störbetrieb und versucht durchgehend eine Verbindung mit der Befehlsbasis herzustellen. Dabei steigt der Verbrauch auf 0,84 Watt an.

4.6.2 Smart-Schukozwischenstecker AISIRER WLAN Smart Plug



Abb.35 Smart-Schukozwischenstecker AISIRER Smart Plug

- Hersteller: Shenzhen Mengao E-Business Co., Ltd
- Modelbezeichnung: WLAN Smart Plug; AWP07L

-
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz
 - CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
 - Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der App „Smart Life“ ist per „Wi-Fi“ mit einem Modem mit Routerfunktionen verbunden. Die Befehlsbasis wird per Abstecken des Modems vom Stromnetz getrennt.
 - Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.
- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Das Gerät unterschreitet den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt mit 0,6 Watt um 1,4 Watt (70%).
- Das Gerät wechselt im unvernetzten Betrieb in einen Störbetrieb und versucht durchgehend eine Verbindung mit der Befehlsbasis herzustellen. Dabei steigt der Verbrauch auf 0,97 Watt an.

4.6.3 Smart-Schukozwischenstecker Revogi Smart Meter



Abb.36 Smart-Schukozwischenstecker Revogi Smart plug

- Hersteller: Revogi Innovation CO, Limited
- Modelbezeichnung: SPB012
- Verbindungsarten: „Bluetooth 4.0“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Smartphone mit der App „Revogi Smart Meter“. Die Befehlsbasis wird per Abschalten des „Bluetooth“-Moduls des Smartphones getrennt.
- Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.

- Das Gerät hält mit einem Verbrauch von 0,2 Watt sowohl den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt um 1,8 Watt (90%) ein, als auch den unvernetzten Grenzwert von 0,5 Watt um 0,3 Watt (60%) ein.
- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Unabhängig ob mit der Befehlsbasis verbunden oder nicht, generiert der Zwischenstecker die „Bluetooth“-Funkblase.

4.6.4 Smart-Schukozwischenstecker AWOX Smart Plug



Abb.37 Smart-Schukozwischenstecker AwoX Smart Plug

- Hersteller: AwoX S.A.
- Modelbezeichnung: SMP-B16 GR
- Verbindungsarten: „Bluetooth 4.0“
- CE-Zertifizierung: 2015
- Befehlsbasis: Smartphone mit der App „AwoX Smart Control“. Die Befehlsbasis wird per Abschalten des „Bluetooth“-Moduls des Smartphones getrennt.
- Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.
- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Das Gerät hält mit einem Verbrauch von 0,48 Watt sowohl den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt um 1,52 Watt (76%) ein, als auch den unvernetzten Grenzwert von 0,5 Watt um 0,02 Watt (4%) ein.
- Unabhängig ob mit der Befehlsbasis verbunden oder nicht, generiert der Zwischenstecker die „Bluetooth“-Funkblase.

4.6.5 Smart-Schukozwischenstecker IKEA TRÅDFRI Steckdose



Abb.38 Smart-Schukozwischenstecker IKEA TRÅDFRI Steckdose

- Hersteller: IKEA Möbelvertrieb OHG.
- Modelbezeichnung: IKEA TRÅDFRI Steckdose
- Verbindungsarten: „ZigBee“
- CE-Zertifizierung: 2015
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „TRÅDFRI“ App ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch integriert und ist per

„Ethernet“ mit dem Smart-Home-Basisystem „IKEA TRÅDFRI Gateway“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home-Basisystems vom Stromkreis.

- Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.
- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Das Gerät hält mit einem Verbrauch von 0,19 Watt sowohl den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt um 1,81 Watt (90,5%) ein, als auch den unvernetzten Grenzwert von 0,5 Watt um 0,31 Watt (62%) ein.
- Unabhängig ob mit der Befehlsbasis verbunden oder nicht, generiert der Zwischenstecker die „ZigBee“-Funkblase um das „Mesh“-Netzwerk zu erhalten, obwohl kein weiteres Gerät im Mesh-Netzwerk integriert ist.

4.6.6 Smart-Schukozwischenstecker Osram Smart+ Plug



Abb.39 Smart-Schukozwischenstecker Osram Smart+

- Hersteller: OSRAM GmbH
- Modelbezeichnung: Smart+ Plug ZigBee; 4058075036239
- Verbindungsarten: „ZigBee“
- CE-Zertifizierung: 2015
- Befehlsbasis: Ein Smartphone mit der „Homee“ App ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch integriert hat und ist per „Wi-Fi“ mit dem Smart-Home-Basisystem „Homee ZigBee“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home-Basisystems vom Stromkreis.
- Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.
- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Das Gerät hält mit einem Verbrauch von 0,45 Watt sowohl den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt um 1,55 Watt (77,5%) ein, als auch den unvernetzten Grenzwert von 0,5 Watt um 0,05 Watt (10%) ein.
- Unabhängig ob mit der Befehlsbasis verbunden oder nicht, generiert der Zwischenstecker die „ZigBee“-Funkblase um das „Mesh“-Netzwerk zu erhalten, obwohl kein weiteres Gerät im Mesh-Netzwerk integriert ist.

4.6.7 Smart-Schukozwischenstecker devolo Homecontrol

Schaltsteckdose



Abb.40 Smart-Schukozwischenstecker devolo Homecontrol Schaltsteckdose

- Hersteller: devolo AG
- Modelbezeichnung: devolo Home Control Schalt-Messsteckdose 2.0; 09914
- Verbindungsarten: „Z-Wave“
- CE-Zertifizierung: 2015
- Befehlsbasis: Ein Laptop mit der Befehlsgebung über die „devolo“ Homepage ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch

integriert hat und ist per „Ethernet“ mit dem Smart-Home-Basisystem „devolo Homecontrol“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home-Basisystems vom Stromnetz.

- Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.
- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Das Gerät hält mit einem Verbrauch von 0,4 Watt sowohl den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt um 1,6 Watt (80%) ein, als auch den unvernetzten Grenzwert von 0,5 Watt um 0,1 Watt (20%) ein.
- Unabhängig ob mit der Befehlsbasis verbunden oder nicht, generiert der Zwischenstecker die „Z-Wave“-Funkblase um das „Mesh“-Netzwerk zu erhalten, obwohl kein weiteres Gerät im „Mesh“-Netzwerk integriert ist.

4.6.8 Smart-Schukozwischenstecker Everspring Mini



Abb.41 Smart-Schukozwischenstecker Everspring Mini

- Hersteller: Everspring Industry Co., Ltd.
- Modelbezeichnung: Mini On/Off and Dimmer Plug, AD147
- Verbindungsarten: „Z-Wave“
- CE-Zertifizierung: zertifiziert, keine weiteren Angaben
- Befehlsbasis: Ein Laptop mit der Befehlsgebung über die „devolo“ Homepage ist per Internet mit einem Modem verbunden. Das Modem hat einen Switch integriert und ist per Ethernet mit dem Smart-Home Basisystem „devolo Homecontrol“ verbunden. Das Trennen der Befehlsbasis erfolgt über das Trennen des Smart-Home Basisystems vom Stromnetz.
- Zusatzfunktionen:
 - physikalischer Knopf zum Wechseln des Betriebsmodus (leitend, nicht leitend)

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diesen Smart-Schukozwischenstecker treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.10 in Kapitel 4.6.9 angeführt.

- Das Gerät kann nicht unterscheiden ob ein Verbraucher angeschlossen ist oder nicht.

- Das Gerät hat keinen zusätzlichen energiesparsameren Stand-by-Modus integriert.
- Das Gerät hält mit einem Verbrauch von 0,37 Watt sowohl den vernetzten Grenzwert, welcher ab 2019 gültig ist, von 2,0 Watt um 1,63 Watt (81,5%) ein, als auch den unvernetzten Grenzwert von 0,5 Watt um 0,13 Watt (26%) ein.
- Unabhängig ob mit der Befehlsbasis verbunden oder nicht, generiert der Zwischenstecker die „Z-Wave“-Funkblase um das „Mesh“-Netzwerk zu erhalten, obwohl kein weiteres Gerät im „Mesh“-Netzwerk integriert ist.

4.6.9 Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Schukozwischenstecker

Tab.10 beschreibt die Messergebnissen der untersuchten Smart-Schukozwischenstecker mit deren verschiedenen Betriebsszenarien, ob die ermittelten Werte die gesetzlichen Auflagen erfüllen und um wie viel diese die vorgegebenen Grenzwerten über- bzw. unterschreiten. Zusätzlich wurde der Vergleich zum unvernetzten Stand-by-Betrieb-Grenzwert aufgestellt, da die Verbrauchswerte der untersuchten Geräte näher an diesem sind, als am vernetzten Stand-by-Grenzwert.

Verbindungsarten	Smart-Schuko-zwischenstecker		Szenarien		Gesetzliche Vorgaben			
			Standardbetrieb	Befehlsbasis getrennt	EU Richtlinie 1275/2008 mit EU Verordnung 801/2013 LoNA			
	Gerät	Zertifizierungsjahr	Verbrauch [W]	Verbrauch [W]	2019 Grenzwert 2,0 W		Unvernetzt Grenzwert 0,5 W	
Wi-Fi	Amazon Smart Plug	2018	0,78	0,84*	-1,22	-1,16	+0,28	+0,84
	AISIRER Smart Plug	k.A.	0,6	0,97*	-1,4	-1,03	+0,1	+0,47
Bluetooth	Revogi Smart Plug	k.A.	0,2	0,2	-1,8	-1,8	-0,3	-0,3
	Awox Smart Plug	2015	0,48	0,48	-1,52	-1,52	-0,02	-0,02
ZigBee	IKEA T TRÅDFRI Steckdose	2015	0,19	0,19	-1,81	-1,81	-0,31	-0,31
	Osram Smart+	2015	0,45	0,45	-1,55	-1,55	-0,05	-0,05
Z-Wave	devolo Homecontrol	2015	0,4	0,4	-1,6	-1,6	-0,1	-0,1
	Everspring mini	k.A.	0,37	0,37	-1,63	-1,63	-0,13	-0,13

Tab.10 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart-Schuko-zwischenstecker

* Das Gerät wechselt in einen Störbetrieb, in welchem es durchgehend versucht eine Verbindung zur Befehlsbasis zu erstellen.

Smart-Schuko-zwischenstecker haben zusätzlich zum definierten Stand-by-Betrieb (Hauptfunktion Strom leiten, ist nicht aktiv) keinen energiesparsameren Stand-by-Betrieb. Unbenutzt bleiben sie vernetzt, weil sie jederzeit bereit sein müssen, reaktiviert zu werden. Bei Trennung der Befehlsbasis wechseln die Geräte in einen Störbetrieb und versuchen die Verbindung erneut herzustellen oder sie erhalten weiter die Funkblase des zugehörigen „Mesh“-Netzwerkes, damit eine Reaktivierung

über mögliche andere Geräte im „Mesh“-Netzwerk noch immer funktioniert (z.B. Bewegungsmelder).

Alle Schukozwischenstecker halten die, für die jeweiligen Geräte gültigen, gesetzlichen Auflagen ein. Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb von 2,0 Watt wird von allen Geräten um mehr als 1,0 Watt unterschritten. Alle Geräte, außer der „Wi-Fi“ Geräte, unterschreiten den Grenzwert für den unvernetzten Stand-by-Betrieb von 0,5 Watt, obwohl alle Geräte vernetzt sind.

Durch den Vergleich der Energieverbräuche der energieeffizientesten Geräte der jeweiligen Verbindungsarten im Standardbetrieb, welche in Tab.11 dargestellt sind, sollten die Verbindungsarten für Schukozwischenstecker folgend dem Ranking gewählt werden. Für das Ranking wurde ein absteigendes Bewertungssystem verwendet. Eins ist der beste Wert.

Verbindungsarten	Verbrauch der besten Geräte [W]	Ranking
Wi-Fi	0,6	4
Bluetooth	0,2	2
ZigBee	0,19	1
Z-Wave	0,37	3

Tab.11 Verbindungsartenvergleich Smart-Schukozwischenstecker

4.6.10 Optimierungsvorschläge für Smart-Home-Basissysteme

Folgende Verbesserungen sollten für Smart-Schukozwischenstecker durchgeführt werden.

- Smart-Schukozwischenstecker sollten, sobald kein Verbraucher angesteckt ist, nach einer Zeitperiode z.B. zehn Minuten (genug Zeit um einen neuen Verbraucher anzustecken) das Netzwerkmodul deaktivieren. Es wird keine Funktion des Zwischensteckers ohne ein angeschlossenes Gerät benötigt.

Sobald der Nutzer ein Gerät ansteckt, erfolgt eine Reaktivierung über Betätigung eines physikalischen Knopfes (welcher bereits auf allen Geräten vorhanden ist), da der Nutzer bereits direkt an dem Zwischenstecker handiert.

- Smart-Schukozwischenstecker sollten, sobald kein Gerät mit dem Zwischenstecker per Netzwerk verbunden ist, nach einer Zeitperiode z.B. zehn Minuten in einen Energiesparmodus wechseln, indem das Netzwerkmodul deaktiviert ist. Zusätzlich sollte ein Timer integriert werden, welcher das Gerät regelmäßig reaktiviert und versucht erneut zu verknüpfen. Bei Fehlschlag des Aufbaus einer Verbindung wechselt das Gerät erneut in denselben Stand-by-Betrieb. Eine frühzeitige Reaktivierung wäre über Betätigung des physikalischen Knopfes auf dem Zwischenstecker möglich. Diese Funktion sollte als optional angesehen werden und nur für Zwischenstecker verwendet werden, welche nicht sofort bei Reaktivierung benötigt werden z.B. Ambientelichter. Bzw. falls der Schukostecker unzugänglich verbaut wird, muss die Funktion welche diesen Stand-by-Betrieb auslöst deaktiviert werden können.

