

Analyse des Stromverbrauches in Haushalten mit Mustererkennung (Eine mögliche Anwendung für Smart Meter)

Diplomarbeit



Institut für Elektrische Anlagen
Technische Universität Graz

Betreuer

Dipl.-Ing. Dr.techn. Ernst Schmautzer
Dipl.-Ing. Christian Elbe

Vorgelegt von
Thomas Mallits

Institutsleiter: Univ.-Prof. DI Dr.techn. Lothar Fickert

A - 8010 Graz, Inffeldgasse 18-I
Telefon: (+43 316) 873 – 7551
Telefax: (+43 316) 873 – 7553
<http://www.ifea.tugraz.at>
<http://www.tugraz.at>

Graz / April - 2011



Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während meines Studiums sowohl finanziell als auch moralisch unterstützt haben. Besonderer Dank gilt hierbei meiner Mutter, meinen Geschwistern, meiner Freundin Elisabeth und auch meinem während des Studiums verstorbenen Vater.

Vielmals bedanken möchte ich mich bei meinen Betreuern Herrn DI Dr. Ernst Schmutzer und DI Christian Elbe für die Unterstützung und die Begleitung bei der Erstellung der Arbeit, sowie allen Mitarbeitern des gesamten Institutes für Elektrische Anlagen, welche mir jederzeit mit Rat und Tat beistanden.

Weiterer Dank gilt all jenen Personen, welche es mir ermöglichten, die notwendigen Messungen in ihren Haushalten vorzunehmen, besonders für die sorgfältige Führung des Gerätetagebuches.

Auch gilt mein Dank all meinen Studienfreunden, besonders Hakan, und all jenen, die sich für meinen studentischen Fortschritt interessiert haben.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Kurzfassung

In Zeiten ständig steigenden Stromverbrauchs und Energiekosten erlangt das Thema Energiesparen immer mehr an Bedeutung. Speziell im Bereich privater Haushalte ist das Bedürfnis Energie zu sparen zwar vorhanden, wird jedoch aufgrund von fehlendem Wissen oft in den falschen Bereichen (Thema Licht) vorrangig betrieben. Die Europäische Kommission hat dies erkannt und schreibt in der Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie die Einführung von individuellen Zählern vor, um den Endkunden mehr Transparenz über deren aktuellen bzw. zeitnahen Energieverbrauch zu liefern. Energieversorger tauschen hierfür den Ferraris-Zähler durch digitale Stromzähler, sogenannte Smart Meter.

Basierend auf den technischen Möglichkeiten von digitalen Zählern wird in dieser Arbeit untersucht, welche Potenziale in der Analyse von Lastgangsdaten stecken. Hierfür wurden die Lastgänge von fünf ausgewählten Haushalten messtechnisch erfasst. Basierend auf den Daten erfolgte die Umsetzung einer automatisierten Geräteerkennung, um die Möglichkeiten, die Probleme und die Grenzen der Datennutzbarkeit aufzuzeigen. Das Ergebnis dieser Arbeit hat gezeigt, dass durchschnittlich zwischen 53% und 71% des Gesamtstromverbrauches der untersuchten Haushalte den jeweiligen Stromverbrauchskategorien zugeordnet werden können.

Abstract

In times of increasing electrical power consumption and energy costs, energy saving becomes increasingly important. Especially in the residential sector appears the need to save energy in time, but through lack of knowledge energy saving is often done in wrong areas (e.g. light). The European Commission has realized these problems and is going to introduce individual meters by means of the energy efficiency and energy services directive, to deliver customers more transparency about their actual energy consumption. In consequence energy providers replace the Ferraris meters with digital meters, called smart meters.

Based on the technical possibilities of digital meters this study reviews the potentials in the analysis of load profiles. For this the load profiles of five selected households are measured and investigated in the following. Based on the data a simple device detection was developed to show the possibilities and problems in the usability of the data. The result of this work has shown that on average between 53% and 71% of the total power consumption can be assigned to the respective power consumption categories.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Vorbemerkungen	9
1.2	Energetischer Endverbrauch in Österreich	9
1.3	Smart Meter Ausbau	12
1.3.1	Smart Meter Ausbauprojekte in Europa	12
1.3.2	Smart Meter Ausbauprojekte in Österreich	13
1.4	Funktionsumfang von Smart Metern	14
1.5	Resultierende Aufgabenstellung	16
2	Projekte, Richtlinien und Gesetze	17
2.1	Richtlinien	17
2.2	Literatur zur Lastganganalyse (engl.: Nonintrusive Load Monitoring)	17
2.3	Alternativprojekt zu Smart Metern	18
3	Übersicht über die gemessenen Haushalte	20
3.1	Einleitung	20
3.2	Informationen zu den Haushalten	20
3.2.1	Objektdaten	20
3.2.2	Informationen zu den Personen im Haushalt	21
3.2.3	Anwesenheit	22
3.2.4	Geräteausstattung	23
3.2.5	Verwendungshäufigkeit einzelner Geräte	25
3.2.6	Energieverbrauch	26
3.2.7	Durchschnittlicher Energieverbrauch	27
3.2.8	Durchschnittlicher Tageslastgang	28
4	Messkonzept	29
4.1	Allgemein	29

4.2	Vorbereitung und Durchführung der Messung	29
4.3	Messaufbau	31
4.3.1	Bilder von Messaufbauten	31
4.4	Messgeräte.....	36
4.4.1	ELOG 550 bzw. ELOG 570.....	36
4.4.2	Wattman HPM-100A.....	41
5	Lastgänge ausgewählter Geräte	43
5.1	Begriffserklärung	44
5.2	Lastgänge E-Herd.....	45
5.2.1	Lastgänge E-Herd mit 7-Takt-Schaltung	45
5.2.2	Lastgänge E-Herd mit Energieregler.....	46
5.3	Lastgänge Waschmaschine	48
5.3.1	Hauptwaschphase	49
5.3.2	Spülphase	50
5.3.3	Schleuderphase.....	51
5.4	Lastgänge Geschirrspüler.....	51
5.5	Lastgänge Mikrowelle	53
5.6	Lastgänge Kühlschrank	54
5.7	Lastgänge Schaltnetzteile.....	55
6	Algorithmen zur Erkennung ausgewählter Elektrogeräte.....	57
6.1	Grundlegendes für die automatische Erkennung inkl. umgesetzter Funktionen	57
6.1.1	Leistungsnormierung zur Berücksichtigung von Spannungsschwankungen ...	57
6.1.2	Filterung	58
6.1.3	Flanken-/Impuls-/Impulsperiodenerkennung	62
6.1.4	Impulsgruppenerkennung	64
6.1.5	Energieermittlung	65
6.2	Erkennung ausgewählter Elektrogeräte	65
6.2.1	Erkennung eines E-Herdes mit Energieregler	66

6.2.2	Erkennung einer Waschmaschine	70
6.2.3	Erkennung eines Geschirrspülers.....	76
6.2.4	Erkennung eines Kühlschranks.....	79
7	Zusammenfassung	82
7.1	Gesamterkennungserfolg der einzelnen Geräte.....	82
7.2	Erkennungshäufigkeit	83
7.2.1	Erkennungshäufigkeit E-Herd	83
7.2.2	Erkennungshäufigkeit Waschmaschine	85
7.2.3	Erkennungshäufigkeit Geschirrspüler	86
7.2.4	Erkennungshäufigkeit Kühlschrank.....	86
7.3	Verteilung des Stromverbrauchs nach Verbrauchskategorien.....	87
7.4	Abschätzung der Erkennungspotenziale.....	90
8	Diskussion.....	92
8.1	Ausblick	92
8.1.1	Verbesserung und Erweiterung des Algorithmus	92
8.1.2	Untersuchung weiterer Haushalte.....	93
8.1.3	Ermittlung der Lastgangsdaten mit Hilfe von Smart Metern	93
8.1.4	Verwendung der ermittelten Daten	94
9	Literatur	95
10	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	97
10.1	Abbildungen.....	97
10.2	Tabellen.....	99
11	Anhang.....	100
11.1	Mathematischer Hintergrund Dewesoft.....	100
11.2	Berechnung der Messunsicherheit.....	102
11.3	Tabellen der Energieerkennung von einzelnen Geräten	104

11.3.1	Energieerkennung E-Herde	104
11.3.2	Energieerkennung Waschmaschinen	105
11.3.3	Energieerkennung Geschirrspüler	106
11.3.4	Impulsanzahlerkennung Kühlschränke	107
11.4	Tabellen der Stromverbrauchsverteilung	108
11.5	Formulare	110
11.5.1	Übersichtsformular.....	110
11.5.2	Geräteausstattung	111
11.5.3	Verteileranschlussliste	119
11.5.4	Gerätetagebuch 1	120
11.5.5	Gerätetagebuch 2.....	121

1 Einleitung

1.1 Vorbemerkungen

Durch den stetig steigenden Stromverbrauch und die steigenden Energiekosten wird unter Beachtung der aktuellen Klimaproblematiken der verantwortungsbewusste Umgang mit elektrischer Energie immer wichtiger.

Durch eine entsprechende Sensibilisierung der Menschen für dieses Thema kann ein erheblicher Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Für den Stromkunden resultiert aus der Einsparung an elektrischer Energie auch eine Einsparung in finanzieller Hinsicht. Weiters wird eine Entlastung der Stromnetze erzielt, was technische und finanzielle Vorteile bringt.

Die geplante Einführung von intelligenten digitalen Stromzählern (Smart Metern) eröffnet speziell dem Sektor „private Haushalte“ erstmals die Möglichkeit, durch die Aufzeichnung und Analyse des Lastgangs (Home Monitoring), großflächig jedem Kunden Informationen über dessen Stromverbrauch bereitzustellen.

All diese Faktoren machen eine wissenschaftliche Behandlung der Thematik sinnvoll und notwendig.

1.2 Energetischer Endverbrauch in Österreich

Der Sektor „private Haushalte“ trägt mit 28,4% zu einem wesentlichen Teil am österreichischen elektrischen Gesamtenergieverbrauch bei.