4.7 Smart-Basis-Stationen

Eine Smart-Basis-Station ist ein Gerät, welches eine Schnittstelle zwischen einem Smart-System und den Nutzern bildet. Geräte dieser Type werden per Sprachbefehl aktiviert. Dieser Befehl wird dann per Abgleich mit einer Datenbank verarbeitet und ein Befehl zur Aktivierung der gewünschten Funktion wird an die Smart-Basis-Station von der Datenbank gesendet. Smart-Basis-Station-Geräte müssen durchgehend mit dem Internet verbunden sein, da die Befehlsgebung durch Datenserver, welche mit dem Internet verbunden sind, erfolgt. Ohne einer Verbindung zum Internet können die Sprachbefehle nicht verarbeitet werden. Es ist

möglich Smart-Basis-Station-Geräte durch eine Verbindung mit einem Smart-Home-Basisystem in ein Smart-System zu integrieren und Geräte innerhalb dieses Systems zu steuern.

- gesetzliche Anforderungen:

„EU Richtlinie 1275/2008“ [14] mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ [15] beschränkt den Energieverbrauch für Smart-Basis-Geräte.

Smart-Basis-Station-Geräte sind „LoNA“-Geräte (siehe Kapitel 4.1), da sie keine „HiNA“-Funktionen ausführen. Der Energieverbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb darf für Geräte welche ab 2015 zertifiziert wurden 6,0 Watt nicht überschreiten. Ab 2017 3,0 Watt und im unvernetzten Betrieb, darf der Energieverbrauch 0,5 Watt nicht überschreiten.

- Messszenarien für Smart-Basis-Stationen:

- Die Befehlsbasis wurde mit der Smart-Basis-Station verbunden. Es wurde ein Befehl des Ausschaltens per Sprachsteuerung des Nutzers erteilt. Die Befehlsbasis wurde nicht getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit der Smart-Basis-Station statt. Dies entspricht dem Standardbetrieb.
- Die Befehlsbasis wurde mit der Smart-Basis-Station verbunden. Es wurde ein Befehl des Ausschaltens per Sprachsteuerung des Nutzers erteilt. Die Befehlsbasis wurde nach Verarbeitung des Befehls getrennt. Es fand kein weiterer Datentransfer mit der Smart-Basis-Station statt.

In Summe wurden auf dieser Art und Weise Stand-by-Energieverbräuche von zwei Smart-Basis-Stationen gemessen.

4.7.1 Smart-Basis-Station Amazon Echo Dot



Abb.42 Smart-Basis-Station Amazon Echo Dot

- Hersteller: Amazon Europe Core S.à r.l.
- Modelbezeichnung: Amazon Echo Dot Gen. 3
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz / 5 GHz
- CE-Zertifizierung: 2018
- Befehlsbasis: ein Modem mit integriertem Router, Die Befehlsbasis wird per Abstecken des Modems vom Stromnetz getrennt.

Das Gerät wird über ein externes Niederspannungsnetzteil betrieben. Die Betriebsspannung der Smart-Home-Station ist 5,0 Volt und somit ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ [14], welche ab einer Betriebsspannung von 6,0 Volt begrenzt, nicht gültig. Nur das Netzteil selbst unterliegt einer Einschränkung von 0,3 Watt im Leerlauf [41].

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diese Smart-Basis-Station treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.12 in Kapitel 4.7.3 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen energiesparsameren Modus.
- Nach Trennung der Befehlsbasis wechselt das Gerät in einen Stand-by-Betrieb, in welchem das Netzwerkmodul deaktiviert ist. Der Verbrauch dieses Modus ist 0,81 Watt. Jede Minute reaktiviert das Gerät das Netzwerkmodul und versucht eine Verbindung zur Befehlsbasis herzustellen. Der Verbrauch steigt kurzfristig auf 1,1 Watt an
- Das Mikrofon zur Erkennung und Eingabe des Sprachbefehls ist durchgehend aktiv, da dies die einzige Möglichkeit der Reaktivierung darstellt.
- Es besteht keine Möglichkeit das Gerät in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb zu versetzen.

4.7.2 Smart-Basis-Station Google Home Mini



Abb.43 Smart-Basis-Station Google Home Mini

- Hersteller: Google LLCI.
- Modelbezeichnung: Amazon Echo Dot Gen. 3
- Verbindungsarten: „Wi-Fi“ 2,4GHz / 5 GHz
- CE-Zertifizierung: 2017
- Befehlsbasis: ein Modem mit integriertem Router, Die Befehlsbasis wird per Abstecken des Modems vom Stromnetz getrennt.

Das Gerät wird über ein externes Niederspannungsnetzteil betrieben. Die Betriebsspannung der Smart-Basis-Station ist 5,0 Volt und somit ist die „EU Richtlinie 1275/2008“ [14], welche ab einer Betriebsspannung von 6,0 Volt begrenzt, nicht gültig. Nur das Netzteil selbst unterliegt einer Einschränkung von 0,3 Watt im Leerlauf [41].

Aus den Messergebnissen und weiterer Analyse ließen sich folgende Aussagen für diese Smart-Basis-Station treffen. Die tatsächlichen Werte sind in Tab.12 in Kapitel 4.7.3 angeführt.

- Das Gerät wechselt in keinen energiesparsameren Modus.
- Nach Trennung der Befehlsbasis wechselt das Gerät in keinen Stand-by-Betrieb. In diesem Sonderbetrieb bleibt das Netzwerkmodul weiterhin aktiv. Das Gerät generiert eine eigene „Wi-Fi“-Funkblase, in welche sich andere Geräte (z.B. Smartphone) verbinden können und die Smart-Basis-Station per App bedienen können.
- Der Verbrauch im Stand-by-Verbrauch des Standard- und Sonderbetriebes ist 1,55 Watt.
- Das Mikrofon zur Erkennung und Eingabe des Sprachbefehls ist durchgehend aktiv. Bei getrennter Befehlsbasis funktioniert die Spracheingabe ebenfalls, wenn ein anderes Gerät in der selbsterstellten Blase gekoppelt ist, da die Internetverbindung dieses Geräts verwendet wird.
- Es besteht keine Möglichkeit das Gerät in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb zu versetzen.

4.7.3 Analyse und Vergleich der Messergebnisse der untersuchten Smart-Basis-Stationen

Tab.12 beschreibt die Messergebnissen der untersuchten Smart-Basis-Stationen mit deren verschiedenen Betriebsszenarien, ob die ermittelten Werte die gesetzlichen Auflagen erfüllen und um wie viel diese die vorgegebenen Grenzwerten über- bzw. unterschreiten.

Smart-Basis-Stationen	Szenarien	
	Standardbetrieb [W]	Befehlsbasis getrennt [W]
Amazon Echo Dot	1,1	0,81*
Google Home Mini	1,55	1,57**

Tab.12 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart-Basis-Stationen

*Das Gerät versucht jede Minute eine Verbindung herzustellen. Der Verbrauch steigt auf 1,1 Watt.

**Das Gerät generiert eine eigene Wi-Fi-Funkblase, in welche sich Geräte verbinden und weiters die Smart-Basis per App steuern können.

Obwohl die „EU Richtlinie 1275/2008“ nicht gültig ist (externes Niederspannungsnetzteil), besitzen alle Geräte Stand-by-Betriebe. Im direkten Vergleich zur Richtlinie wird der Grenzwert, welcher bereits für 2019 definiert wurde, von 2,0 Watt um 0,9 bzw. 0,5 Watt unterschritten.

Smart-Basis-Geräte wechseln in keinen unvernetzten Stand-by-Betrieb. Da eine Befehlsverarbeitung nur durch die Verarbeitung des Sprachbefehls über eine Datenbank möglich ist.

Es kann kein Vergleich zu den Verbindungsarten erstellt werden, da alle untersuchten Geräte nur eine Verbindungsart, „Wi-Fi“, verwenden.

4.7.4 Optimierungsvorschläge für Smart-Basis-Stationen

Folgende Verbesserungen sollten für Smart-Leuchtkörper durchgeführt werden.

- Nach einer längeren Zeitspanne im vernetzten Stand-by-Betrieb sollten Smart-Basis-Stationen in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln können. Eine Reaktivierung wäre über das Betätigen eines physikalischen Knopfes, welcher bei allen untersuchten Geräten bereits vorhanden ist, oder per Sprachbefehl möglich. Der Sprachbefehl wäre aus dem Erkennungswort (z.B.: „Alexa“ Amazon Echo Dot) und einem weiteren Befehl aufgebaut. Das Gerät sobald reaktiviert, weil es auf das Erkennungswort reagiert, würde sich erneut in das Netzwerk verbinden und dann erst den Befehl per Datenbank abgleichen und ausführen. Um die längere Zeitspanne des Neuverbindens und Abgleichens zu überbrücken, könnte das Gerät eine Rückmeldung geben. z.B.: „Warte kurz, ich muss mich nur erneut mit dem Netzwerk verbinden.“
- Falls keine Verbindung zum Netzwerk aufgebaut werden kann, sollten nach einer bestimmten Zeitperiode, z.B. zehn Minuten, Smart-Basis-Stationen den Versuch zur Erstellung einer Verbindung aufgeben und in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln. Für diesen sollte der Grenzwert für unvernetzte Stand-by-Betriebe nach der „EU Richtlinie 1275/2008“ mit 0,5 Watt gelten. Nach einer Zeitperiode im unvernetzten Stand-by-Betrieb könnte das Gerät sich kurzfristig reaktivieren, eine Verbindung versuchen herzustellen und bei Erfolg in den Standard-Stand-by-Betrieb wechseln bzw. bei Fehlschlag erneut in den unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln.
- Alle Geräte sollten mit einem Schalter, welcher es erlaubt das Gerät vom Stromkreis zu trennen, ausgestattet sein. Dies ermöglicht über längere Perioden der Nichtbenutzung, z.B. Urlaub, den Verbrauch der Geräte auf 0,0

Watt zu reduzieren. Jedoch würde das externe Netzteil noch immer Strom beziehen.

- Eine Zeitschaltfunktion sollte integriert werden, welche es den Geräten erlaubt über gleichbleibende Zeitperioden der Nichtbenutzung, z.B. täglich zwischen 23:00 Uhr und 06:00 Uhr, in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb zu wechseln. Eine frühzeitige Reaktivierung wäre per Bedienen eines physikalischen Knopfes oder per Sprachbefehl möglich.

5 Weitere Erkenntnisse der Messergebnisse

Mit den Messergebnissen und gefundenen Argumenten aus Kapitel 4 wurden in diesem Kapitel weitere Erkenntnisse zur Bildung der Gestaltungsrichtlinie bezüglich der Wahl der Verbindungsart und der Optimierung der gesetzlichen Vorlagen abgeleitet.

5.1 Vergleich der geräteübergreifenden Verbindungsarten

Tab.13 beschreibt das Energieverbrauchsranking der jeweiligen Verbindungsart jeder Gerätentype. Das Ranking bildet sich aus den Erkenntnissen aus Kapitel 4. Verwendet wurde ein absteigendes System, bei dem Eins die energieeffizienteste Verbindungsart darstellt.

Verbindungsarten	Modem	Netzwerkdrucker	Spielekonsole	Basissysteme	Leuchtkörper	Schukozwischenstecker
Ethernet	1	1	1	x	x	x
Wi-Fi	2	2	2	x	2	4
Bluetooth	x	x	x	x	3	2
ZigBee	x	x	x	1	1	1
Z-Wave	x	x	x	2	4	3

Tab.13 Ranking der Verbindungsarten gerätetypenspezifisch auf Verbrauch bezogen

Für Heimnetzwerke ohne Smart-System sollte das Netzwerk per „Ethernet“ statt per „Wi-Fi“ gebildet werden. Der Energieverbrauch aller untersuchten Geräte im vernetzten Stand-by-Betrieb ist bei aktivem „Wi-Fi“-Modul höher als bei aktivem „Ethernet“-Modul. Die anderen Verbindungsarten, werden nicht genutzt um Heimnetzwerke zu erstellen. Der große Nachteil von „Ethernet“ ist, dass man stets ortgebunden ist und es fallen hohe Materialkosten an. Für jede neue Verbindung

benötigt man ein neues Kabel und eventuell eine neue Buchse. „Ethernet“-Verbindungen im Haushalt sollten beim Bau des Hauses geplant werden.

Die Verbindungsart „Ethernet“ wird bei Smart-Systemen zur direkten Verbindung von Smart-Geräten nicht verwendet. Smart-Geräte sollen momentan nachträglich Schnittstellen in Haushalten vernetzen. Somit sind keine „Ethernet“-Kabel bzw. – Buchsen im Haushalt vorhanden, wo Smart-Geräte zum Einsatz kommen.

Als Erkenntnis dieser Arbeit ist die Verbindungsart „ZigBee“ am energieeffizientesten. In allen untersuchten Gerätetypen verbrauchen „ZigBee“-Geräte am wenigsten Energie im Stand-by-Betrieb. „ZigBee“ ist eine Freeware (keine Lizenzkosten) und wird von renommierten Händlern („Philips“, „IKEA“) für ihre Geräte verwendet werden. Die mögliche Anzahl an Geräten, die Reichweite und Sicherheit sind ausreichend. Durch die Bildung eines „Mesh“-Netzwerkes können Geräte welche nicht benutzt werden, bzw. nicht weitere Verknüpfung erstellen, deaktiviert werden. Bei Trennung des Smart-Home-Basisystems, wechselt das System in keinen Störbetrieb, sondern bleibt im Standardbetrieb. Bei Verlust des Smart-Home-Basisystems geht die Möglichkeit auf komplexere Befehle, z.B. Zeitschaltuhren, bzw. die Bedienung über das Internet verloren. Befehle innerhalb des Smart-Systems können weiterhin von anderen integrierten Geräten erteilt werden. „ZigBee“-Module sind Standard-„Wi-Fi“-Module welche ein anderes Protokoll ausführen und laut aktuellen Marktpreisen günstiger als Netzwerkkabel oder Z-Wave (Nutzung einer anderen Frequenz) Modulen.