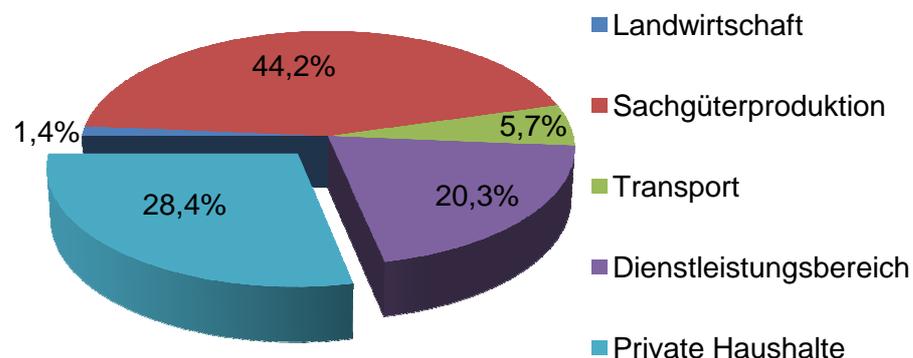


Abbildung 1.1: Elektrischer Gesamtenergieverbrauch Österreich [17]

Im Jahr 2009 betrug die Jahressumme des elektrischen Endenergieverbrauches im Sektor „private Haushalte“ 16,4 TWh [17]. Der durchschnittliche Jahresstromverbrauch, bezogen auf alle Haushalte, teilt sich in die folgenden Verbrauchskategorien auf:

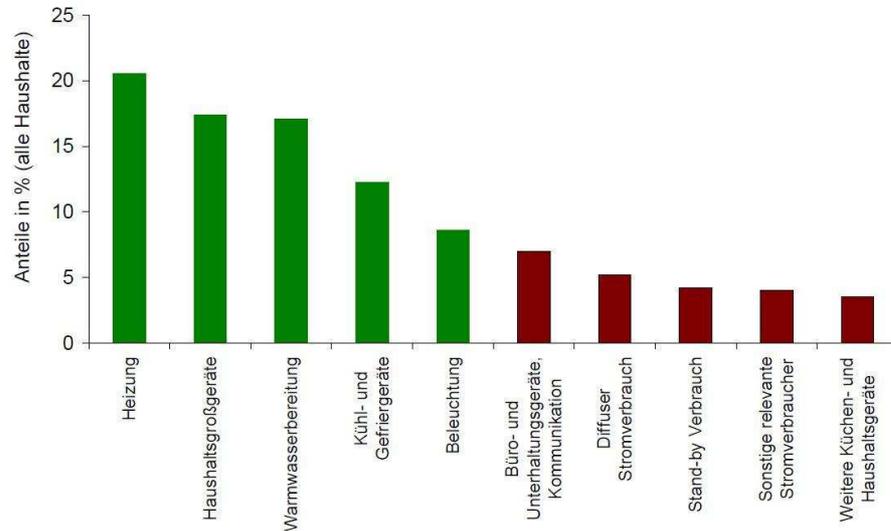


Abbildung 1.2: Durchschnittliche Stromverbrauchs aufteilung österr. Haushalte [18]

Der durchschnittliche Jahresstromverbrauch eines Haushaltes liegt bei 4417 kWh [19], wobei die ersten fünf Kategorien (einschließlich Beleuchtung) drei Viertel des Gesamtstromverbrauchs ausmachen.

Die einzelnen Verwendungskategorien beinhalten die auf der nächsten Seite angeführten Geräte:

	Alle Haushalte	Beitragende Haushalte	
	Mittelwert in kWh	Anzahl	Mittelwert in kWh
Stromverbrauch insgesamt (Zählerablesung)	4.417	3.548.352	4.417
Kühl- und Gefriergeräte			
Kühlgeräte	310	3.548.352	310
Gefriergeräte	232	2.104.174	391
Haushaltsgroßgeräte			
Herd, Backrohr	341	3.287.639	368
Waschmaschine	179	3.144.140	202
Wäschetrockner	71	840.484	301
Geschirrspüler	176	2.457.191	254
weitere Küchen- und Haushaltsgeräte	157	3.548.352	157
Kühl- und Klimageräte, Zusatzheizung			
Ventilatoren, Luftent- und Befeuchter, Klimageräte	4	397.422	33
Zusatzheizung	58	729.627	280
Büro- und Unterhaltungsgeräte, Kommunikation			
Bürogeräte (PC, Laptop & Co)	97	2.680.159	128
Unterhaltungsgeräte (Fernseher etc.)	184	3.514.068	186
Kommunikationsgeräte	28	1.942.356	51
sonstige relevante Energieverbraucher			
Ladegeräte	17	3.303.368	19
Sonstige relevante Stromverbraucher	100	2.870.881	124
Stand-by Verbrauch			
Bürogeräte (PC, Laptop & Co)	13	1.679.900	27
Unterhaltungsgeräte (Fernseher etc.)	128	3.036.530	150
Herd, Backrohr	15	1.308.080	41
Küchen- und Haushaltsgeräte	31	1.845.658	60
Beleuchtung	380	3.548.352	380
Warmwasserbereitung	756	1.423.228	1.884
Heizung			
Umwälzpumpe	237	2.092.954	402
Heizung inklusive Hilfsenergie	670	1.992.424	1.194
diffuser Stromverbrauch	231	-	-

1) „Alle Haushalte“ beinhaltet alle teilnehmenden Haushalte, unabhängig davon, ob sie tatsächlich Eintragungen in der entsprechenden Auswertungsposition hatten oder nicht.
2) "Beitragende Haushalte" beinhaltet jene Haushalte, die in der Erhebung tatsächlich Eintragungen zu der betreffenden Position gemacht haben.

Tabelle 1.1: durchschnittlicher Stromverbrauch österreichischer Haushalte [19]

1.3 Smart Meter Ausbau

1.3.1 Smart Meter Ausbauprojekte in Europa

In Europa gibt es unterschiedliche rechtliche Rahmenbedingungen für die einzelnen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union sowie den Staaten der Europäischen Freihandelsassoziation (EFTA). Aus diesem Grund variiert der Implementationsstand von Smart Metern in Europa.

In folgenden Ländern ist die Umsetzung verpflichtend [1]

- Italien (95% bis 2011)
- Deutschland (beginnend mit 2010 für Neubauten)
- Schweden (100% bis 2009)
- Spanien (bis 2018)
- Portugal (bis 2015)
- Norwegen (bis 2013)

Die nachfolgende Liste zeigt eine Reihe von Ländern, in denen die Umsetzung im Stadium eines Pilot- oder Modellprojektes ist [1].

- Österreich
- Dänemark
- Irland
- Tschechische Republik
- Finnland
- Niederlande
- Frankreich
- Polen
- Zypern
- Griechenland
- UK

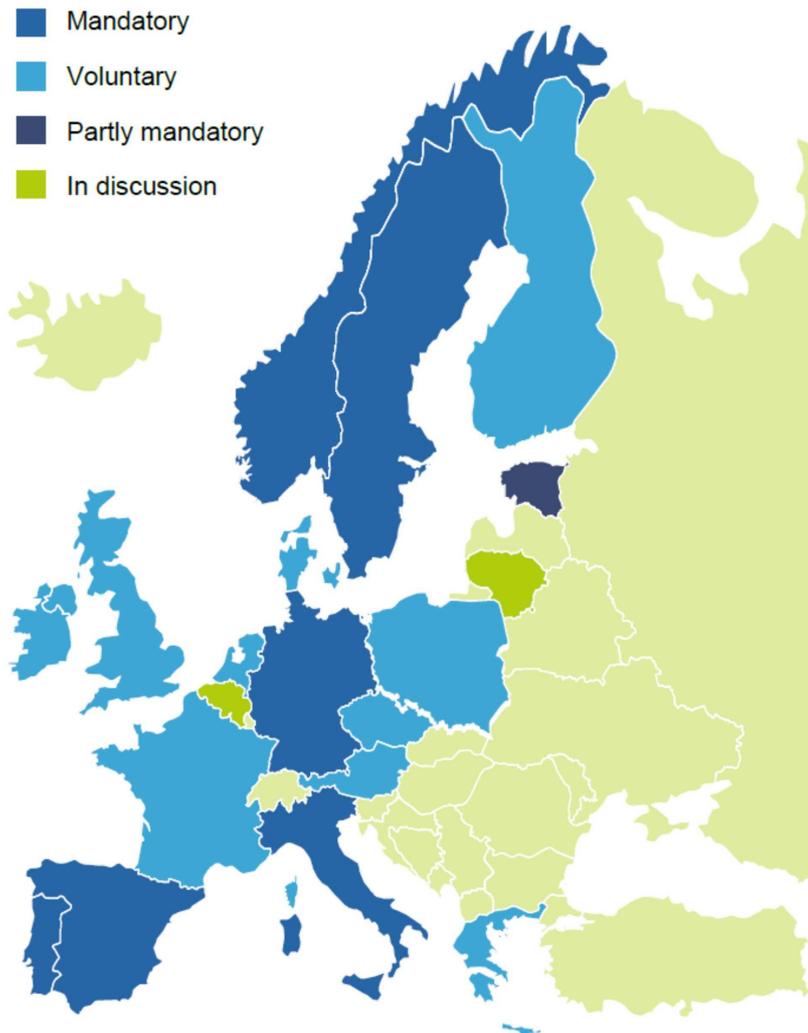


Abbildung 1.3: Smart Meter Ausbaustand Europa [1]

1.3.2 Smart Meter Ausbauprojekte in Österreich

Die Smart Meter Ausbausituation ist gekennzeichnet durch Fortschritte in den letzten zwei bis drei Jahren. Die derzeit größten Projekte zum Thema Smart Metering werden in Oberösterreich von der Linz AG sowie der Energie AG betrieben.

Die Energie AG hat einen Probetrieb mit etwa 10.000 Zählern im Jahr 2009 abgeschlossen und hatte geplant im Jahr 2010 etwa 50.000 Zähler auszutauschen, weiters sollen bis 2014 möglicherweise bis zu 400.000 Zähler installiert werden [1]. Nach derzeitigem Stand (März. 2011) wurden jedoch nur knapp die Hälfte der für das Jahr 2010 geplanten Zähleraustausche (ca. 23000 Stück) umgesetzt [11]. Die Energie AG setzt auf das AMIS System von Siemens.

Die Linz AG hat derzeit (März. 2011) etwa 50.000 Smart Meter im Netz, mit einer geplanten Installationsrate von 18.000 Zähler im Jahr. Das Versorgungsgebiet umfasst etwa 240.000

Haushaltskunden [13]. Die Linz AG setzt hierbei auf das von der Firma ECHELON stammende Smart Meter [12].

Die Stadtwerke Feldkirch haben ein zwar kleineres, jedoch das gesamte Stadtgebiet umfassendes Projekt, in dem alle Zählanlagen ausgetauscht werden sollen (ebenfalls ca. 10.000) [16].

Daneben gibt es jedoch noch zahlreiche kleinere Pilotversuche, die jedoch zum Teil nur wenige hundert Zähler oder weniger beinhalten, Beispiele dafür sind Kelag, TIWAG, IKB, VKW, Bewag, Salzburg AG (500 Zähler), Energie Graz, Wien Energie usw [1].

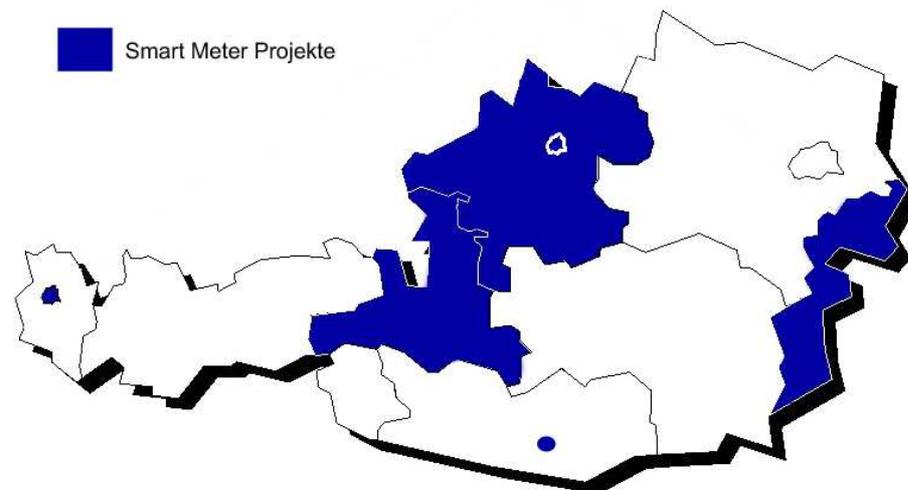


Abbildung 1.4: Smart Meter Projekte; Österreich [8]

1.4 Funktionsumfang von Smart Metern

Der Funktionsumfang von intelligenten Zählern (Smart Metern) ist von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Abgesehen von der Anzeige der verbrauchten elektrischen Energie bieten derzeit erhältliche Smart Meter unter anderem noch folgende Möglichkeiten:

- Anzeigen des aktuellen Leistungsbezuges oder der aktuellen Leistungseinspeisung (Wirk- und Blindleistung)
- Anzeigen des aktuellen Tarifes und zusätzlicher Informationen des Energieversorgers
- Speicherung der Leistungsbilanz über einen Zeitraum (speicherabhängig)
- Automatische Zählerablesung durch den Energieversorger
- Steuerung sowie Fernsteuerung von einzelnen Verbrauchern im Haushalt

Zu den Vorteilen der digitalen Zähler gegenüber dem analogen Ferraris Zähler gehören:

- Besserer Kostenüberblick für den Kunden und daraus resultierende Sensibilisierung für den bewussten Umgang mit elektrischer Energie
- Kurzfristigere Rechnungsstellung
- Kosteneinsparung für den Energieversorger durch automatische Zählerablesung
- Bessere Lastplanung für den Energieversorger durch Tarifgestaltung

Zu den Nachteilen gehören:

- Anschaffungskosten
- Zusätzliche Kosten durch Eigenverbrauch des Smart Meters
- Datensicherheit

Durch die digitale Realisierung der folgenden Zählergeneration entsteht auf Softwareebene ein hohes Potenzial für die Erweiterung des Funktionsumfangs. Abhängig vom Zählertyp ist es möglich, zusätzliche Software direkt auf diesem zu installieren. Über die gerätespezifische Kommunikationsschnittstelle (z.B. M-Bus) können die gemessenen Daten zur Weiterverarbeitung auf einen handelsüblichen PC übertragen werden.

Die einzelnen Smart Meter Hersteller sind bezüglich der Informationsweitergabe, welchen genauen Funktionsumfang ihre Produkte haben jedoch, sehr zurückhaltend. Zu erwarten ist, dass die Wirkleistung, die Blindleistung und die Spannung in Form von Sekundenmittelwerten je Phase ausgelesen werden können.

1.5 Resultierende Aufgabenstellung

Zur Schaffung einer strukturierten Basis für die Behandlung des Themas wurde die Arbeit in folgende Abschnitte gegliedert:

Literatur- und Internetrecherche

Auffinden bestehender Konzepte bzw. Projekte zum Thema Lastgangsanalyse. Betrachtung aktueller EU-Richtlinien zu dem Thema.

Erarbeitung eines Messkonzepts und Auswahl geeigneter Messobjekte

Auswahl eines geeigneten Messgerätes. Entwicklung eines genauen Konzepts zur Durchführung der Messung basierend auf den technischen Möglichkeiten von Smart Metern. Sowie das Auffindung von geeigneten Messobjekten.

Durchführung der Messung

Führen von Vorgesprächen zur Findung von Privathaushalten für die Messungen. Messgeräteinstallation und Einweisung der Bewohner über das Verhalten sowie der Führung eines Gerätetagebuchs während der Messung.

Auswertung der Messung

Auswertung und Interpretation der Ergebnisse im Zusammenhang mit folgenden Zielen:

- Charakterisierung der Lastprofile (P & Q) von wesentlichen Verbrauchern
- Möglichkeiten und Grenzen bei der automatisierten Erkennung von Elektrogeräten durch P-, Q- und U-Erfassung (Smart Meter)

2 Projekte, Richtlinien und Gesetze

2.1 Richtlinien

Die Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie schreibt eine EU weite Einführung von individuellen Zählern vor. Diese sollen es ermöglichen den tatsächlichen Energieverbrauch des Endkunden und die tatsächliche Nutzungszeit widerzuspiegeln [2]. Weiters soll die Abrechnung „auf Grundlage des tatsächlichen Verbrauchs“ so häufig durchgeführt werden, dass die Kunden in der Lage sind, ihren eigenen Energieverbrauch zu steuern [2].

Am 14. August 2009 wurde das dritte Binnenmarktpaket Strom und Gas im Amtsblatt der EU veröffentlicht. Die Richtlinie 2009/72/EG über die gemeinsamen Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt beinhaltet unter anderem stärkere Rahmenbedingungen für die Einführung von intelligenten Messsystemen [3].

Hierbei legt die Richtlinie 2009/72/EG fest, dass die Einführung intelligenter Messsysteme einer wirtschaftlichen Bewertung unterliegen kann, bei der alle langfristigen Kosten und Vorteile für den Markt und die einzelnen Verbraucher geprüft werden sowie untersucht wird, welche Art des intelligenten Messens wirtschaftlich vertretbar und kostengünstig ist und in welchem zeitlichen Rahmen die Einführung praktisch möglich ist.

Entsprechende Bewertungen finden bis 3. September 2012 statt [3].

Anhand dieser Bewertung erstellen die Mitgliedsstaaten oder eine von ihnen benannte zuständige Behörde einen Zeitplan mit einem Planungsziel von zehn Jahren für die Einführung der intelligenten Messsysteme.

Wird die Einführung intelligenter Zähler positiv bewertet, so werden mindestens 80% der Verbraucher bis 2020 mit intelligenten Messsystemen ausgestattet.

2.2 Literatur zur Lastganganalyse (engl.: Nonintrusive Load Monitoring)

Zum Thema Lastganganalyse gibt es eine Vielzahl von wissenschaftlichen Publikationen.

Erste Versuche zur Gerätedetektion beinhalteten nur die Analyse des Wirklastganges, darauf folgten Methoden, welche den Blindlastgang berücksichtigten, und zuletzt Ansätze, welche zur Gerätedetektion auch die Analyse der Harmonischen heranziehen.

Das größte Problem bei der Behandlung des Themas ist dessen Umfang. Neben den technischen Aspekten, wie der Messung und der technischen Umsetzung der Analyse, kommt das große Problem der Geräteanzahl bzw. der Gerätevielfalt hinzu.

Ein Teil der analysierten Arbeiten behandeln daher nur Teilbereiche der Gesamtproblematik. Andere Arbeiten beinhalten zwar auch praktische Versuche, nur wurden diese oft im Labor unter genau definierten Bedingungen durchgeführt.

In Zusammenhang mit der Aufgabenstellung dieser Arbeit ergeben sich einige Fragen, welche sich mit bisherigen Untersuchungen nicht oder nur teilweise beantworten lassen. Erwähnt seien folgende Arbeiten:

Nonintrusive Appliance Load Monitoring [20]

In der Arbeit wird das Thema in gut strukturierter Form behandelt. Neben einer allgemeinen Analyse beinhaltet die Arbeit eine Beschreibung einzelner Schritte für einen konkreten Erkennungsalgorithmus. Weiters wird auf die Eigenschaften und Lastgänge einiger Verbraucher exemplarisch eingegangen.

Elektrische Lastgangsanalyse an Gebäuden der Technischen Universität Graz [9]

Die Arbeit beinhaltet eine sehr allgemeine Abhandlung des Themas Lastgangsanalyse und bietet einen guten Einstieg in das Thema.

Online-Leistungsanalyse mit Lasterkennung und Energieverbrauchsaufschlüsselung [15]

Die Arbeit behandelt detailliert eine Möglichkeit zur Realisierung einer automatisierten Geräteerkennung. Analysiert wurde jedoch nur der Wirklastgang und wenige Geräte.

Power Signatur Analysis [5]

Die Arbeit behandelt ein Programm, welches zur Gerätedetektion speziell die transienten Änderungen im Lastgang, welche beim Ein- und Ausschalten von Geräten entstehen, als Erkennungsmerkmal nutzt. Berücksichtigt wurde sowohl der Wirk- als auch der Blindlastgang.