Eine alternative Verbindungsart stellt „Bluetooth“ dar. Obwohl die untersuchten Geräte im Energieverbrauchsranking durchschnittlich abgeschnitten haben, stechen die anderen Aspekte dieser Verbindungsart besonders hervor. „Bluetooth“ ist aufgrund der großen Menge an unterschiedlichen Protokollen, welche alle miteinander kommunizieren können, da das Grundkonzept das gleiche ist, jede

erdenkliche Funktion in jedes Gerät integriert werden kann. Somit ist das Potential von „Bluetooth“ für Smart-Systeme enorm. Bereits jetzt wird „Bluetooth“ in Haushalten, wenn auch in nicht im Sinne eines Smart-Systems, verwendet z.B. „Bluetooth“-Boxen, „Bluetooth“-Fernbedienungen. Zusätzlich kommt das alle untersuchten Geräte die gesetzlichen Auflagen einhalten. „Bluetooth“ ist die stabilste aller Verbindungsarten, da Frequenzhopping (Wechsel der Übertragungsfrequenz 1600-mal pro Sekunde, siehe Kapitel 2.2.2) betrieben wird. Die Reichweite und die Menge an Geräten sind ausreichend hoch. Im Vergleich zu „ZigBee“ ist die Sicherheit ausreichend, aber nicht ansatzweise so sicher. „Bluetooth“-Module sind im Vergleich zu Netzkabel günstig und lassen sich auf erhöhte Übertragungsgeschwindigkeit oder erhöhte Reichweite einstellen. Um die Menge an Geräten in einem Netzwerk zu erhöhen und somit ein „Mesh“-Netzwerk zu bilden, ist ein Smart-Home-Basisystem notwendig. Dieses muss kein eigenes Gerät mit dieser Tätigkeit alleine sein, sondern kann jedes Gerät mit ausreichender Befähigung im Netzwerk sein, z.B. Smartphone. Bei Trennung der Befehlsbasis, ändert sich das Verhalten von „Bluetooth“-Geräten nicht, da weiterhin das „Mesh“-Netzwerk generiert wird.

„Z-Wave“ ist „ZigBee“ sehr ähnlich, hat aber ein paar Unterschiede. Um „Z-Wave“ zu nutzen, muss man Teil der „Z-Wave-Allianz“ sein. Somit ist die Integration von „Z-Wave“ in Geräten kostenpflichtig. Ein Teil der untersuchten Geräte, haben die gesetzlichen Auflagen nicht erfüllt. Im direkten Vergleich benötigen alle „Z-Wave“-Geräte mehr Energie im Stand-by-Betrieb als „ZigBee“-Geräte. Die Menge an Geräten welche in ein „Z-Wave“ Smart-System integriert werden können ist begrenzt. Die Reichweite und Sicherheit ist ausreichend hoch. Bei Trennung des Smart-Home-Basisystems, wechselt das System in keinen Störbetrieb, sondern bleibt im Standardbetrieb. Bei Verlust des Smart-Home-Basisystems geht die

Möglichkeit auf komplexere Befehle, z.B. Zeitschaltuhren, bzw. die Bedienung über das Internet verloren. Befehle innerhalb des Smart-Systems können weiterhin von anderen integrierten Geräten erteilt werden.

„Wi-Fi“ kann kein „Mesh“-Netzwerk für Smart-Systeme bilden. Die Verbindung findet nicht zwischen den Geräten direkt sondern über einen Router statt. Bei Trennung des Smart-Home-Basisystems (Router) wechseln alle Geräte in einen Störbetrieb, indem sie permanent versuchen eine Verbindung herzustellen. Somit ist kein weiterer Betrieb des Smart-Systems möglich. Bei länger andauerndem Ausfall wechseln die Geräte nicht in einen Stand-by-Betrieb und verbleiben im Störbetrieb, bis die Verbindung wieder hergestellt ist. Der Vorteil von „Wi-Fi“ ist, dass sogut wie jeder Haushalt bereits einen Router besitzt und somit kein weiteres Gerät in den Haushalt integriert werden muss. Weiters bildet der Router eine Brücke zwischen dem Smart-System und dem Heimnetzwerk. Im Standardbetrieb halten alle Smart-„Wi-Fi“-Geräte die gesetzlichen Auflagen ein. Der Störbetrieb ist mit einem erhöhten Energieverbrauch verbunden. Die Sicherheit ist ausreichend hoch. Die Reichweite ist begrenzt, da keine Erweiterung durch ein „Mesh-Netzwerk“ erzeugt wird. Falls eine größere Reichweite benötigt wird, müssen „Repeater“ (Signalwiederholer) verwendet werden. „Wi-Fi“-Module sind sehr günstig. Es fallen keine Lizenzgebühren an, um „Wi-Fi“ in Geräte zu integrieren.

5.2 Vergleich der geräteübergreifenden gesetzlichen Auflagen

Die gesetzlichen Auflagen werden mit den Messergebnissen jedes Gerätes verglichen. Die Unterteilung ist:

- „EU Richtlinie 1275/2008“ erweitert durch „EU Verordnung 801/2013“ für „HiNA“-Geräte

- „EU Richtlinie 1275/2008“ erweitert durch „EU Verordnung 801/2013“ für „LoNA“-Geräte
- „EU Verordnung 1194/2012“ für Leuchtkörper
- Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen kleiner gleich 6 Volt

5.2.1 Gesetzliche Anforderungen an „HiNA“-Geräte

Der Grenzwert für den vernetzten und unvernetzten Stand-by-Betrieb nach „EU-Richtlinie 1275/2008“ mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ ist für „HiNA“-Geräte ab 2015 mit 12,0 Watt und ab 2017 mit 8,0 Watt definiert. Tab.14 zeigt auf, welche untersuchten „HiNA“-Geräte die vorgegebenen Grenzwerte einhalten.

Geräte	Gerätetype	Zertifizierungsjahr	Einhaltung 2015	Einhaltung 2017
UBEE EVW3226	Modem	vor 2015	Ja	Ja
UPC Connectbox	Modem	2017	Ja	Nein
FRITZ!Box 6490	Modem	2018	Ja	Nein
devolo Homecontrol Smart-Home Basisystem	Smart- Home Basisystem	2018	Ja	Ja

Tab.14 Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen der untersuchten „HiNA“-Geräte

Der Verbrauch aller Modems mit Router- und Switch-Funktionen bei Inaktivität (kein Datenaustausch), aber aktiver Netzwerkverbindung unterschreiten den Grenzwert von 12,0 Watt, welcher für vernetzte Stand-by-Betriebe ab 2015 gilt.

Das Modem „UBEE EVW 3226“ hält, obwohl vor 2015 zertifiziert, den aktuell gültigen Grenzwert von 8,0 Watt im vernetzten Stand-by-Betrieb und bei Inaktivität ein.

Die „UPC Connectbox“ und die „FRITZ!Box“ erfüllen die Auflagen ab 2017 nicht, weil der Energieverbrauch beider Geräte im unvernetzten Stand-by-Betrieb größer als 8,0 Watt ist. Beide Systeme halten den vorher gültigen Grenzwert von 12,0 Watt ein.

Die Geräte gibt es schon länger am Markt und wurden „2017“ bzw. „2018“ neu zertifiziert, obwohl sie den gesetzlichen Auflagen nicht entsprechen.

Das „devolo Homocontrol Smart-Home-Basisystem“ verbraucht bei Inaktivität 3,4 Watt und unterschreitet den Grenzwert von 2017 um 4,6 Watt.

Mögliche Verbesserungen:

Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb für „HiNA“-Geräte sollte erneut angepasst werden, da ein Gerät welches vor vier Jahren („Ubee EVW3226“) entwickelt wurde den momentan gültigen Grenzwert um 2,6 Watt im Stand-by-Betrieb und um 1,4 Watt bei Inaktivität unterschreitet. Das devolo Homecontrol Gerät, welches kein Modem integriert hat, unterschreitet den Grenzwert bei Inaktivität bereits um 4,6 Watt, wechselt aber in keinen Stand-by-Betrieb. Der neue Grenzwert sollte maximal 4,0 Watt sein, damit „HiNA“-Geräte bei Voraussetzung des Stand-by-Betriebes in einen Energiesparmodus wechseln müssen.

Der unvernetzte Stand-by-Betrieb, welcher nur für „LoNA“-Geräte gültig ist, sollte auch für „HiNA“-Geräte gültig sein. Da ein „HiNA“-Gerät ohne Vernetzung seine Funktion nicht erfüllen kann und alle zusätzlichen Funktionen, welche das Gerät im Hintergrund ausführt nutzlos sind. Die einzige Funktion in diesem Betrieb sollte das „Warten auf Reaktivierung“ sein. Der Grenzwert sollte 0,5 Watt ohne Statusanzeige und 1,0 Watt mit Statusanzeige sein.

Zusätzlich sollte bei Neuzertifizierung eines Gerätes verschärft darauf geachtet werden, ob die Grenzwerte tatsächlich eingehalten werden. Da Geräte welche die Auflagen nicht erfüllen, gegen das globale Klimaziel wirken.

5.2.2 Gesetzliche Anforderungen an „LoNA“-Geräte

Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb nach „EU-Richtlinie 1275/2008“ mit der Erweiterung „EU Verordnung 801/2013“ ist für „LoNA“-Geräte ab 2015 mit

6,0 Watt, ab 2017 mit 3,0 Watt und ab 2019 mit 2,0 Watt definiert. Im unvernetzten Stand-by-Betrieb, darf der Grenzwert von 0,5 Watt ohne Statusdisplay und 1,0 Watt mit Statusdisplay nicht überschritten werden. Tab.15 zeigt auf, welche untersuchten „LoNA“-Geräte die vorgegebenen gesetzlichen Grenzwerte einhalten.

Geräte	Gerätetype	Zertifizierungsjahr	Einhaltung 2015	Einhaltung 2017	Einhaltung 2019
Brother MFC-J4420DW	Netzwerkdrucker	2017	Ja	Ja	Ja
Ricoh SP220SNw	Netzwerkdrucker	k.A.	Ja	Ja	Ja
Epson XP-322	Netzwerkdrucker	k.A.	Ja	Ja	Ja
Playstation 4	Spielekonsole	2018	Ja	Ja	Nein
Playstation 4 Pro	Spielekonsole	2017	Ja	Nein	Nein
Xbox One S	Spielekonsole	2016	Nein	Nein	Nein
Amazon Smart Plug	Schukozwischenstecker	2018	Ja	Ja	Ja
AISIRER WLAN Smart Plug	Schukozwischenstecker	k.A.	Ja	Ja	Ja
Revogi Smart Plug	Schukozwischenstecker	k.A.	Ja	Ja	Ja
Awox Smart Plug	Schukozwischenstecker	2015	Ja	Ja	Ja
IKEA TRADFRI Steckdose	Schukozwischenstecker	2015	Ja	Ja	Ja
Osram + Smart Plug	Schukozwischenstecker	2015	Ja	Ja	Ja
devolo Homecontrol Schaltsteckdose	Schukozwischenstecker	2015	Ja	Ja	Ja
Everspring Mini	Schukozwischenstecker	k.A.	Ja	Ja	Ja

Tab.15 Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen der untersuchten „LoNA“-Geräte

Smart-Geräte, welche im vernetzten Stand-by-Betrieb, die einzige aktive Fähigkeit, das Warten auf die Reaktivierung, ausführen, wie z.B. der Smart-Schukostecker unterschreiten den gültigen Grenzwert für 2019 von 2,0 Watt bereits um 1,7 Watt („IKEA TRADFRI Steckdose“ siehe Kapitel 4.6.5). Geräte wie eine Spielekonsole, welche im vernetzten Stand-by-Betrieb zusätzliche Funktionen ausführen, wie das

Erlauben von Updates, schaffen es bestenfalls den aktuell gültigen Grenzwert von 3,0 Watt einzuhalten.

Die einzigen Geräte welche nicht die aktuellen Grenzwerte einhalten, sind die modernen Spielekonsolen. Eine Möglichkeit dafür ist, dass sie nicht als „LoNA“-Geräte eingestuft sind, sondern entweder als „HiNA“ (welche sie nicht sind, da keine „HiNA“-Funktionen ausgeführt werden) oder als Computersystem.

Mögliche Verbesserungen:

Die aktuell definierten Grenzwerte für „LoNA“-Geräte sind streng genug. Jedoch könnte man einen zusätzlichen Grenzwert ab 2020 von 1,0 Watt im vernetzten Stand-by-Betrieb definieren, da es bereits Geräte gibt, welche diesen Wert einhalten.

„LoNA“-Geräte sollten bei Nichterfüllung ihrer Funktion in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb gezwungen werden. z.B. Ein Smart-Schukozwischenstecker ohne einem Verbraucher angeschlossen, befindet sich trotzdem im vernetzten Stand-by und wechselt nicht in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb.

Auf die Definition des Gerätes und deren tatsächlichen Funktionen sollte bei der Zertifizierung verschärft geachtet werden.

5.2.3 Gesetzliche Anforderungen an Smart-Leuchtkörper

Leuchtkörper dürfen, wenn ihre Hauptfunktion „Erzeugen von Licht“ nicht ausgeführt wird, maximal 0,5 Watt nach der EU Verordnung 1194/2012 [43] verbrauchen. Tab.16 zeigt auf, welche untersuchten Leuchtkörper die gesetzlichen Vorlagen einhalten.

Geräte	Zertifizierungsjahr	Einhaltung
Lyasi Wi-Fi Smart Bulb	k.A.	Ja
Eufy Lumos White	k.A.	Nein
Revogi Smart Bulb	k.A.	Nein
Minger Smart Bulb	k.A.	Ja
Philips HUE White	2017	Ja
IKEA TRÅDFRI LED	2016	Ja
Aotec LED	2015	Ja
Domitech ZBulb	k.A.	Nein

Tab.16 Einhaltung der gesetzlichen Auflagen der untersuchten Smart-Leuchtkörper

Der Großteil der untersuchten Geräte halten die für das Gerät gültige Auflage ein.

Der beste Leuchtkörper (IKEA TRÅDFRI LED siehe Kapitel 4.5.6) unterschreitet den Grenzwert von 0,5 Watt mit 0,35 Watt um 0,15 Watt.

Mögliche Verbesserungen:

Der aktuell gültige Grenzwert sollte angepasst werden. Der Grenzwert sollte 0,35 Watt sein, da bereits Geräte vorhanden sind, welche diesen bereits einhalten können.

Zusätzlich sollte bei der Zertifizierung genauer darauf geachtet werden, dass die Grenzwerte tatsächlich eingehalten werden.