Modified Nonintrusive Appliance Load Monitoring for Nonlinear Devices [14]

Die Arbeit beschreibt die Grundlagen zur Gerätedetektion speziell von nichtlinearen Verbrauchern anhand des Oberwellenspektrums von Strom und Spannung.

2.3 Alternativprojekt zu Smart Metern

DigitalSTROM

Ein sehr leistungsfähiges Konzept zum Thema Energiesparen stammt von der Non-Profit-Organisation DigitalStrom. Das System basiert auf einem kleinen Hochvoltchip, welcher direkt bei jedem Verbrauchergerät integriert wird. Der Chip ist in der Lage, Geräte zu schalten, zu dimmen, dessen Stromverbrauch zu messen und kann mittels PLC mit anderen

Geräten über einen im Zählerschrank installierten Server kommunizieren. Dieses System ermöglicht es also, den Stromverbrauch einzelner Geräte exakt zu bestimmen, um dem Stromkunden eine detaillierte Aufschlüsselung des Stromverbrauches anzuzeigen. Daneben bietet das Konzept eine Komfortsteigerung, was beim Stromeinsparen einen sehr wichtigen Punkt darstellt. So ist es beispielsweise möglich, einen Schalter mit der Funktion „alles aus“ zu belegen, um mit einem Tastendruck z.B. alle Geräte in einem Raum oder auch in der gesamten Wohnung auszuschalten. Laut Entwickler ist das PLC-Signal nur innerhalb der Wohnung sichtbar (nach dem Servergerät) und bietet somit in erster Instanz vollkommenen Datenschutz. Durch die mögliche Anbindung an das Internet wird dieser zwar wieder fraglich, nur eröffnet sich dadurch dem Bewohner die Möglichkeit, Schaltaufgaben aus der Ferne durchzuführen. Ein weiterer Punkt, welcher für das System spricht, ist die konkrete Möglichkeit, Lastspitzen zu verschieben.

Nachteile dieses Systems liegen im Kostenbereich im Zusammenhang mit Anschaffungskosten sowie Umsetzungs- und Installationskosten [7].

3 Übersicht über die gemessenen Haushalte

3.1 Einleitung

Die Auswahl der Messobjekte ist hinsichtlich der Aussagekräftigkeit der Potenziale für eine automatisierte Lastgangsanalyse von zentraler Bedeutung. Die Messobjekte müssen also so ausgewählt werden, dass die Ergebnisse bzw. Erkenntnisse auf eine möglichst große Anzahl an Haushalten übertragen werden können. Neben den objektbezogenen Faktoren gilt es daher, weitere Faktoren wie Personenanzahl, Lebensstandard und Ausstattung zu berücksichtigen.

Zu beachten ist, dass der Auswahlkreis der untersuchten Haushalte durch die Tatsache, dass eine Mitschrift über die Betriebszeiten gewisser Geräte geführt werden musste, eingeschränkt ist. Die Führung eines Gerätetagebuches ist notwendig um die Ergebnisse der automatischen Erkennung kontrollieren zu können.

Weiters ergibt sich eine Einschränkung hinsichtlich der Anzahl der Messobjekte aufgrund des sehr zeitintensiven Auswertevorgangs.

Im Rahmen der Arbeit wurden fünf Haushalte, dessen Eigenschaften im Folgenden angeführt sind, untersucht.

3.2 Informationen zu den Haushalten

3.2.1 Objektdaten

Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die wesentlichen objektspezifischen Daten:

Haushalt	Typ	Wohnfläche	Wohnebenen	Grundstücksgröße	Heizung/Warmwasser	Lage
HH 1	Mehrparteienwohnung	50 m ²	1	0	Fernwärme/Elekt.	Graz (ST)
HH 2	Einfamilienhaus	140 m ²	1	1000 m ²	feste Brennstoffe	Kapfenberg (ST)
HH 3	Einfamilienhaus	160 m ²	2	1100 m ²	Pellets	Gloggnitz (NÖ)
HH 4	Mehrparteienwohnung	90 m ²	2	0	Ölzentral	Graz (ST)
HH 5	Einfamilienhaus	130 m ²	2	1000 m ²	Gas/Gas+Solar+Elekt.	St.Lorenzen i.M. (ST)

Tabelle 3.1: Objektdaten

3.2.2 Informationen zu den Personen im Haushalt

Folgende Balken zeigen eine Übersicht der Personenzusammenstellung der einzelnen Haushalte. Jeder Turm steht für eine Person, wobei die Höhe das Alter der Person repräsentiert.

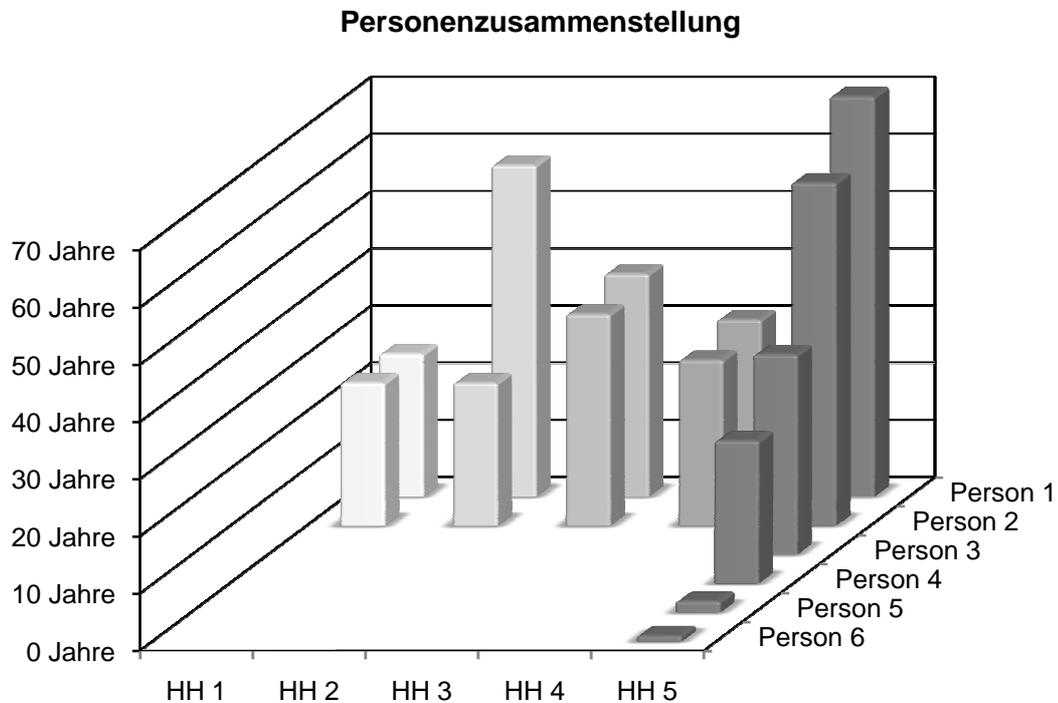


Abbildung 3.1: Personendaten

Durch die Anzahl von fünf Haushalten, konnte leider nicht der gesamte in der Gesellschaft vorkommende Altersbereich abgedeckt werden. So gab es sowohl keine Bewohner im mittleren Alter, als auch im schulpflichtigen Alter.

3.2.3 Anwesenheit

Der Stromverbrauch ist zu einem großen Teil mit der Anwesenheit der Personen im Haushalt gekoppelt. Ein Haushalt, welcher tagsüber teilweise bzw. vollständig verlassen ist, hat einen entsprechend geringeren bzw. keinen aktiven Stromverbrauch durch Tätigkeiten wie z.B. Kochen.

Folgende Abbildung zeigt die durchschnittlichen Anwesenheitszeiten der Bewohner.

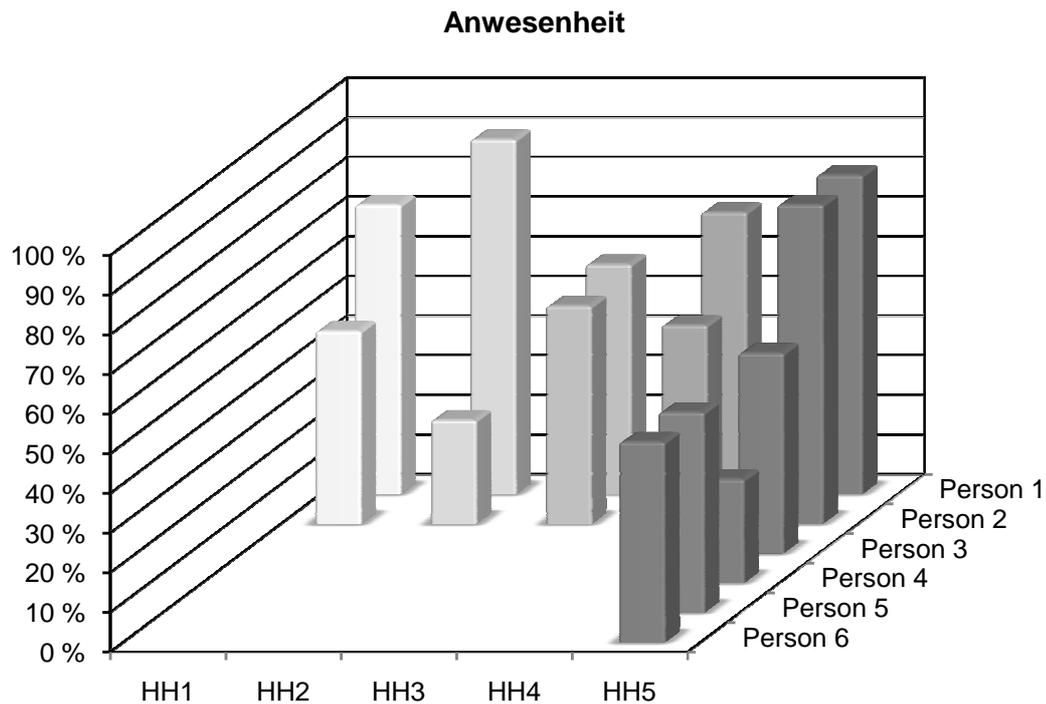


Abbildung 3.2: Durchschnittliche Anwesenheitszeit

Die Anwesenheitsdaten während der Messphase wurden von den Bewohnern abgeschätzt und sind somit mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Bezugsbasis der Daten ist die Messdauer von 14 Tagen. Eine Anwesenheitszeit von 100% würde also bedeuten, dass die jeweilige Person während der gesamten Messdauer das Haus nicht verlassen hätte.

Zu beachten ist, dass nicht alle Personen während der gesamten Messdauer anwesend waren. Somit erscheint die Anwesenheitszeit der entsprechenden Personen, bezogen auf die zwei wöchige Messdauer gering, obwohl die tagesbezogene Anwesenheit sehr hoch war. Daher sei noch die Anwesenheit der einzelnen Personen während der Messdauer angeführt.

Haushalt	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5
Person 1	14 Tage	14 Tage	14 Tage	12 Tage	14 Tage
Person 2	12 Tage	4 Tage	14 Tage	12 Tage	14 Tage
Person 3					7 Tage
Person 4					4 Tage
Person 5					7 Tage
Person 6					7 Tage

Tabelle 3.2: Anwesenheit in Tagen

3.2.4 Geräteausstattung

Folgende nach Gerätekategorien geordneten Darstellungen liefern einen Überblick über die Stromverbraucher in den einzelnen Haushalten. Die Geräte jeder Kategorie sind nach deren Häufigkeit, wie sie in der Summe aller Haushalte vorkommen, gereiht. Die Anzahl der Kreuze repräsentiert die Anzahl des jeweiligen Gerätes im Haushalt. Die Liste stellt keine vollständige Darstellung aller in den Haushalten vorkommenden Elektrogeräte dar.

Haushalt	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5
Küchenausstattung					
E-Herd	X	X	X	X	X
Dunstabzug	X	X	X	X	X
Geschirrspüler	X	X	X	X	X
Handmixer	X	X	X	X	X
Stabmixer	X	X		X	X
Mikrowelle	X	X	X		X
Elektrischer Wasserkocher			X	X	X
Pads-/Espresso-, Kaffeevollautomat		X	X		X
Toaster	X	X	X		
Back-/Grillautomat/Kompaktbackofen	X	X	X		
Küchenmaschine		X	X		
Friteuse		X	X		
Plattentoaster	X		X		
Brotbackmaschine			X		
Kaffeefiltermaschine		X			
Standmixer			X		
Dampfgarer			X		
Haushaltsgeräte					
Staubsauger	X	X	X X		X X
Waschmaschine 1	X	X	X	X	X
Bügeleisen/Bügelstation	X	X	X		X

Tabelle 3.3: Geräteausstattung (1/2)

Haushalt	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5
Bürogeräte					
Laptop/Notebook	X		X X	X X	
PC		X			X
LCD Monitor		X			X
Multigerät (Scanner/Drucker/Kopierer)	X		X		
Drucker		X			X
Unterhaltungsgeräte					
Fernseher - Bildröhre	X	X X X		X	X X
Satellitenempfänger	X	X X X	X X		X
Radio/Portables Gerät		X X X			X
HIFI-/Stereoanlage	X	X X			
DVB-T Box	X	X			X
DVD Recorder, DVD Player	X	X	X		
Fernseher - LCD			X X		
Spielkonsole (z.B. Playstation)	X X				
Kühl- und Gefriergeräte					
Gefrierschrank/Kühltruhe	X	X	X	X	X X
Kühlschrank	X	X	X	X	X
Heizung/Warmwasser					
Heizungspumpe		X X	X X		X X X
elektr. Boiler (Nachtstrom)	X				
elektr. Boiler		X			
Untertischboiler	X				
Brennstofffördereinrichtung			X		
Weitere relevante Stromverbraucher					
Haarfön	X	X X	X X	X	
Infrarotkabine			X		
Laufband			X		
Heimtrainer			X		
Crosstainer			X		

Tabelle 3.4: Geräteausstattung (2/2)

3.2.5 Verwendungshäufigkeit einzelner Geräte

Folgende Tabelle zeigt die durchschnittliche Nutzungshäufigkeit einzelner Geräte. Die Datenermittlung erfolgte durch Befragung der Bewohner.

Haushalt	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5
Küchenausstattung					
E-Herd	3x wö.	3-4x wö.	3-4x wö.	6x wö.	tägl.
Dunstabzug	nie	3-4x wö.	3-4x wö.	3x wö.	tägl.
Geschirrspüler	3x wö.	2x wö.	3x wö.	2-3x wö.	2-4x wö.
Handmixer	2-3x mo.	2x mo.	2x mo.	1x wö.	1x wö.
Stabmixer	2x mo.	2x mo.		1x wö.	1x wö.
Mikrowelle	5-6x wö.	tägl.	3x wö.		5x wö.
Elektrischer Wasserkocher	1x tägl.		2x wö.	4x wö.	tägl.
Pads-/Espresso-, Kaffeevollautomat		2x wö.	tägl.		5-6x wö.
Toaster	1x wö.	1x mo.	2x mo.		
Back-/Grillautomat/Kompaktbackofen	1-2x wö.	tägl.	2x mo.		
Küchenmaschine		2x mo.	1x mo.		
Friteuse		1x mo.	1x mo.		
Plattentoaster	1x mo.		3x mo.		
Brotbackmaschine			nie		
Kaffeefiltermaschine		tägl.			
Standmixer			5x mo.		
Dampfgarer			2 wö.		
Haushaltsgeräte					
Staubsauger	1x wö.	2x wö.	1-2x wö.	1x wö.	2x wö.
Waschmaschine	3x wö.	3x wö.	3-4x wö.	3x wö.	3-4x wö.
Bügeleisen/Bügelstation	1x mo.	3-4x wö.	1x wö.		1-2x wö.
Bürogeräte					
Laptop/Notebook	tägl.		4x wö.	5x wö.	
PC		2-3x mo.			2-3x wö.
LCD Monitor		2-3x mo.			2-3x wö.
Multigerät (Scanner/Drucker/Kopierer)	3 wö.		1x wö.		
Drucker		1x mo.			1x wö.

Legende: tägl. ... täglich
 wö. ... wöchentlich
 mo. ... monatlich

Tabelle 3.5: Nutzungshäufigkeit (1/2)

Haushalt	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5
----------	------	------	------	------	------

Unterhaltungsgeräte					
Fernseher - Bildröhre	tägl.	tägl.		tägl.	tägl.
Satellitenempfänger	tägl.	tägl.	5-6x wö.		tägl.
Radio/Portables Gerät		tägl.			tägl.
HIFI-/Stereoeanlage	1x wö.	tägl.			
DVB-T Box	tägl.	tägl.			tägl.
DVD Recorder, DVD Player	tägl.	2-3. wö.	3x wö.		
Fernseher - LCD			5-6x wö.		
Spielkonsole (z.B. Playstation)	1-2x wö.				

Weitere relevante Stromverbraucher					
Haarfön	1-2x wö.	3-4x wö.	2x wö.	6x wö.	
Infrarotkabine			2x wö.		
Laufband			2x wö.		
Heimtrainer			3x wö.		
Crosstainer			2x wö.		

Legende: tägl. ... täglich
 wö. ... wöchentlich
 mo. ... monatlich

Tabelle 3.6: Nutzungshäufigkeit (2/2)

3.2.6 Energieverbrauch

Folgende Tabelle zeigt den Energieverbrauch des letzten Abrechnungsjahres der einzelnen Haushalte.

Haushalt	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5
Tagstrom	1372 kWh	3248 kWh	3338 kWh	1415 kWh	4231 kWh
Nachtstrom	1164 kWh				
Summe	2536 kWh	3248 kWh	3338 kWh	1415 kWh	4231 kWh

Auf Woche bezogener Stromverbrauch:

	48,77 kWh	62,46 kWh	64,19 kWh	27,2 kWh	81,37 kWh
--	-----------	-----------	-----------	----------	-----------

Tabelle 3.7: Energieverbrauch

3.2.7 Durchschnittlicher Energieverbrauch

Folgende Abbildung zeigt den tagesbezogenen Energieverbrauch aller Haushalte innerhalb eines Zeitraums von einer Woche.

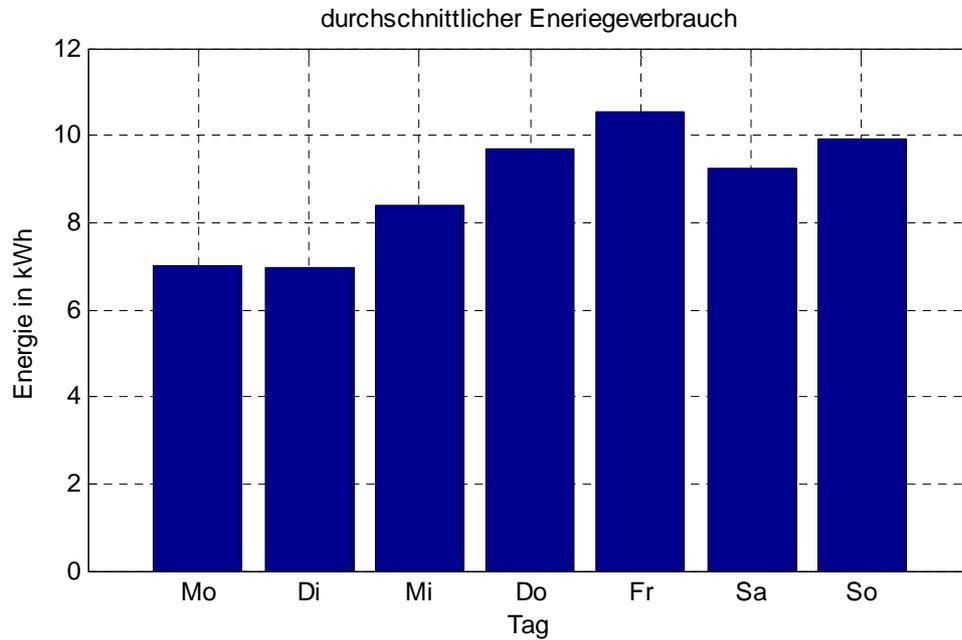


Abbildung 3.3: tagesbezogener Wirkenergieverbrauch

Die gemessenen Haushalte verbrauchten am Anfang der Woche im Schnitt am wenigsten Energie. Der Verbrauch stieg zum Ende der Woche an und lag am Wochenende etwas unter dem Maximalwert von Freitag.