5.2.4 Gesetzliche Anforderungen an Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen

Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen, dessen Spannung kleiner 6,0 Volt betragen, unterliegen keinen gesetzlichen Auflagen, bezüglich umweltorientierter Gestaltung. Nur das Netzteil selbst unterliegt „EU Richtlinie 1275/2008“. Das Netzteil darf im Leerlauf (kein Verbraucher angeschlossen) nicht mehr als 0,3 Watt Energie

beziehen. Tab.17 beschreibt den Energieverbrauch aller untersuchten Geräte mit externen Netzteilen.

Geräte	Gerätetype	Verbrauch [W]
Philips HUE Bridge	Smart-Home Basisystem	1,7
IKEA TRADFRI Gateway	Smart-Home Basisystem	1,4
Homee Brain ZigBee	Smart-Home Basisystem	1,51
Vera Edge	Smart-Home Basisystem	2,4
Homee Brain Z-Wave	Smart-Home Basisystem	1,47
Amazon Echo Dot	Smart-Basis	1,1
Google Home Mini	Smart-Basis	1,55

Tab.17 Einhaltung der gesetzlichen Auflagen der untersuchten Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen

Es wurden Smart-Home-Basisysteme, welche „HiNA“-Funktionen, „Erstellen eines kabellosen Netzwerkes“ (Router-Funktionen), tätigen, vermessen, welche ein externes Niederspannungsnetzteil besitzen. Im Vergleich zu den nicht gültigen „HiNA“-Grenzwerten unterschreiten alle untersuchten Geräte diese um bis zu 4,5 Watt.

Keines der untersuchten Geräte, wechselt in einen Stand-by-Betrieb bzw. in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb, wenn die Hauptfunktionen nicht verwendet werden.

Smart-Basis-Stationen, welche „LoNA“-Funktionen besitzen, unterschreiten den nicht gültigen Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb von 2,0 Watt um bis zu 0,9 Watt, obwohl kein Stand-by-Betrieb ausgeführt wird. Smart-Basis-Stationen haben keinen unvernetzten Stand-by-Betrieb.

Mögliche Verbesserungen:

Es sollten gesetzliche Auflagen für vernetzte Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen erstellt werden, welche das Netzteil und das angeschlossene Gerät, bezüglich Energieeffizienz beschreiben.

Wenn der aktive Verbrauch stark von den aktiven Verbräuchen von „HiNA“- oder „LoNA“-Geräten abweicht, ist der Energieverbrauch bei Inaktivität des Gerätes sehr nah an den Grenzwerten für den vernetzten Stand-by-Betrieb von „LoNA“-Geräte.

Die folgenden neu eingeführten Werte gelten für das externe Netzteil und das angeschlossene Gerät gemeinsam, diese sollten als eine Einheit betrachtet werden.

Der Grenzwert für einen vernetzten Stand-by-Betrieb sollte 1,0 Watt nicht überschreiten. Da ein untersuchtes Gerät (Amazon Echo Dot siehe Kapitel 4.7.1) diesen Grenzwert bereits um 0,2 Watt einhalten kann.

Zusätzlich sollten vernetzte Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen, bei längerer Inaktivität bzw. wenn kein Gerät auf dessen Funktionen angewiesen ist, in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln. Der Grenzwert sollte dem Grenzwert für unvernetzte Geräte im Stand-by-Betrieb ohne Statusanzeige von 0,5 Watt entsprechen.

6 Kernaussagen für die Reduzierung des Stand-by-Betriebes vernetzter Geräte in Haushalten

In diesem Kapitel soll auf Basis der gefundenen Erkenntnisse der vorhergehenden Kapitel Aussagen für die Produktentwicklung zur Bildung einer Gestaltungsrichtlinie abgeleitet werden. Diese Formulierungen sollen allgemein gehalten werden und geräteunspezifisch sein, da sie sich auf die Nutzungsphase und in weiterem Sinne für den Stand-by-Betrieb unterschiedlicher vernetzter Geräte in Haushalten beziehen sollen.

6.1 Arten des Stand-bys

Grundsätzlich gilt es verschiedene Arten des Stand-by-Betriebes für vernetzte Geräte zu unterscheiden. Diese sollen in den folgenden Absätzen mit ihren jeweilig gültigen Grenzwerten definiert werden.

- **Vernetzter Stand-by-Betrieb:**

Das Gerät ist mit allen, für das Gerät möglichen, Netzwerken verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle von Geräten dieser Netzwerke, einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Zusätzliche Funktionen im vernetzten Stand-by-Betrieb sind erlaubt (z.B. Protokolle der aktiven Verbindungsart).

Je nach Hauptfunktion muss der Energieverbrauch, nach aktuellem Stand (2019) kleiner als 8,0 Watt („HiNA“) oder als 2,0 Watt („LoNA“) sein [15].

- **Teilweise vernetzter Stand-by-Betrieb:**

Das Gerät hat die Möglichkeit mit mehreren Netzwerken gleichzeitig verbunden zu sein. Es ist nicht mit allen, aber mindestens einem verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle von Geräten dieser aktiven Netzwerke,

einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Zusätzliche Funktionen im teilweise vernetzten Stand-by-Betrieb sind erlaubt (z.B. Protokolle der aktiven Verbindungsart).

Die Grenzwerte für diesen Betrieb sind nach aktuellem Stand dieselben wie für den vernetzten Stand-by-Betrieb (siehe vorherigen Absatz).

- **Unvernetzter Stand-by-Betrieb:**

Das Gerät ist mit keinem Netzwerk verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Zusätzliche Funktionen im unvernetzten Stand-by-Betrieb sind erlaubt (z.B. Schnellstartoption).

Je nach Hauptfunktion muss der Energieverbrauch, nach aktuellem Stand (2019) kleiner als 8 Watt („HiNA“), als 1,0 Watt („LoNA“) mit Statusanzeige oder als 0,5 Watt („LoNA“) ohne Statusanzeige sein [15].

- **Aus-Zustand:**

Das Gerät ist mit keinem Netzwerk verbunden. Eine Reaktivierung kann über Befehle einer mitgelieferten Steuereinheit und per Eingabe direkt am Gerät getätigt werden. Die einzige aktive Funktion ist das Warten auf eine Reaktivierung.

Der Energieverbrauch muss kleiner als 0,5 Watt sein [14].

- **Stromloser Zustand:**

Das Gerät ist vom Stromkreis getrennt. Der Energieverbrauch ist 0,0 Watt. Eine Reaktivierung erfolgt per Neuverbindung mit dem Stromkreis (z.B. Antstecken oder Schalter betätigen).

6.2 Optimierung der Gerätefunktionen

In folgender Auflistung werden alle gefundenen Gerätefunktionen für den Stand-by-Betrieb vernetzter Geräte, welche bereits in den untersuchten Geräten vorhanden sind und aus Erkenntnissen dieser Arbeit abgeleitet wurden, anschaulich aufgearbeitet.

Alle Parameter der Funktionen sollten vom Nutzer je nach Nutzungsszenario individuell angepasst werden können.

- **Abfrage bei Moduswechsel welche Stand-by-Betriebsart verwendet werden soll:**

Wenn der Nutzer das Gerät aktiv in den Stand-by-Betrieb überführt, sollte das Gerät, falls möglich, den Nutzer fragen in welche Art Stand-by es übergeführt werden soll. Solche Zustände können sein z.B. Aus, unvernetzt, vernetzt (siehe Kapitel 6.1).

- **Ausnutzen der Inaktivität des Nutzers:**

Wenn der Nutzer des Gerätes dieses über einen bestimmten Zeitraum (so kurz wie möglich) nicht benutzt bzw. andere Geräte nicht auf das Gerät angewiesen sind, soll das Gerät in einen Stand-by-Betrieb wechseln. Bei längerer Inaktivität z.B. 30 Minuten, soll das Gerät von einem vernetzten Stand-by-Betrieb in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb bzw. Aus-Zustand wechseln.

- **Ausnutzen regelmäßiger Inaktivität des Nutzers:**

Wenn es regelmäßig Zeitperioden gibt, in welchen der Nutzer das Gerät nicht benutzt bzw. benötigt, soll das Gerät per Einstellungen in einen Stand-by-Betrieb wechseln. Ob dieser vernetzt, teilweise vernetzt oder unvernetzt ist und welche Funktionen weiterhin ausgeführt werden sollen, sollte der Nutzer

individuell einstellen können. Nach Ablauf der eingestellten Zeitperiode, sollte das Gerät selbstständig in den Standardbetrieb wechseln. Falls der Nutzer das Gerät innerhalb dieser Zeitperiode doch aktiv benötigen sollte, könnte er dieses per Reaktivierungsbefehl je nach Stand-by-Betriebsart reaktivieren.

- **Deaktivieren von Störbetrieben:**

Wenn ein Gerät in einem Störbetrieb gelangt, und es nach einer gewissen Zeitperiode nicht selbstständig diesen Störbetrieb beseitigt, soll das Gerät in einen Stand-by-Betrieb übergeführt werden. Falls die Störung nicht mit der Vernetzung des Gerätes verknüpft ist, darf der gewählte Stand-by-Betrieb ein vernetzter bzw. teilweise vernetzter Stand-by-Betrieb sein, damit der Nutzer per Zugriff über das Netzwerk die Störung aktiv beheben kann. Falls die Störung mit der Verbindung verknüpft ist, sollte der gewählte Stand-by-Betrieb ein unvernetzter Stand-by-Betrieb sein. Falls die Störung das Gerät hindert seine Hauptfunktion auszuführen, sollte das Gerät in einen Aus-Zustand übergeführt werden.

- **Definieren der tatsächlichen Funktion:**

Funktionen sollten nicht nach den technischen Bezeichnungen definiert werden, sondern nach der tatsächlichen Funktion, welche sie in den Haushalten ausführen. Bei Geräten welche mehrere aktive Hauptfunktionen ausführen, sollten diese auf eine gemeinsame Definition, welche die tatsächliche Tätigkeit im Haushalt beschreibt, zusammengeführt werden. Dies erlaubt, dass sobald die tatsächliche Funktion des Gerätes im Haushalt nicht mehr getätigt wird, dass das Gerät in einen Stand-by-Betrieb wechseln kann. z.B.: Die definierten Funktionen von einem Modem mit Router- und Switchfunktionen sind drei getrennte Funktionen. Funktion Eins: „Verbinden mit dem Internet.“ Funktion Zwei: „Erstellen und Erhalten einer „Wi-Fi“-

Funkblase.“ Funktion Drei: „Erstellen und Erhalten eines „Ethernet“-Netzwerkes.“ Erst wenn alle drei Funktionen deaktiviert sind, wechselt das Gerät in einen Stand-by-Betrieb. Die tatsächliche Funktion dieses Gerätes ist das „Ermöglichen einer Internetverbindung für vernetzte Geräte in Haushalten.“ Bzw. genauer formuliert, „Das Erstellen und Vernetzen von Geräten in Haushalten und in weiterer Folge das Verbinden dieser mit dem Internet.“ Sobald das Heimnetzwerk nicht mehr aktiv ist, sollte das Gerät in einen Stand-by-Betrieb wechseln, da keine Geräte verbunden sein können. Obwohl eine Funktion, „Verbindung zum Internet“, noch aktiv vom Gerät genutzt wird, erfüllt das Gerät, aus Sicht des Haushaltes, nicht die tatsächliche Funktion. Das Gerät sollte, somit in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb bzw. Aus-Zustand wechseln.

- **Hinterfragen der Notwendigkeit des vernetzten Betriebes:**

Das Gerät soll selbstständig erkennen, ob die aktiven Funktionen im Betrieb ausreichen, um die tatsächliche Funktion des Gerätes im Haushalt zu gewährleisten. Wenn nicht, soll das Gerät in einen Stand-by-Betrieb wechseln. z.B.: Ein Smart-Schukozwischenstecker sollte erkennen ob ein Energieverbraucher an ihn angesteckt ist. Falls dies nicht der Fall ist, ist der Standardbetrieb des Zwischensteckers, aus Sicht des Haushaltes, nicht notwendig. Das Smart-Gerät sollte in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb bzw. Aus-Zustand wechseln.

- **Wahl eines modularen Aufbaus:**

Geräte, welche unterschiedliche Funktionen ausführen bzw. in Zukunft um Funktionen erweitert werden sollen, sollten einen modularen Aufbau haben. Das Gerät sollte einheitliche Schnittstellen besitzen so, dass Modulbausteine,

mit deren Funktionen, einfach und schnell hinzugefügt und entfernt werden können.

- **Bestimmung aktiver Funktionen dem Nutzer erlauben:**

Der Nutzer sollte für jeden Stand-by-Betrieb individuell die Funktionen, welche nicht ausgeführt werden sollen, mit einer Zeitschaltung deaktivieren können. Die kürzeste Zeitdauer sollte null Sekunden, sein. Das Gerät würde die Funktion direkt bei Übergang in den Stand-by-Betrieb deaktivieren. z.B.: USB-Ports nach 30 Minuten im Stand-by-Betrieb deaktivieren.

- **Vermeidung von Statusanzeigen:**

Statusanzeigen bzw. Stand-by-LEDs, welche anzeigen, in welchem Betriebsmodus sich das Gerät befindet, sollten nicht verbaut werden. Der Nutzer erkennt selbstständig, ob das Gerät aktiv oder inaktiv ist, bzw. bemerkt, wenn das Gerät bei Befehlseingabe nicht reagiert.

- **Integration von physikalischen Knöpfen / Schalter:**

Damit ein Gerät, welches nur von einem anderen Geräte aus dem Netzwerk reaktiviert werden kann, die Möglichkeit auf einen unvernetzten Stand-by-Betrieb bzw. Aus-Zustand hat, sollte in dieses Gerät ein physikalischer Knopf / Schalter integriert werden. Dieser sollte auf der Vorderseite, leicht erreichbar und bedienbar sein, damit der Nutzer möglichst wenig Aufwand und Überwindung hat das Gerät in diesen Stand-by-Betrieben zu versetzen.