3.2.8 Durchschnittlicher Tageslastgang

Folgend Abbildung zeigt den durchschnittlichen Wirk- und Blindlastgang. Die Daten bilden den Mittelwert über insgesamt 70 Tage Messdauer von den fünf Haushalten.

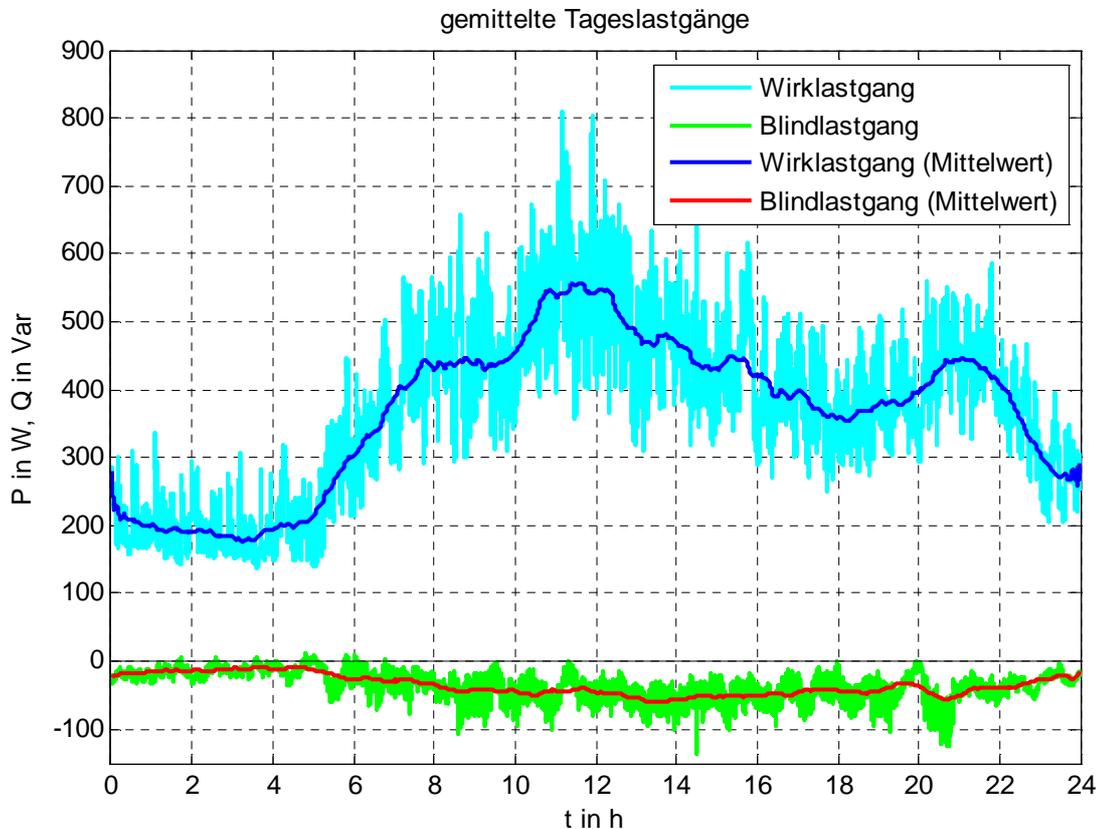


Abbildung 3.4: Tageslastgang

Zur besseren Veranschaulichung der zeitlichen Verläufe wurden die Lastgänge durch eine Mittelwertbildung geglättet (dunkelblauer und roter Verlauf).

Der recht typische Verlauf besitzt einen markanten Wirkenergieanstieg zwischen 5:00 Uhr und 8:00 Uhr sowie zwei Lastmaxima zu Mittag und am Abend.

Der relativ hohe Wirkenergieverbrauch im Grundlastbereich stammt im Wesentlichen vom Strombedarf für die Warmwasseraufbereitung in Haushalt 5. Nicht berücksichtigt ist der Nachtstrom für die Warmwasseraufbereitung von Haushalt 1.

Der tagesbezogene Blindlastgang ist kapazitiv, hauptverantwortlich dafür sind die Kühlschränke.

4 Messkonzept

4.1 Allgemein

Lastgangmessung im Verteiler

Die Messungen wurden mittels eines bzw. zwei Datenloggern durchgeführt, da eine Messung mittels Smart Metern eine Reihe von Problemen birgt. Dazu gehört in erster Linie, dass der Einbau eines Smart Meters mit erheblichen Umbauarbeiten im Stromverteiler verbunden wäre und oft nicht der Platz für weitere Betriebsmittel im Verteilerkasten vorhanden war. Des Weiteren müsste für eine Auslesung der Messdaten aus dem Zähler, herstellerabhängig, die Zählersoftware angepasst werden, um die Daten über die Zählerschnittstelle für die externe Speicherung auslesen und in weiterer Folge speichern zu können, da der interne Speicher von den bekannten Smart Metern nicht ausgelegt ist, um als Datenlogger über einen längeren Zeitraum zu fungieren. Weiters ermöglichten die Datenlogger aufgrund der größeren Anzahl an Messkanälen die separate Erfassung der Lastgänge der einzelnen Stromkreise. Im Vergleich zu den Phasensummenlastgängen entsteht dadurch der wesentliche Vorteil, dass aufgrund der geringeren Anzahl an Überlagerungen eine Kontrolle hinsichtlich der automatischen Erkennung mit höherer Sicherheit durchgeführt werden konnte.

4.2 Vorbereitung und Durchführung der Messung

Um Fehler während der Messvorbereitung sowie Messdurchführung zu vermeiden, wurde ein standardisiertes Messkonzept erarbeitet. Dieses beinhaltet folgende Formulare:

Übersichtsformular

Dieses Formular bildet die Grundlage für die gesamte Vorgehensweise. Es beinhaltet die Information, welche weiteren Formulare während der Messvorbereitung schrittweise durchzuarbeiten sind (siehe 11.5.1).

Verteileranschlussliste

Diese bildet die Basis für die Installation der Messgeräte. Es beinhaltet die Zuweisung der einzelnen Phasen zu den Stromzweigen, Stromzangennummern, Bezeichnung der Kanäle in der Software sowie die Raumzuordnung der Sicherungen (siehe 11.5.3).

Geräteerfassungsformular

Dieses sehr umfangreiche Formular dient zur schnellen und möglichst lückenlosen Erfassung aller Elektrogeräte. Die erfassten Geräte liegen teilweise unter dem Leistungsbereich, welcher wiedererkannt werden soll, dennoch wurden diese erfasst, da

vorab nicht sichergestellt werden konnte, ob die Daten nicht doch für die Auswertung nützlich sein könnten (siehe 11.5.2).

Formular für die Erfassung von Gerätelaufzeiten

Für die Auswertung der Lastgänge war es unerlässlich, eine Kontrollmöglichkeit zu haben um bei der Auswertung gesichert feststellen zu können, ob ein Gerät richtig erkannt wurde. Besonders bei Stromkreisen, an welche viele Geräte angeschlossen sind (z.B. Küche), war eine Mitschrift der Gerätelaufzeit gewisser Geräte durch die Bewohner notwendig.

Zur Auswahl standen zwei Mitschriftsysteme, eines für den visuellen Typ und eines für den zahlenorientierten Typ. Alle Messungsteilnehmer bevorzugten das zahlenorientierte Mitschreibsystem.

Um sicherzustellen, dass auf die Dokumentation nicht vergessen wird, wurde in jedem Raum ein ins Auge fallender Platz gewählt, wo die Formulare aufgelegt wurden. Diese wurden, soweit als möglich, vorbereitet (ausgefüllter Formulkopf, eingetragene Gerätenamen), um den Aufwand für die Mitschriftführenden so gering wie möglich zu halten. Um Unsicherheiten bei der Ausfüllung entgegenzuwirken, wurde das Formular mit einer Ausfüllhilfe versehen (siehe 11.5.4 & 11.5.5).

Folgende Abbildungen dienen zur Veranschaulichung:

Auf der Arbeitsfläche platziertes Formular in der Küche:



Abbildung 4.1: Formular in der Küche

Nahansicht eines eingerichteten Dokumentierplatzes:

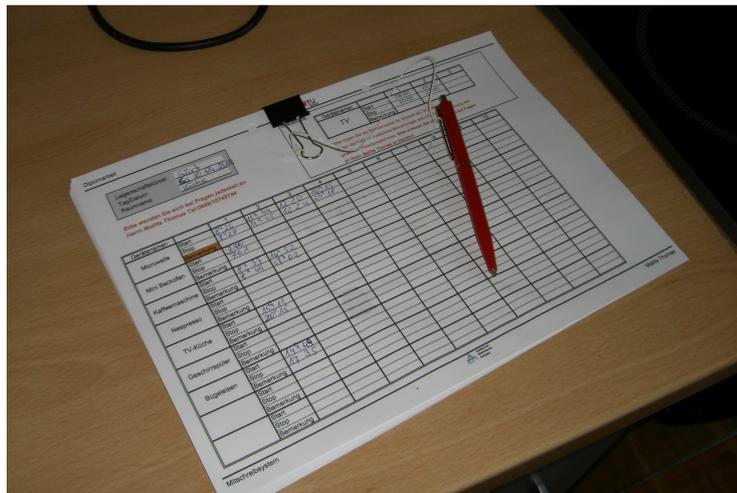


Abbildung 4.2: Formular in der Küche (Nahansicht)

An jedem Formularblock wurde ein Kugelschreiber befestigt um sicherzustellen, dass die Dokumentation jederzeit problemlos möglich ist.

4.3 Messaufbau

Alle Messaufbauten wurden unter Einhaltung der Sicherheitsregeln mit höchster Sorgfalt durchgeführt.