- **Integration eines Stromschalters:**

Ein Schalter, welche die Geräte in einen stromlosen Zustand versetzen kann, sollte bei jedem Gerät integriert werden. Der Schalter sollte auf der Vorderseite, leicht erreichbar und bedienbar sein. Damit der Nutzer möglichst wenig Aufwand und Überwindung hat, das Gerät vom Stromkreis zu trennen und den Stand-by-Energieverbrauch auf null Watt zu reduzieren.

- **Regulierung der Reaktivierung per Sprachbefehl:**

Geräte welcher per Sprachbefehl des Nutzers reaktiviert werden, sollten in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln können. Das Gerät reaktiviert sich per Erkennungswort, auf welches das Gerät auch unvernetzt reagiert, verbindet sich erneut mit dem Netzwerk und verarbeitet dann den weiteren Befehl.

6.3 Wahl der Verbindungsart

Die folgende Tabelle ist eine Ansammlung aller Fakten und Erkenntnisse der vorherigen Kapitel und soll zur Wahl einer passenden Verbindungsart je nach Anforderungen an das Gerät, Netzwerk oder Smart-System helfen. Genauere Aussagen, bezüglich des Rankings für Heimnetzwerke und Smart-Systeme, sind in Kapitel 5.1 beschrieben

	Ethernet	Bluetooth	Wi-Fi	ZigBee	Z-Wave
Ranking Heimnetzwerk [°]	1	x	2	x	x
Ranking Smart-System [°]	x	2	4	1	3
Übertragungsart	Kabel	Funk 2,4GHz	Funk 2,4 / 5 GHz	Funk 2,4 GHz	Funk 868 MHz
Max. Datenübertragung [Mbit/s]	1000	2	600	0,25	0,04
Durchschnittliche Reichweite [m]	100	10	20	20	30
Nutzer	Unbegrenzt	8	256	65.000	232
Sicherheit	Physikalischer Anschluss	Authentifizierung innerhalb und Verbindung selbst	WPA2	128 bit Schlüssel	128 bit Schlüssel
Mesh-Netzwerk	Nein	Möglich*	Nein	Ja	Ja
Übertragungsstabilität	Ja, Kabel	Ja, Frequenzhopping**	Nein	Nein	Wahrscheinlich***
Lizenzgebühren	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Kosten der Ausstattung	Hoch****	Gering	Gering	Gering	Gering
Verhalten bei ungewolltem Verbindungsverlust mit der Befehlsbasis	Wird unvernetzt	Keine Änderung	Permanenter Versuch eine Verbindung herzustellen	Keine Änderung	Keine Änderung

Tab.18 Vergleich möglicher Verbindungsarten für heimnetzwerkfähige Produkte

[°]...Aus Sicht eines Haushaltes bezogen auf Energieeffizienz im Stand-by-Betrieb. Eins ist die energieeffizienteste Technologie. Das Ranking ist aus Untersuchung des Stand-by-Energieverbrauches unterschiedlicher Geräte, welche aktuell am Markt verfügbar sind, gebildet worden.

x...Diese Verbindungsart wird nicht verwendet, um ein Heimnetzwerk (Verbindung mit dem Internet und allgemeine Nutzung) zu generieren oder in Smart-Systemen zu kommunizieren.

*Prinzipiell möglich, jedoch ist der Standard eine Direktverbindung ohne Mesh

**Wechsel der Übertragungsfrequenz 1600 pro Sekunde.

***Aufgrund einer anderen Frequenz, als alle anderen kabellosen Verbindungsarten, ist eine Überlappung von Netzwerkbblasen unwahrscheinlich.

****Jede neue Verbindung benötigt ein neues Kabel. Wenn die Menge der belegten Ports ein Maximum erreicht hat, muss ein neuer Switch integriert werden.

6.4 Optimierung der Rahmenbedingungen

„EU Richtlinie 1275/2009“ mit der Erweiterung der „EU Verordnung 801/2013“ sollten folgend angepasst werden:

- „HiNA“:
 - Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb sollte von 8,0 Watt auf 4,0 Watt angepasst werden, da bereits Geräte vorhanden sind, welche diesen Grenzwert einhalten können (siehe Kapitel 5.2.1).
 - „HiNA“-Geräte, haben bis jetzt keine gesetzlichen Vorgaben bezüglich eines unvernetzten Stand-by-Betriebes. Der Grenzwert für einen unvernetzten Stand-by-Betrieb sollte 1,0 Watt mit Statusanzeige und 0,5 Watt ohne Statusanzeige sein. (siehe Kapitel 5.2.1)
 - Funktionen von Geräten mit mehreren Funktionen sollten nach Wichtigkeit eingeteilt werden. Diese Bewertung muss vom Nutzer selbstständig getätigt werden können. Sobald die Wichtigste nicht erfüllt ist, muss das Gerät in einen Stand-by-Betrieb wechseln.
- „LoNA“:
 - Der Grenzwert für den vernetzten Stand-by-Betrieb sollte von 2,0 Watt auf 1,0 Watt angepasst werden, da bereits Geräte vorhanden sind, welche diesen Grenzwert einhalten können (siehe Kapitel 5.2.2).

- Bei längerer Inaktivität und wenn kein Gerät auf die Funktionen des Gerätes angewiesen sind, sollte das Gerät, anstelle eines vernetzten, in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln.

Für „EU Verordnung 1194/2012“ sollte der Grenzwert für Leuchtkörper dessen Hauptfunktion, „Erzeugung von Licht“, von 0,5 Watt auf 0,35 Watt reduziert werden, da bereits Geräte vorhanden sind, welche diesen Grenzwert einhalten können (siehe Kapitel 5.2.3).

Für vernetzte Geräte, welche ein externes Niederspannungsnetzteil besitzen, sollten folgende gesetzlichen Maßnahmen getroffen werden, da deren Verbrauch bei Inaktivität dem Verbrauch von Stand-by-Betrieben für „LoNA“-Geräte sehr nahe ist.

Das Netzteil und das angeschlossene Gerät sollten für diese Vorgaben als eine Einheit mit einem gemeinsamen Verbrauch betrachtet werden. Aufgrund der Funktionsbasis und den Verbrauchswerten der untersuchten Geräte (siehe Kapitel 5.2.4) sollten folgende Anforderungen eingeführt werden.

- Bei längerer Inaktivität, wenn kein Gerät auf die Funktionen der Einheit angewiesen ist und die Einheit „HiNA“-Funktionen ausführen kann, sollte die Einheit in einen vernetzten Stand-by-Betrieb wechseln. Der Grenzwert für diesen Betrieb sollte 1,0 Watt sein
- Bei längerer Inaktivität und wenn kein Gerät auf die Funktionen der Einheit angewiesen ist und die Einheit keine „HiNA“-Funktionen ausführen kann, sollte die Einheit in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb wechseln. Der Grenzwert für diesen Betrieb sollte 0,5 Watt sein. Dies entspricht dem Grenzwert für den unvernetzten Stand-by-Betrieb von „LoNA“-Geräten ohne einer Statusanzeige.

6.5 Auswirkungen der Vernetzungstechnologie und deren Optimierungsmöglichkeiten anhand eines Einfamilienhauses

Durch Integration von vernetzten Geräten oder Smart-Systemen in Haushalten steigt der Energieverbrauch an (siehe Kapitel 1.1). Um diesen Anstieg zu bewerten, wird der Verbrauch eines Haushaltes, welcher vollständig vernetzt ist und mit einem Smart-System ausgestattet ist, mit einem Haushalt, welcher nur mit einem Modem mit Routerfunktionen vernetzt ist, verglichen. Zusätzlich wird ein vollständig vernetzter Haushalt, welcher mit Geräten, welche mit den Erkenntnissen dieser Arbeit optimiert wurden, ausgestattet ist, mit den anderen zwei Varianten in Relation gesetzt.

Für die folgenden Vergleiche, wird nur der Anstieg des Energieverbrauches auf den Stand-by-Betrieb bezogen. Die aktive Nutzungsphase, der Geräte wird ignoriert.

In Österreich werden 3.816.770 [45] Haushalte mit Strom versorgt. Über das ganze Jahr 2016 war der Energieverbrauch aller Haushalte 60.374.497 GJ [45]. Das entspricht 16.771 GWh. Somit verbraucht ein Haushalt im Durchschnitt 4393,9 kWh pro Jahr und 12,038 kWh pro Tag.

1. Standardhaushalt:

Diese Variante stellt einen Haushalt, welcher nur über eine Vernetzung mit dem Internet besitzt, dar. Alle vorhandenen vernetzten Geräte, außer dem Modem mit Router- und Switchfunktionen, werden bei Nichtbenutzung vom Stromkreis getrennt und besitzen keinen vernetzten Stand-by-Betrieb. Der Gesamtenergieverbrauch dieses Haushaltes für einen Tag bzw. ein Jahr entspricht dem durchschnittlichen Energieverbrauch eines österreichischen Haushaltes.

- Vernetzte Geräte:
 - 1x UPC-Connectbox: Das Modem wird über das ganze Jahr durchgehend betrieben.
- Gesamt Energieverbrauch des Standardhaushaltes:
 - Pro Tag: 12,038 kWh
 - Pro Jahr: 4394,9 kWh

2. Vernetzter Haushalt mit aktueller Technologie:

Diese Variante stellt einen Haushalt, welcher vollständig mit vernetzten Geräten ausgestattet ist, dar. Dazu werden die Messergebnisse aus Kapitel 4 für die jeweiligen Geräte verwendet und zu dem durchschnittlichen Energieverbrauch eines österreichischen Haushaltes addiert.

- Vernetzte Geräte:
 - 1x UPC-Connectbox: Das Modem wird über das ganze Jahr durchgehend betrieben.
 - 1x Epson XP-322: Der Drucker ist durchgehend, außer 5 Minuten pro Tag, im Stand-by-Betrieb.
 - 1x Playstation 4 Pro: Das Gerät wird 2 Stunden am Tag aktiv genutzt. Die restliche Zeit befindet es sich im Stand-by-Betrieb.
 - IKEA TRÅDFRI Gateway: Das Gerät wird über das ganze Jahr durchgehend betrieben.
 - 15x IKEA TRÅDFRI Leuchtkörper: Zusammen werden die Geräte 6 Stunden am Tag aktiv betrieben. Die restliche Zeit sind sie im Stand-by-Betrieb.
 - 15x IKEA TRÅDFRI Steckdose: Zusammen werden die Geräte 3 Stunden am Tag aktiv betrieben. Die restliche Zeit sind sie im Stand-by-Betrieb.

- 5x Amazon Echo Dot: Zusammen werden die Geräte 3 Stunden am Tag aktiv betrieben. Die restliche Zeit sind sie im Stand-by-Betrieb.

Gerät	Anzahl der Geräte	Stand-by-Verbrauch [W/Stk]		Stand-by-Betrieb pro Tag [h]		Energieverbrauch über den ganzen Tag [Wh]
UPC Connectbox	1	x		x		x
Epson XP-322	1	1,8	0,23	0,5	22,58	6,09
Playstation 4 Pro	1	6,04		22		132,88
IKEA TRÅDFRI Gateway	1	1,4		24		33,6
IKEA TRÅDFRI Leuchtkörper	15	0,35		23,6*		123,9
IKEA TRÅDFRI Steckdose	15	0,19		23,8*		67,83
Amazon Echo Dot	5	1,1		23,4*		128,7
Gesamt						493

Tab.19 Stand-by-Energieverbrauch pro Tag eines vernetzten Haushaltes

x...Dieses Gerät ist bereits im Standardhaushalt integriert und würde somit im Vergleich doppelt einfließen.

*...Die Geräte werden gemeinsam die jeweilige Zeitspanne betrieben. Somit muss die aktive Benutzungszeit auf ein Gerät reduziert werden und in weiterer Folge von der Stand-by-Dauer abgezogen werden. (IKEA TRÅDFRI Leuchtkörper: 15 Geräte, insgesamt zusammen 6h pro Tag aktiv > jedes Gerät 0,4h pro Tag aktiv > 23,6h Stand-by-Betrieb pro Gerät pro Tag)

Der Stand-by-Energieverbrauch ist für den vernetzten Haushalt 493 Wh pro Tag.

- Zusätzlicher Stand-by-Energieverbrauch:
 - Pro Tag: 0,493 kWh
 - Pro Jahr: 180 kWh

3. Vernetzter Haushalt mit optimierter Technologie:

Diese Variante stellt einen Haushalt, welcher vollständig mit vernetzten Geräten ausgestattet ist, dar. Die vernetzten Geräte sind für den Stand-by-Betrieb optimiert und die Verbrauchswerte, werden dementsprechend angepasst.

- Vernetzte Geräte:

- 1x UPC-Connectbox: Das Modem wird durchgehend betrieben. Zwischen 23:00 und 05:00 Uhr wechselt das Gerät in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb, mit einem Energieverbrauch von 0,5 W. Das Gerät ist 2 Monate im Jahr, aufgrund eines zugänglichen physikalischen Knopfes, vom Stromkreis getrennt.
- 1x Epson XP-322: Der Drucker ist durchgehend, außer 5 Minuten pro Tag, im Stand-by-Betrieb. Das Gerät ist 2 Monate im Jahr, aufgrund eines zugänglichen physikalischen Knopfes, vom Stromkreis getrennt.
- 1x Playstation 4 Pro: Das Gerät wird 2 Stunden am Tag aktiv genutzt. Die restliche Zeit befindet es sich im Stand-by-Betrieb. Der Energieverbrauch im vernetzten Stand-by-Betrieb darf 1 Watt nicht überschreiten. Das Gerät ist 2 Monate im Jahr, aufgrund eines zugänglichen physikalischen Knopfes, vom Stromkreis getrennt. Zwischen 23:00 und 15:00 Uhr befindet sich das Gerät in einem unvernetzten Stand-by-Betrieb. Der Energieverbrauch für diesen Zustand ist 0,5 Watt.
- IKEA TRÅDFRI Gateway: Das Gerät wird über das ganze Jahr durchgehend betrieben. Zwischen 23:00 und 05:00 Uhr wechselt das Gerät in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb, mit einem Energieverbrauch von 0,5 W. Das Gerät ist 2 Monate im Jahr, aufgrund eines zugänglichen physikalischen Knopfes, vom Stromkreis getrennt.

- 15x IKEA TRÅDFRI Leuchtkörper: Zusammen werden die Geräte 6 Stunden am Tag aktiv betrieben. Die restliche Zeit sind sie im Stand-by-Betrieb. Zwischen 23:00 und 05:00 Uhr wechseln 10 Leuchtkörper in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb. In diesem sinkt der Energieverbrauch auf 0,1 Watt. Die Geräte sind 2 Monate im Jahr, aufgrund eines zugänglichen physikalischen Knopfes, vom Stromkreis getrennt.
- 15x IKEA TRÅDFRI Steckdose: Zusammen werden die Geräte 3 Stunden am Tag aktiv betrieben. Die restliche Zeit sind sie im Stand-by-Betrieb. 3 der Steckdosen sind unbenutzt (kein Verbraucher angeschlossen) und trennen sich vom Stromkreis. 5 der Steckdosen schalten zwischen 23:00 und 05:00 Uhr in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb. In diesem sinkt der Energieverbrauch auf 0,1 Watt. Die Geräte sind 2 Monate im Jahr, aufgrund eines zugänglichen physikalischen Knopfes, vom Stromkreis getrennt.
- 5x Amazon Echo Dot: Zusammen werden die Geräte 3 Stunden am Tag aktiv betrieben. Die restliche Zeit sind sie im Stand-by-Betrieb. Zwischen 23:00 und 05:00 Uhr wechseln 4 der Geräte in einen unvernetzten Stand-by-Betrieb. Der Verbrauch in diesem Zustand ist 0,5 Watt pro Gerät. Alle Geräte sind 2 Monate im Jahr, aufgrund eines zugänglichen physikalischen Knopfes, vom Stromkreis getrennt.

Gerät	Anzahl der Geräte	Stand-by-Verbrauch [W/Stk]		Stand-by-Betrieb pro Tag [h]		2 Monate vom Stromkreis getrennt [Wh/Stk.]*	Energieverbrauch über den ganzen Tag [Wh]
UPC Connectbox	1	-10,5**		6		-1,84***	-64,84
Epson XP-322	1	1,8	0,23	0,5	22,58	-1,02	5,07
Playstation 4 Pro	1	1	0,5	16	6	-3,17	15,83
IKEA TRÅDFRI Gateway	1	1,4	0,5	18	6	-4,71	23,5
IKEA TRÅDFRI Leuchtkörper	5	0,35	x	23,6****	x	-1,38	90,7
	10	0,35	0,1	17,6****	6	-1,13	
IKEA TRÅDFRI Steckdose	7	0,19	x	23,8****	x	-0,76	42,89
	5	0,19	0,1	17,8****	6	-0,67	
	3	x	x	x	x	x	
Amazon Echo Dot	1	1,1	x	23,4****	x	-4,30	95,2
	4	1,1	0,5	17,4****	6	-3,70	
Gesamt							208,35

Tab.20 Stand-by-Energieverbrauch pro Tag eines vernetzten Haushaltes

*...Die Energieeinsparung, aufgrund zwei monatiger Abschaltung über das ganze Jahr, auf den Verbrauch eines Tages aufgeteilt. (z.B. Playstation 4 Pro: 1 Watt für 16 Stunden am Tag und 0,5 Watt für 6 Stunden am Tag > 61 Tage im Jahr findet dieser Verbrauch nicht statt > Aufgeteilt auf den Energieverbrauch eines Tages, dargestellt in Gleichung 1)

$$\frac{-(1W * 16h + 0,5W * 6h) * 61d}{365d} = -3,17 Wh$$

Gleichung 1 Beispiel der Aufteilung der Energieeinsparung der Aus-Zustandsperiode auf einen Tag anhand der Playstation 4 Pro Nutzung

**...Dieses Gerät ist bereits im Standardhaushalt integriert und verbraucht 11 Watt aktiv. Durch Optimierung reduziert sich der Verbrauch auf 0,5 Watt, was zur Folge hat, dass der Verbrauch mit -10,5 Watt in die Rechnung einfließt.

***...Dieses Gerät ist bereits im Standardhaushalt integriert und verbraucht 11 Watt aktiv. Durch Optimierung reduziert sich der Verbrauch für 61 Tage auf 0 Watt, was zur Folge hat, dass der Gesamtverbrauch um 671 Watt (11Watt * 61Tage) reduziert wird. Aufgeteilt auf jeden Tag des Jahres wird der Energieverbrauch um 1,84 Watt pro Tag reduziert.

****...Die Geräte werden gemeinsam die jeweilige Zeit betrieben. Somit muss die aktive Benutzungszeit auf ein Gerät reduziert werden und in weiterer Folge von der Stand-by-Dauer abgezogen werden. (IKEA TRÅDFRI Leuchtkörper: 15 Geräte, insgesamt zusammen 6h pro Tag aktiv > jedes Gerät 0,4h pro Tag aktiv > 23,6h Stand-by-Betrieb pro Gerät pro Tag)

- Zusätzlicher Stand-by-Energieverbrauch:
 - Pro Tag: 0,2084 kWh
 - Pro Jahr: 76,07 kWh

Vergleich der Haushalte

Tab.21 beschreibt den direkten Vergleich der errechneten Verbrauchswerte der unterschiedlichen Haushalte.

Haushalt	Verbrauch pro Tag [kWh]	Verbrauch pro Jahr [kWh]	Differenz pro Jahr [kWh]	Anstieg gegenüber Standard [%]
Standard	12,038	4393,9	Ausgangswert	Ausgangswert
Vernetzt	12,531*	4573,9*	180	+4,1
Optimiert vernetzt	12,246*	4470*	76,1	+1,7

Tab.21 Vergleich des Energieverbrauches der unterschiedlichen Haushalte

*...Standardverbrauch eines Haushaltes plus zusätzlichem Stand-by-Energieverbrauch aufgrund Integration von vernetzten Geräten in den unvernetzten Haushalt.

Im Bezug auf den gesamten Energieverbrauch eines Haushaltes, steigt der Verbrauch mit den aktuellen Geräten mit den aktuellen gesetzlichen Auflagen um 4,1% an. Durch die in dieser Arbeit gefundenen Optimierungen, bezüglich gesetzlicher Grundlagen und Funktionserweiterungen, kann der zusätzliche Stand-by-Energieverbrauch eines vernetzten Haushaltes auf 1,7% reduziert werden. Das entspricht einer Reduzierung von ~58% der zusätzlichen Stand-by-Verbräuche aufgrund von Optimierung.

In Österreich besitzen 88,8%[46] aller Haushalte eine Internetverbindung, das entspricht 3.389.292 Haushalten. Wenn alle mit Internet ausgestatteten Haushalte auf einen vernetzten Haushalt umrüsten, steigt der Stand-by-Energieverbrauch Österreichs um 609 GWh. Tab.22 beschreibt den Stand-by-Energieverbrauch der unterschiedlichen Haushalte, wenn alle Haushalte Österreichs komplett vernetzte Haushalte wären.

Internet Haushalte	Verbrauch pro Jahr [GWh]	Differenz pro Jahr [GWh]
Standard	14.893	Ausgangswert
Vernetzt	15.502	609
Optimiert vernetzt	15.150	257

Tab.22 Energieverbrauch der Haushalte auf Österreich bezogen

Im Vergleich, eine moderne Windanlage generiert 4,76 GWh [47] Strom pro Jahr. Alleine um den Stand-by-Verbrauch aller vernetzten Haushalte, wenn alle Internet-Haushalte vernetzt wären, abzudecken, müssten weitere 128 Windkraftanlagen in Betrieb genommen werden. Durch eine Optimierung der Geräte und Reduzierung

des Stand-by-Energieverbrauches müssten nur 54 Windkraftanlagen in Betrieb genommen werden.

Die in dieser Arbeit untersuchten Geräte entsprechen den typischen vernetzten Geräten, welche bereits Anklang finden und teilweise in Haushalten, welche sich für Smart-Technologien entschieden haben, zum Einsatz kommen. Der momentane Trend der Produkthersteller ist, dass in jedes erdenkliche Gerät versucht wird, eine intelligente Vernetzungsfunktion zu integrieren. Dabei wird nicht berücksichtigt, ob die Vernetzung sinnvoll ist oder nicht. Sondern nur wie das Produkt beim Nutzer ankommt. z.B. Kühlschränke mit Kameras, die dem Nutzer am Smartphone zeigen, was sich darin befindet. Waschmaschinen und Geschirrspüler, welche eine Nachricht an das Smartphone schicken, wann sie fertig gewaschen haben. Bzw. kann der Nutzer den Waschvorgang per Smartphone starten. Zahnbürsten, welche Nutzungsdaten an das Smartphone weiterleiten. Musikboxen werden in Smart-Leuchtkörper integriert. etc. (All diese Geräte und einige mehr wurden während der Marktanalyse gefunden.) Nicht jeder Smart-Haushalt (Haushalt mit vielen vernetzten Geräten) wird sämtliche möglichen vernetzten Geräte integrieren und nicht jeder unvernetzte Haushalt wird zum Smart-Haushalt wechseln. Jedoch lässt sich bestimmt sagen, dass durch die Marktflutung der vernetzten Geräte und der neuartigen Auswahl an Funktionen die Menge an vernetzten Geräten in Haushalten weiterhin zunehmen wird. Dass Haushalte welche bereits Smart sind, mehr Geräte integrieren werden und es immer weniger unvernetzte bzw. schwach vernetzte Haushalte geben wird. Der tatsächliche Anklang der Vernetzungstechnologie von den neuartigen Geräten und zusätzlichen Funktionen (z.B. Kühlschrank, Waschmaschine, Zahnbürsten. etc.), welche bis jetzt nicht alltäglich im Gebrauch sind, ist bei den Nutzern noch nicht einschätzbar. Im Gegensatz zu den vorhandenen Geräten, welche bereits verwendet werden (z.B. Smart-Leuchtkörper,

Netzwerkdrucker, etc.), bei denen eine klare steigende Tendenz der Integration in Haushalte wahrnehmbar ist.

Infolgedessen wird der Energieverbrauch bezüglich Stand-by, egal ob die Geräte optimiert sind oder nicht, weiter steigen. Um wie viel der Verbrauch über die nächsten Jahre steigen wird, lässt sich von diesem Zeitpunkt aus nicht konkret einschätzen. Da immer mehr unterschiedliche Geräte Einzug finden und der Trend der Vernetzung erst am Anfang ist. Jedoch würde sich dieser Anstieg enorm abfedern lassen, wenn die angebotenen Geräte bezüglich Stand-by-Energieverbrauches optimiert wären.

Durch Optimierung der gesetzlichen Auflagen, Einhaltung dieser und einer intelligenten Erweiterung der Funktionen der Geräte ist es möglich, den Stand-by-Energieverbrauch um mindestens 50% zu reduzieren. In einem vernetzten österreichischen Haushalt entspricht diese Einsparung ungefähr 100 kWh und für alle vernetzten Haushalte Österreichs ungefähr 365 GWh pro Jahr. Dies ist der Leistung von 75 Windkraftanlagen gleichzusetzen. Eine Zukunftsprognose für den konkreten Anstieg des Stand-by-Energieverbrauches für die nächsten Jahre ist aufgrund dessen, dass der Vernetzungstrend am Anfang ist, der Markt mit neuartigen Geräten und Funktionen geflutet wird und der Anklang dieser Geräte bei den Nutzern unklar ist, nicht möglich. Jedoch kann man aufgrund dessen, dass die vorhandenen Geräte, von welchen der Anstieg der Akzeptanz der Nutzer bekannt ist, immer mehr verwendet werden. Dadurch und unter Berücksichtigung, dass die neuen Geräte zu einem gewissen Grad Anklang finden werden, wird der Gesamtenergieverbrauch aufgrund der Stand-by-Betriebe der vernetzten Geräte in Haushalten über die nächsten Jahre ansteigen. Durch Optimierung der Geräte bezüglich ihres Energieverbrauches, würde sich dieser Anstieg abfedern lassen.

7 Gestaltungsrichtlinie zur Entwicklung vernetzter Produkte in Haushalten mit reduziertem Stand-by-Energieverbrauch

Dieses Kapitel zeigt auf, wie ein vernetztes Gerät so entwickelt werden kann, dass der Energieverbrauch in der Nutzungsphase des Lebenszyklus des Produktes bei Nichtbenutzung (Stand-by-Betrieb) so gering wie möglich ausfällt. Dies soll durch die Wahl der tatsächlichen Hauptfunktion und Anpassung der technischen Kriterien erreicht werden.

7.1 Die Wahl der tatsächlichen Hauptfunktion

Die tatsächliche Hauptfunktion bestimmt, was die Hauptaufgabe des Gerätes in der aktiven Nutzung ist und in weiterer Folge, welche gesetzlichen Anforderungen bezüglich Energieverbrauches an das Gerät gestellt werden. Falls ein vernetzter Leuchtkörper entwickelt werden sollte, wäre die tatsächliche Hauptfunktion „Erzeugen von Licht.“. Oft ist es notwendig mehrere unterschiedliche Funktionen in ein Gerät zu kombinieren, da es einzelne Funktionen gibt, welche alleine nicht sinnvoll sind (siehe folgendes Beispiel 1), bzw. das Funktionsspektrum des Gerätes für den Nutzer interessanter macht. Diese Funktionen sollten so formuliert und kombiniert werden, dass eine tatsächliche Hauptfunktion beschrieben wird (siehe Beispiel 1), welche das tatsächliche Verhalten des Gerätes für den Nutzer beschreibt. Es sollte stets vermieden werden, die vorhandenen Funktionen als eine Liste an Hauptfunktionen zu beschreiben (der aktuelle Standard in der Produktentwicklung), da dies für den Eintritt des Stand-by-Betriebes hinderlich ist. Dieser ist so definiert, dass ein Wechsel erst eintreten muss, wenn keine Hauptfunktion ausgeführt wird. Was sinnvoll ist, da während der aktiven Nutzung

kein Stand-by-Betrieb erwünscht ist. Jedoch kann es vorkommen, dass Geräte mehrere tatsächliche Hauptfunktionen haben, welche sich nicht kombinieren lassen (siehe Beispiel 2) und eine tatsächliche Hauptfunktionsliste unumgänglich wäre. Je mehr Funktionen in ein Gerät integriert werden, desto schwieriger ist es, die tatsächliche Hauptfunktion zu beschreiben. Weiters muss berücksichtigt werden, dass eine aktive Hauptfunktion den Stand-by-Betrieb beenden kann. Somit muss dies ebenfalls sinngemäß in der tatsächlichen Hauptfunktionsbeschreibung inkludiert werden. Da sonst keine oder eine falsche Reaktivierung stattfindet (siehe Beispiel 2).