Unterweisung

Trotz sorgfältigen Aufbaus der Messgeräte war eine Unterweisung bezüglich sicherheitsrelevanter Aspekte unerlässlich. Besonders wichtig war hierbei der Punkt bezüglich des Verhaltens bei Auslösen von Schutzorganen (FI, Sicherung). Es wurde zwar der gesamte Messaufbau gegen das unbeabsichtigte Berühren von spannungsführenden Teilen gesichert, jedoch war es in der Regel notwendig, die Abdeckungen der Schutzorgane im Verteilerkasten zu entfernen, um die Stromzangen platzieren zu können.

4.3.1 Bilder von Messaufbauten

Folgende Abbildungen zeigen die Messaufbauten der einzelnen Haushalte:

Haushalt 1

Der Verteiler befindet sich oberhalb der Eingangstüre, der Datenlogger wurde am Kasten daneben platziert.



Abbildung 4.3: Messaufbau; Haushalt 1

Haushalt 2

Die Abbildungen zeigen einen etwa 30 Jahre alten Verteiler, welcher sich hinter einem verschiebbaren Spiegel befindet.



Abbildung 4.4: Messaufbau Abb. 1; Haushalt 2

Bei allen Aufbauten wurde immer darauf geachtet, dass die Zugänglichkeit der Schutzorgane nicht durch Messleitungen behindert wird und ein Wiedereinschalten immer problemlos möglich ist.

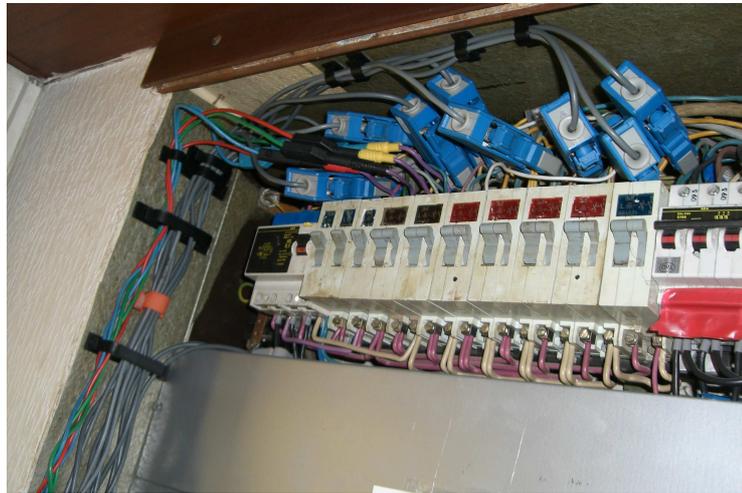


Abbildung 4.5: Messaufbau Abb. 2; Haushalt 2

Haushalt 3

Die Abbildungen zeigen den Stromverteiler im Keller des Hauses. Der Umfang des Verteilers machte den Einsatz von zwei Datenloggern notwendig.



Abbildung 4.6: Messaufbau Abb. 1; Haushalt 3

Das Haus bzw. der Verteiler sind erst drei Jahre alt. Die Tiefe des verwendeten Verteilerkastens ermöglichte trotz der großen Anzahl an Stromzangen das Anbringen der Sicherungsfrontbleche, sodass der ursprüngliche Berührungsschutz fast vollständig vorhanden blieb.



Abbildung 4.7: Messaufbau Abb.2; Haushalt 3

Haushalt 4

Der sehr kleine zweireihige Stromverteiler machte die Anbringung der Stromzangen sehr schwer.

Der äußere Abdeckrahmen inklusive Verteilertür musste entfernt werden, da sich dieser, aufgrund der schlechten Anbringung, beim Öffnen der Verteilertür komplett löste (Problem wurde fachgerecht behoben).

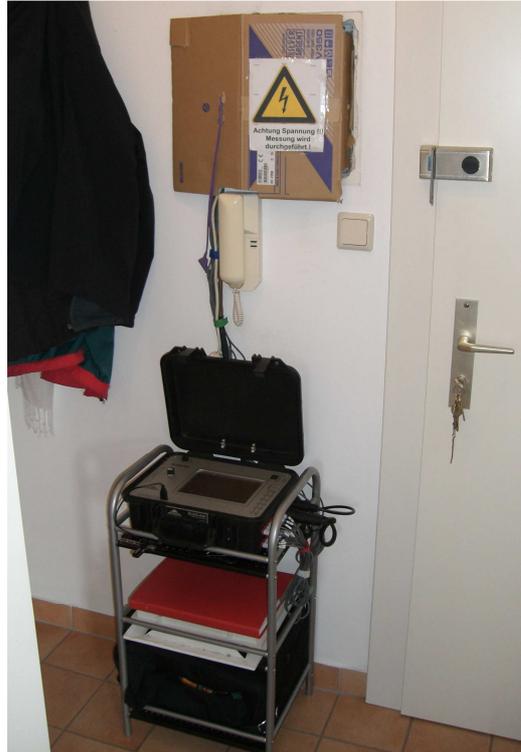


Abbildung 4.8: Messaufbau; Haushalt 4

Haushalt 5

Folgende Abbildung zeigt den Messaufbau im Vorraum des fünften Haushaltes.



Abbildung 4.9: Messaufbau Abb. 1; Haushalt 5

Auch hier wurde versucht, die Schutzorgane möglichst frei zugänglich zu halten.

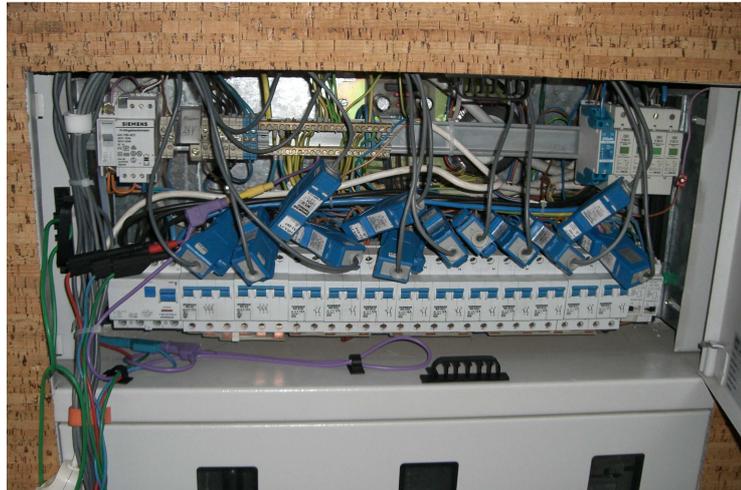


Abbildung 4.10: Messaufbau Abb. 2; Haushalt 5

4.4 Messgeräte

4.4.1 ELOG 550 bzw. ELOG 570

Mittels der Datenlogger ELOG 550 bzw. ELOG 570 können elektrische Größen über einen längeren Zeitraum gemessen werden. Die Messgeräte verfügen über zwölf Eingänge zur Strommessung sowie drei Eingänge zur Erfassung der Spannung.

Stromkanäle

Die Ankopplung der Strommesseingänge in die Messung erfolgte mittels Stromzangen (Daten siehe 4.4.1.2). Dies bot den Vorteil, dass zur Stromerfassung der Stromkreis nicht aufgetrennt werden mussten, jedoch den Nachteil, dass die Strommessung mit einer höheren Unsicherheit (siehe auch Kap. 4.4.1.2) verbunden war als bei direkter Messung über einen Shunt.

Spannungskanäle

Die Spannungen wurden, bezogen auf den Neutralleiter, direkt gemessen.

Folgende Abbildung soll der Veranschaulichung dienen:

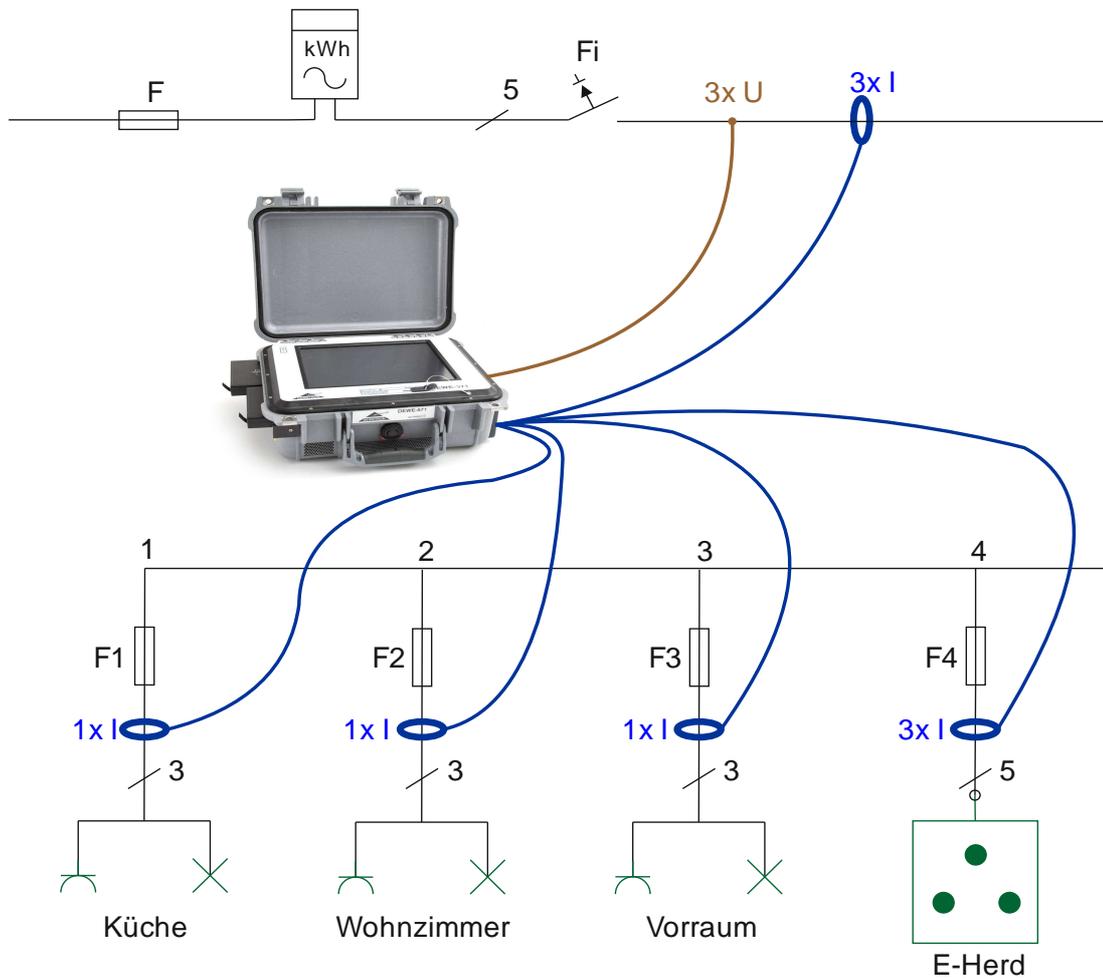


Abbildung 4.11: Messprinzip

4.4.1.1 Kalibrierung

Zur Sicherstellung korrekter Strommesswerte wurden alle Stromzangen, deren letzte Kalibrierung älter als ein halbes Jahr war, neu beschriftet und kalibriert.