Beispiel 1:

Ein Modem mit Router- und Switchfunktionen soll entwickelt werden. Die drei Funktionen dieses Gerätes sind: „Verbinden mit dem Internet“ (Modem), „Erzeugen, Erhalt und Verwalten einer „Wi-Fi“-Funkblase“ (Router) und „Erzeugen, Erhalt und Verwalten eines „Ethernet“-Netzwerkes“ (Switch). Wären alle drei Funktionen Hauptfunktionen dürfte das Gerät erst in einen Stand-by-Betrieb wechseln, wenn keine der drei mehr ausgeführt wird. Jedoch, wenn man das tatsächliche Verhalten des Gerätes für den Nutzer begutachtet, soll das Modem mit Router- und Switchfunktionen folgende Funktion eigentlich tätigen „Die netzwerkfähigen Geräte im Haushalt mit dem Internet verbinden.“ Wenn man nun diese Funktion als tatsächliche Hauptfunktion für das Modem mit Router- und Switchfunktionen kann das Gerät folgend in den Stand-by-Betrieb wechseln.

- Wenn die Verbindung zum Internet unterbrochen wird.
- Wenn kein Gerät mit dem Netzwerk verbunden ist.

Das würde voraussetzen, dass das Gerät so gestaltet wird, dass es erkennt, wenn kein Gerät verbunden ist. Nun könnte man sagen, dass es nicht sinnvoll ist ein Modem mit Router- und Switchfunktionen in den Stand-by-Betrieb zu versetzen,

wenn kein Gerät verbunden ist, da jederzeit ein Gerät verbunden werden könnte. Prinzipiell stimmt diese Aussage, jedoch würde dies die tatsächliche Hauptfunktion wieder aktivieren und somit den Stand-by-Betrieb beenden.

Falls noch zusätzlich erwünscht ist, dass nicht nur eine Vernetzung mit dem Internet stattfindet, sondern auch eine Vernetzung der verbundenen Geräte untereinander, würde sich die tatsächliche Hauptfunktion folgend verändern „Die netzwerkfähigen Geräte im Haushalt miteinander und mit dem Internet verbinden.“ Dies würde die Möglichkeiten des Stand-by-Betriebes auf folgende Szenarien verändern.

- Wenn die Verbindung zum Internet unterbrochen wird und nur ein Gerät in den möglichen Netzwerken vorhanden ist.
- Wenn kein Gerät mit dem Netzwerk verbunden ist.

Wichtig zu erwähnen ist, dass die tatsächliche Hauptfunktion nicht voraussetzt, dass alle Funktionen des Gerätes im Betrieb aktiv sind. Solange die tatsächliche Hauptfunktion ausgeführt wird, sollten alle anderen nichtbenutzten Funktionen des Gerätes deaktiviert werden. Zum Beispiel falls kein Gerät per „Wi-Fi“ verbunden ist, sollte das „Wi-Fi“-Modul deaktiviert sein. Mit der Hauptfunktionsliste, würde das „Wi-Fi“-selbst wenn kein Gerät verbunden ist, aktiv bleiben. Da die Funktion nur das Generieren, Erhalten und Verwalten der Funkblase beinhaltet.

Beispiel 2:

Ein Leuchtkörper, welcher eine Musikausgabe integriert hat, soll gestaltet werden. Die Hauptfunktionen dieses Gerätes sind „Erzeugen von Licht“ (Leuchtkörper) und „Erzeugen von Ton“ (Musikbox). Wenn man nach dem vorher beschriebenen Muster versuchen würde, diese zwei Funktionen in eine tatsächliche Hauptfunktion zu kombinieren, wäre das Ergebnis nicht sinngemäß dem Gerät. Zum Beispiel „Unterhalten des Nutzers?“ Dies würde voraussetzen, dass Ton und Licht nur

gemeinsam aktiv sind (z.B. Diskodeckenbeleuchtung). Der Stand-by-Betrieb würde aktiviert werden,

- Wenn keine Musik und keine Beleuchtung ausgeführt werden.

Prinzipiell stimmt dies, jedoch würde es auch voraussetzen, dass der Stand-by-Betrieb erst beendet wird,

- Wenn Licht und Ton aktiviert werden.

Tatsächlich möchte man das Gerät reaktivieren können, wenn entweder das Licht benötigt wird, oder man Musik hören möchte. Somit ist eine zusammenfassende tatsächliche Hauptfunktion nicht möglich und man muss auf die Hauptfunktionsliste zurückgreifen. Nur durch Trennen der tatsächlichen Hauptfunktionen ist es für diese Beispiel möglich, dass Geräte bestimmungsgemäß aus dem Stand-by-Betrieb zu reaktivieren.

Je mehr Funktionen in einem Gerät integriert werden, desto schwieriger ist es eine tatsächliche Hauptfunktion zu finden, besonders, wenn diese keinen Zusammenhang in der Tätigkeit besitzen (siehe Beispiel 2). Jedoch wenn man eine tatsächliche Hauptfunktionsliste verwendet, sollten alle Funktionen, wenn möglich, auf so wenige tatsächliche Hauptfunktionen wie möglich reduziert werden.

Folgend ist es wichtig, die Formulierung der tatsächlichen Hauptfunktion genau zu überlegen und wie ein Gerät im Haushalt genutzt wird, da dies beeinflusst, wann und wie schnell der Übergang in und aus dem Stand-by-Betrieb stattfindet.

7.2 Bestimmung der technischen Kriterien

7.2.1 Verbindungsart richtig wählen

Aufgrund der Beschreibung in Kapitel 2.2 gibt es mehrere unterschiedliche Verbindungsarten zur Vernetzung von Geräten in Haushalten zur Auswahl. Alle beschriebenen Verbindungsarten besitzen individuelle Aspekte, welche je nach vorhandenem Verwendungsszenario Vor- oder Nachteile wären. Um die richtige Entscheidung zu treffen, welche Verbindungsart gewählt werden soll muss vorab eine Frage geklärt werden.

- Ist das zu entwickelnde Gerät Teil eines Heimnetzwerkes oder Smart-Systems?

Der Unterschied zwischen Heimnetzwerk und Smart-System liegt darin, dass ein Heimnetzwerkgerät im allgemeinen Heimnetzwerk „Wi-Fi“ oder „Ethernet“ aktiv ist. Die eigentliche Nutzung ist die Verwendung des Internets oder der Datenaustausch großer Datenpakete innerhalb des Netzwerkes. Der Datenaustausch findet immer über einen Router oder Switch statt. Kein Gerät ist direkt mit einem anderen verbunden. (z.B. Netzwerkdrucker, PC, Spielekonsole, etc.) Ein Smart-Gerät ist Teil eines Smart-Systems. Ein Smart-System hat keine direkte Verbindung zum Internet, sondern kann nur eine Verbindung über ein Heimnetzwerk erstellen. Dabei findet eine permanente Kommunikation und Verbindung aller vorhandenen Geräte statt. Die Datenpakete sind klein und beinhalten größtenteils nur Ein- / Ausbefehle. Smart-Systeme nutzen eigene Netzwerke, um einen Datenstau im Heimnetzwerk zu verhindern, bzw. bilden sie Mesh-Netzwerke, um die Reichweite zu erhöhen und eine direkte Verbindung zwischen den Geräten zu erstellen. Die Schnittstelle zwischen dem Heimnetzwerk und dem Smart-System bilden Gateways.

Die Beschreibung der tatsächlichen Hauptfunktion hilft das Gerät richtig zu zuordnen (z.B. Beispiel 1 Modem mit Router- und Switchfunktion ist eindeutig ein Heimnetzwerkgerät.) Falls nicht klar ist für welche Netzwerkart das Gerät verwendet werden soll, unterliegt dies frei dem Entwickler. (z.B. Beispiel 2 Leuchtkörper kann entweder direkt in das „Wi-Fi“ eingebunden werden oder kann Teil eines Smart-Systems sein.)

Im Bezug auf Energieverbrauch kabelloser Verbindungsarten sollte, das Netzwerkmodul so gewählt werden, dass die maximale Reichweite, so gering wie möglich gehalten wird bzw. vom Nutzer einstellbar wäre. Da je größer die generierte Funkblase ist, mehr Energie zur Erhaltung benötigt wird.

Je nach den erwünschten Merkmalen der Verbindung, sollte aufgrund der Vorauswahl der Netzwerkart, welche vorher beschrieben wurde, nach Tab.18 aus Kapitel 6.3 oder wenn eine genauere Beschreibung benötigt wird, nach Kapitel 2.2.3 und Kapitel 5.1 gewählt werden.

7.2.2 Energieversorgung, -verbrauch und deren gesetzlichen Anforderungen

Die Art der Energieversorgung spielt eine Rolle bezüglich der gesetzlichen Anforderungen. Je nach Versorgungsart sind unterschiedliche Richtlinien gültig. Als zweites Auswahlkriterium, welche Vorgaben gültig sind, gilt die Hauptfunktion des Gerätes. Aus Erkenntnis der Marktanalyse werden für Smart-System-Geräte oft externe Niederspannungsnetzteile verwendet. Durch die geringe Spannung (<6V) fällt die mögliche Leistung und somit der Energieverbrauch gegenüber Geräten, welche andere Netzteile verwenden sehr gering aus (Faktor 5 im Vergleich von

Smart-Home-Basissystemen und Modems mit Router- und Switchfunktionen, beide tätigen „HiNA“-Funktionen).

Deshalb wird empfohlen Geräte so zu gestalten, dass die Betriebsspannung kleiner 6V ist, und somit externe Niederspannungsnetzteile verwendet werden kann. Auch wenn keine gesetzlichen Anforderung bezüglich Energieverbrauch an das Gerät gestellt werden, welche externe Niederspannungsnetzteile verwenden, sondern nur an das Netzteil selbst, sollten Stand-by-Betriebe und Energiesparfunktionen inkludiert werden, damit die Einheit Gerät-Netzteil so energieeffizient wie möglich ist. Richtwerte für diese möglichen Verbrauchsgrenzwerte sind in Kapitel 6.4 beschrieben.

Falls die benötigte Leistung des Gerätes eine höhere Betriebsspannung voraussetzt, sollten die gesetzlichen Anforderungen nur als Mindestanforderung angesehen werden und ein Produkt entwickelt werden, welches bestmögliche Energieeffizienz aufweist. Die aktuell gültigen gesetzlichen Anforderungen und optimierten Richtwerte sind in Kapitel 6.4 beschrieben. Falls eine genauere Beschreibung der gesetzlichen Anforderungen benötigt wird, können diese in Kapitel 4.1 oder in der EU-Richtlinie selbst [15] ausgelesen werden.

Wichtig zu beachten ist, dass nicht alle Geräte in Haushalten von EU Richtlinie 1275/2008 [14] mit der Erweiterung EU Verordnung 801/2013 [15] abgedeckt sind. Deshalb wird eine genaue gesetzliche Recherche bezüglich des zu entwickelnden Produktes empfohlen.

Die Wahl der Energieversorgung ist wichtig, da diese entscheidet, welche gesetzlichen Anforderungen für das zu entwickelnde Gerät gelten. Es wird empfohlen externe Niederspannungsnetzteile zu verwenden, da der

Energieverbrauch für Geräte, welche mit diesen energieverorgt werden, sehr gering ausfällt. Die gesetzlichen Anforderungen sollten stets als Minimalanforderungen betrachtet werden und das Gerät so energieeffizient wie möglich entwickelt werden.

7.2.3 Nutzerverhalten und der Stand-by-Betrieb

Wie in Kapitel 2.1 definiert, gibt es unterschiedliche Arten des Stand-by-Betriebes. Der einzige Unterschied dieser ist, welche Funktionen im Stand-by-Betrieb ausgeführt werden dürfen und welche Arten der Reaktivierung verwendet werden können. Um den Energieverbrauch im Stand-by-Betrieb so gering wie möglich zu halten, sollte man den Stand-by-Betrieb prinzipiell vermeiden und eine komplett Ausschaltung des Gerätes bei Nichtbenutzung anstreben. Falls dies nicht möglich ist, sollte man stets das Nutzerverhalten berücksichtigen. Das Stand-by-Nutzerverhalten für das zu entwickelnde Gerät definiert sich durch die Art wie der Nutzer das Gerät reaktivieren möchte. Je nach Art des Reaktivierungsbefehles kann der passende Stand-by-Betrieb integriert werden. Zum Beispiel einen Fernseher über ein Smartphone zu steuern ist nicht sinnvoll, da stets eine Fernbedienung vorhanden ist und eine Reaktivierung meistens nur stattfindet, wenn sich der Nutzer im selben Raum wie das Gerät befindet. Somit ist ein vernetzter Stand-by-Betrieb überflüssig. Ein Smart-Leuchtkörper wird per Smartphone gesteuert, da keine andere Möglichkeit der Reaktivierung vorhanden ist. Ein vernetzter Stand-by-Betrieb ist sinnvoll.

Weiters sollte dem Nutzer ermöglicht werden, das Gerät und dessen Stand-by-Verhalten individuell an seine Nutzung anzupassen. Dies ermöglicht es, das zu entwickelnde Gerät so energiesparsam wie möglich zu gestalten. Zum Beispiel sollte der Nutzer Art und Reaktivierungsmöglichkeiten des Stand-by-Betriebes für Zeitspannen einstellen können. Somit können bestimmte Funktionen / Bauteile deaktiviert werden. Zum Beispiel könnte über Nacht anstelle eines vernetzten

Betriebes ein Aus-Zustand, welcher energieeffizienter ist, eingeleitet werden. Eine Sammlung möglicher Energiesparfunktionen sind in Kapitel 6.2 beschrieben.

Das Nutzerverhalten bestimmt, welche Reaktivierungsfunktionen für das Gerät benötigt werden und infolgedessen welche Stand-by-Arten inkludiert werden müssen. Durch zusätzliche Energiesparfunktionen kann der Stand-by-Betrieb an das Nutzerverhalten individuell angepasst werden, um den Stand-by-Energieverbrauch so gering wie möglich zu halten.

7.3 Schnellübersicht zur Produktentwicklung von vernetzen Geräten mit minimalem Stand-by-Verbrauch

Prinzipiell soll Stand-by-Betrieb vermieden werden. Falls dies nicht möglich ist, dienen die folgenden Fragestellungen als ein Tool zur schnellen Übersicht der Anhaltspunkte zur Entwicklung vernetzter Geräte mit minimalem Stand-by-Energieverbrauch.

Was ist die tatsächliche Hauptfunktion?

Die tatsächliche Hauptfunktion des zu entwickelnden Gerätes ist mit dem Stand-by-Betrieb verknüpft. Kapitel 7.1 beschreibt, wie man die tatsächliche Hauptfunktion, nach der tatsächlichen Tätigkeit des Gerätes im Haushalt beschreibt. Ziel ist es, eine schnellere Überführung und Reaktivierung in und aus dem Stand-by-Betrieb zu ermöglichen.

Welche Verbindungsart ist zu wählen?

Die Verbindungsart für das zu entwickelnde Gerät wird durch die Bildung eines Kompromisses aus den technischen Aspekten und der Energieeffizienz gewählt. Kapitel 7.2.1 beschreibt die Wahl des Einsatzgebietes, in Kapitel 6.3 Tab.18 sind die technischen Aspekte jeder möglichen Verbindungsart angeführt und in Kapitel 5.1 wird die Energieeffizienz jeder Verbindungsart beschrieben. Ziel ist es, die Verbindungsart für das zu entwickelnde Gerät so zu wählen, dass ein optimaler Kompromiss mit minimalem Stand-by-Energieverbrauch entsteht.

Wie beeinflusst das Nutzerverhalten den Stand-by-Betrieb?

Das Nutzerverhalten bestimmt, welche Funktionen im Stand-by-Betrieb aktiv sind und welche Reaktivierungsfunktionen diesen beenden können. Kapitel 6.2 beschreibt, welche zusätzlichen Energiesparfunktionen integriert werden können, um den Stand-by-Betrieb an das Nutzerverhalten anzupassen, in Kapitel 6.1 ist der Zusammenhang der Stand-by-Betriebsarten und den Reaktivierungsfunktionen angeführt und Kapitel 7.2.3 beschreibt die Wahl der Reaktivierungsfunktionen nach dem Nutzerverhalten. Ziel ist es, den Stand-by-Energieverbrauch, durch Anpassung des Stand-by-Betriebes an das Nutzerverhalten, zu minimieren.

8 Ausblick dieser Arbeit

Durch das Voranschreiten des Vernetzungstrends steigt der Energieverbrauch der Haushalte stetig an. Da der Trend sich in der Anfangsphase befindet ist nicht absehbar, um wie viel der Verbrauch über die nächsten Jahre tatsächlich ansteigt. Jedoch um diese Zunahme im Verbrauch abzufedern, sollten vernetzte Geräte so gestaltet werden, dass diese über den gesamten Lebenszyklus möglichst ressourcen- und energieeffizient sind.

Um ein vernetztes Gerät mit minimalem Stand-by-Energieverbrauch zu gestalten, sollte die Hauptfunktion nach dem tatsächlichen Aufgabengebiet im Haushalt definiert werden, da dies eine schnellere Überführung in den Stand-by-Betrieb ermöglicht. Weiters sollten im Stand-by-Betrieb zusätzliche Energiesparfunktionen, welche aus Analyse der untersuchten Geräte und deren Energieverbrauchsmessungen bestimmt wurden, integriert werden, welche vom Nutzer individuell einstellbar sind und somit an sein Nutzungsverhalten anpassbar sind. Dies ermöglicht den Stand-by-Betrieb so energieeffizient wie möglich zu gestalten. Die gesetzlichen Anforderungen sollten als Minimalanforderung betrachtet werden, da diese, aufgrund der Resultate von 107 Energieverbrauchsmessungen von 33 aktuellen Geräten (Stand 2018-2019), mittlerweile anpassbar wären.

Mit dieser Arbeit soll ein Beitrag geleistet werden, um ein höheres Maß an Klimawandel- und Energiebewusstsein zu schaffen. Dass die Politik durch diese Arbeit die Notwendigkeit einer Anpassung der gesetzlichen Grundlage wahrnimmt und somit die Industrie gezwungen wird, über den ganzen Lebenszyklus eines Produktes diese so energieeffizient wie möglich zu gestalten.

Weiters besteht die Möglichkeit, durch Bildung einer Übersichtsgrundlage, durch Analyse des momentanen Fortschrittes des Vernetzungstrends und dem Stand der momentanen Technologie, dass diese Arbeit bei Produktentwicklern Anklang findet und die Gestaltungsrichtlinie zur Optimierung und Neuentwicklung vernetzter Geräte tatsächlich verwendet wird.

Quellenverzeichnis

- [1] Technische Universität Wien LVA 307.440 Ecodesign Seminar
- [2] <https://www.leifiphysik.de/waermelehre/wetter-und-klima/treibhauseffekt>
- [3] <https://klima-kollekte.at/de/info/nat%C3%BCrlicher-und-anthropogener-treibhauseffekt>
- [4] <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/wissen/>
- [5] <https://www.global2000.at/globale-auswirkungen-des-klimawandels>
- [6] <https://www.global2000.at/klimawandel-oesterreich>
- [7] <https://www.global2000.at/themen/klimawandel>
- [8] <http://www.gletscherarchiv.de/klimawandel/>
- [9] <http://www.energie.ch/verbrennung>
- [10] Bildnummer: 11-202063-pasterze-2016 © Sammlung Gesellschaft für ökologische Forschung / Wolfgang Zängl
- [11] <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3283.pdf>
- [12] https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de
- [13] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/2030-energy-strategy>
- [14] EU Richtlinie 1275/2008
ohne Erweiterungen:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32008R1275>
alle Erweiterungen integriert:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:02008R1275-20170109>
- [15] EU Verordnung 801/2013
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0801>

-
- [16] <https://www.ce-richtlinien.eu/oekodesign-richtlinie/>
- [17] EU Richtlinie 2009/125/EG
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32009L0125>
- [18] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0904021.htm>
- [19] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/1404201.htm>
- [20] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0803301.htm>
- [21] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/2210201.htm>
- [22] <https://www.hardwareluxx.de/index.php/artikel/hardware/netzwerk/43597-wie-funktioniert-eigentlich-ein-mesh-netzwerk.html>
- [23] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0610051.htm>
- [24] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/2212041.htm>
- [25] <https://www.the-ambient.com/guides/zigbee-devices-complete-guide-277>
- [26] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/2212051.htm>
- [27] <https://www.the-ambient.com/guides/zwave-z-wave-smart-home-guide-281>
- [28] <http://www.kabelloses.net/funkstandards/z-wave/>
- [29] http://www.testequipmentdepot.com/unisource/pdf/hpm100a_datasheet.pdf
- [30] <https://www.unitymedia.de/content/dam/dcomm-unitymedia-de/hilfe---service/pdf/WLAN-Router/ubee-eww3226-installationsanleitung.pdf>
- [31] <https://www.overclockers.at/attachment.php?attachmentid=209838&fullpage=1>
- [32] <https://at.avm.de/produkte/fritzbox/fritzbox-6490-cable/>
- [33] <https://www.brother.at/drucker/tintengerate/mfc-j4420dw>
- [34] https://download.brother.com/welcome/doc100654/cv_mfcJ4620dw_mlt_doc_06.pdf
- [35] <https://www.amazon.de/RICOH-220SNw-Seiten-Papierkassette-Bypass/dp/B01N3ACA3Y>

- [36] <https://www.epson.at/products/printers/inkjet-printers/for-home/expression-home-xp-322?productfinder=xp322#images>
- [37] EU Verordnung 642/2009
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32009R0642>
- [38] <https://geizhals.at/sony-playstation-4-1-tb-schwarz-verschiedene-bundles-a1294053.html>
- [39] <https://geizhals.at/sony-playstation-4-pro-1-tb-schwarz-a1504582.html>
- [40] <https://www.xbox.com/de-AT/xbox-one-s?xr=shellnav>
- [41] Verordnung (EG) Nr. 278/2009
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32009R0278>
- [42] https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Global/Meethue/ODLI20171406-UPD-en_AA-DOC-Philips-Hue-bridge.pdf
- [43] EU Verordnung 1194/2012
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32012R1194>
- [44] https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Global/Meethue/ODLI20170606-UPD-en_AA-DOC-Philips-Hue-white-extension-A19-Bulb.pdf
- [45] http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/022680.html
- [46] http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/informationgesellschaft/ikt-einsatz_in_haushalten/022213.html
- [47] https://www.enu.at/windenergiehttps://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY%5b0%5d=1147

Abbildungsverzeichnis

Abb.1 Globale Energiekonsumation [1].....	5
Abb.2 CE-Kennzeichen [17].....	8
Abb.3 Lebenszyklus eines Produktes [1]	9
Abb.4 Reaktivierung Stand-by	14
Abb.5 Vernetzte Stand-by-Reaktivierung	16
Abb.6 Prinzipskizze Mesh-Netzwerk.....	20
Abb.7 Prinzipskizze Wi-Fi.....	22
Abb.8 Gerätetypenauswahlverfahren	27
Abb.9 Messgerät Wattman HPM 100A	32
Abb.10 Aufbau einer Messung.....	33
Abb.11 Modem Ubee EVW 3226 [30].....	43
Abb.12 Modem UPC Connectbox [31]	44
Abb.13 Modem FRITZ!Box 6490 Cable [32].....	46
Abb.14 Netzwerkdrucker Brother MFC-J4420DW [33].....	52
Abb.15 Netzwerkdrucker RICOH SP 220SNw [35].....	54
Abb.16 Netzwerkdrucker Epson XP-322 [36].....	55
Abb.17 Spielekonsole Playstation 4 [38].....	61
Abb.18 Spielekonsole Playstation 4 Pro [39]	63
Abb.19 Spielekonsole Xbox One S [40].....	65
Abb.20 Smart-Home-Basissystem Philips HUE Bridge.....	71

Abb.21 Smart-Home-Basissystem IKEA TRÅDFRI Gateway.....	72
Abb.22 Smart-Home-Basisystem Homee Brain ZigBee.....	74
Abb.23 Smart-Home-Basisystem Vera Edge.....	75
Abb.24 Smart-Home-Basisystem devolo Home Control	77
Abb.25 Smart-Home-Basisystem Homee Brain Z-Wave.....	79
Abb.26 Smart-Leuchtkörper Lyasi Wi-Fi Smart Bulb.....	85
Abb.27 Smart-Leuchtkörper Eufy Lumos White	86
Abb.28 Smart-Leuchtkörper Revogi Smart Bulb.....	87
Abb.29 Smart-Leuchtkörper Minger	88
Abb.30 Smart-Leuchtkörper Philips HUE White	89
Abb.31 Smart-Leuchtkörper IKEA TRÅDFRI LED	90
Abb.32 Smart-Leuchtkörper Aotec LED	92
Abb.33 Smart-Leuchtkörper Domitech ZBulb	93
Abb.34 Smart-Schukozwischenstecker Amazon Smart Plug.....	99
Abb.35 Smart-Schukozwischenstecker AISIRER Smart Plug.....	100
Abb.36 Smart-Schukozwischenstecker Revogi Smart plug.....	102
Abb.37 Smart-Schukozwischenstecker Awox Smart Plug.....	103
Abb.38 Smart-Schukozwischenstecker IKEA TRÅDFRI Steckdose	104
Abb.39 Smart-Schukozwischenstecker Osram Smart+.....	106
Abb.40 Smart-Schukozwischenstecker devolo Homecontrol Schaltsteckdose	107
Abb.41 Smart-Schukozwischenstecker Everspring Mini	109
Abb.42 Smart-Basis-Station Amazon Echo Dot.....	115

Abb.43 Smart-Basis-Station Google Home Mini	116
---	-----

Tabellenverzeichnis

Tab.1 Vergleich der Verbindungsarten.....	24
Tab.2 Daten Wattman HPM 100A	32
Tab.3 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Modems mit Router- und Switchfunktionen.....	47
Tab.4 Vergleich Verbindungsarten Modems mit Router- und Switchfunktionen	48
Tab.5 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Netzwerkdrucker	58
Tab.6 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Spielekonsolen ..	67
Tab.7 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart-Home- Basissysteme.....	81
Tab.8 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart- Leuchtkörper.....	95
Tab.9 Verbindungsartenvergleich Smart-Leuchtkörper	96
Tab.10 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart- Schukozwischenstecker	111
Tab.11 Verbindungsartenvergleich Smart-Schukozwischenstecker.....	112
Tab.12 Zusammenfassung der Stand-by-Verbrauchsmessungen der Smart-Basis- Stationen	118
Tab.13 Ranking der Verbindungsarten gerätetypenspezifisch auf Verbrauch bezogen	121
Tab.14 Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen der untersuchten „HiNA“-Geräte	125
Tab.15 Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen der untersuchten „LoNA“-Geräte	127

Tab.16 Einhaltung der gesetzlichen Auflagen der untersuchten Smart-Leuchtkörper	129
Tab.17 Einhaltung der gesetzlichen Auflagen der untersuchten Geräte mit externen Niederspannungsnetzteilen	130
Tab.18 Vergleich möglicher Verbindungsarten für heimnetzwerkfähige Produkte.....	139
Tab.19 Stand-by-Energieverbrauch pro Tag eines vernetzten Haushaltes.....	144
Tab.20 Stand-by-Energieverbrauch pro Tag eines vernetzten Haushaltes.....	147
Tab.21 Vergleich des Energieverbrauches der unterschiedlichen Haushalte	148
Tab.22 Energieverbrauch der Haushalte auf Österreich bezogen.....	149