Kalibriervorgang

Die Stromzangen wurden um einen stromdurchflossenen Leiter mit 10A Wechselstrom gelegt. Als Konstantstromquelle diente das Omicron CMC - 256-6. In der Messsoftware Dewesoft (Vers. 6.6.1 ELOG 550 bzw. Vers. 6.6.5 ELOG 570) können unter dem Punkt Messen-Setup-Kanalsetup die Stromeingänge eingesehen werden.

Die verwendeten Stromzangen vom Typ 100A ~ 1V sollen im kalibrierten Zustand 1V bei einem von 100A durchflossenen Leiter liefern.

Der Kalibrierungsfaktor gibt an, wie viel Ampere einem Volt entsprechen.

Beispiel:

$$KF_{S1-001} = \frac{\text{Kalibrierungsstrom}}{\text{angezeigte Spannung}} \cdot 1V = \frac{10A}{0.101V} \cdot 1V = 99A \quad \text{Gl. 4.1}$$

4.4.1.2 Messunsicherheit

Für die Analyse der Messdaten war es wichtig, die Messunsicherheit der Datenloggermessung zu kennen. Folgende Betrachtungen sollen hierzu die notwendigen Informationen liefern.

Daten der Stromzangen MICRO 2000 M 1.U

Das Stromzangendatenblatt liefert folgende maximalen Grenzwerte für die Messunsicherheit

- Strom: von 10A bis 600A ±1%
 von 1A bis 10A ±2%
 von 100mA bis 1A ±5%
- Die Phasenmessunsicherheit liegt im Bereich von 0.5° bis 2.5° abhängig von Frequenz und Stromhöhe. Der Hersteller gibt an, dass die Unsicherheit bei 50 Hz im Bereich von 0.5° liegt.

Daten der Datenlogger ELOG 550/570

Das Datenblatt für die Datenlogger liefert folgende Grenzwerte für die Messunsicherheit:

- Spannung von 70V bis 700V <0.5%
- Strommesseingang für Stromzangen <1%

Resultierende Messunsicherheit für Wirk- und Blindleistung

Die Messunsicherheit ist abhängig von den Unsicherheiten der einzelnen zur Leistungsberechnung notwendigen Termen.

Mittels dem Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß und unter Berücksichtigung der kombinierten Varianz von mehreren voneinander unabhängigen Messgrößen ergibt sich die relative Messunsicherheit von Wirk- und Blindleistung (Anhang Kap. 11.2) zu:

$$\Delta P_{\text{rel}} = \sqrt{\Delta U_{\text{rel}}^2 + \Delta I_{\text{rel}}^2 + (\tan(\varphi) \cdot \Delta \varphi_{\text{abs}})^2} \quad \text{Gl. 4.2}$$

$$\Delta Q_{\text{rel}} = \sqrt{\Delta U_{\text{rel}}^2 + \Delta I_{\text{rel}}^2 + (\cot(\varphi) \cdot \Delta \varphi_{\text{abs}})^2} \quad \text{Gl. 4.3}$$

ΔP_{rel} ... relative Messunsicherheit der Wirkleistung

ΔQ_{rel} ... relative Messunsicherheit der Blindleistung

ΔU_{rel} ... relative Messunsicherheit der Spannung

ΔI_{rel} ... relative Messunsicherheit des Stromes

$\Delta \varphi_{\text{abs}}$... absolute Messunsicherheit des Phasenwinkels

φ ... Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung

Für die Abschätzung der relativen Fehlergrenzen und zur Erstellung der nachfolgenden Abbildung 4.12 wurden folgende Werte in Gl. 4.2 bzw. Gl. 4.3 eingesetzt:

Spannungsunsicherheit: $\Delta U_{\text{rel}} = 0.5\%$

Strommessunsicherheit: $\Delta I_{\text{rel}} = 2\%$ bzw. $\Delta I_{\text{rel}} = 5\%$ (Messbereichsabhängig)

Die Unsicherheit des Stromzangenmesseinganges des Datenloggers wurde vernachlässigt.

Phasenwinkelunsicherheit: $\Delta \varphi_{\text{abs}} = 1\%$ angenommener Wert für erhöhte Zuverlässigkeit der Gesamtunsicherheitsgrenzen.

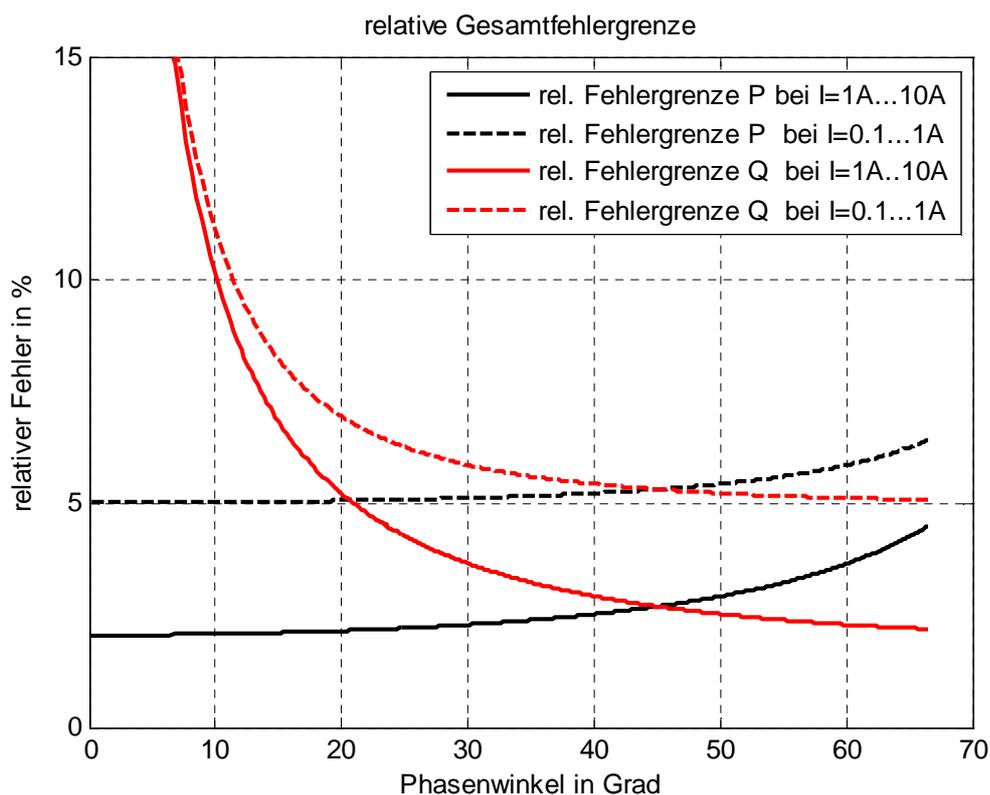


Abbildung 4.12: Relative Gesamtfehlergrenze, ELOG

Die größte Unsicherheit entsteht durch die Stromzangen. Mit zunehmender Blindlast steigt die Fehlergrenze der Wirkleistung an, wobei die Anstiegsrate abhängig von der verwendeten absoluten Phasenwinkelunsicherheit ist. Der Verlauf der relativen

Blindleistungsunsicherheitsgrenze ist erwartungsgemäß genau umgekehrt, d.h. je kleiner der Blindleistungsanteil desto höher die Messunsicherheit.

Die abgebildete Grafik stellt den Grenzwert der relativen Messunsicherheit dar. Zeitgleiche Messungen an Verbrauchern (Leistungsbereich 200 W) mittels ELOG und Wattman ergaben eine relative Abweichung von zirka 1.5% bezogen auf die Wattmanmessung (Leistungsmessunsicherheit 0.4%).

4.4.1.3 Messsoftware (Dewesoft)

Als Mess- und Verarbeitungssoftware diene die auf den Messgeräten installierte Software Dewesoft (Vers. 6.6.1 auf Elog 550 sowie Vers. 6.5 auf Elog 570). Diese bietet umfangreiche Möglichkeiten zur Vorverarbeitung, Visualisierung und Speicherung [6].

Konfiguration allgemein

Für jeden Haushalt musste dem Verteilerplan entsprechend die Software konfiguriert werden. Speziell in Haushalten, wo keine entsprechenden Elektroinstallationspläne vorhanden waren, war dies mit entsprechendem Aufwand verbunden.

Konfiguration im Detail:

Folgende Grundeinstellungen, welche für alle Messungen gleich waren wurden eingestellt.

- Abtastrate: 5 kHz
- Speicheroption: immer langsam mit einer reduzierten Aufzeichnungsrate von einem Wert pro Sekunde (Mittelwert über 1 Sekunde)
- Erzeugung einer neuen Datei alle 24h

Mit diesen Einstellungen ergaben sich Dateigrößen von ca. 330 MB je 24 h Messdauer.

4.4.1.4 Bemerkung zum mathematischen Hintergrund von Dewesoft

Aus den Formeln für die Blindleistung ist zu erkennen, dass aufgrund der mathematischen Ermittlung der Gesamtblindleistung Q (siehe Anhang Kap. 11.1 Gl. 11.11) das Vorzeichen verloren geht. Der Betrag von Q ist zwar korrekt, nur kann nicht zwischen induktiver und kapazitiver Blindleistung unterschieden werden.

Die folgende Abbildung zeigt anhand eines einfachen Beispiels die entsprechenden Zusammenhänge.

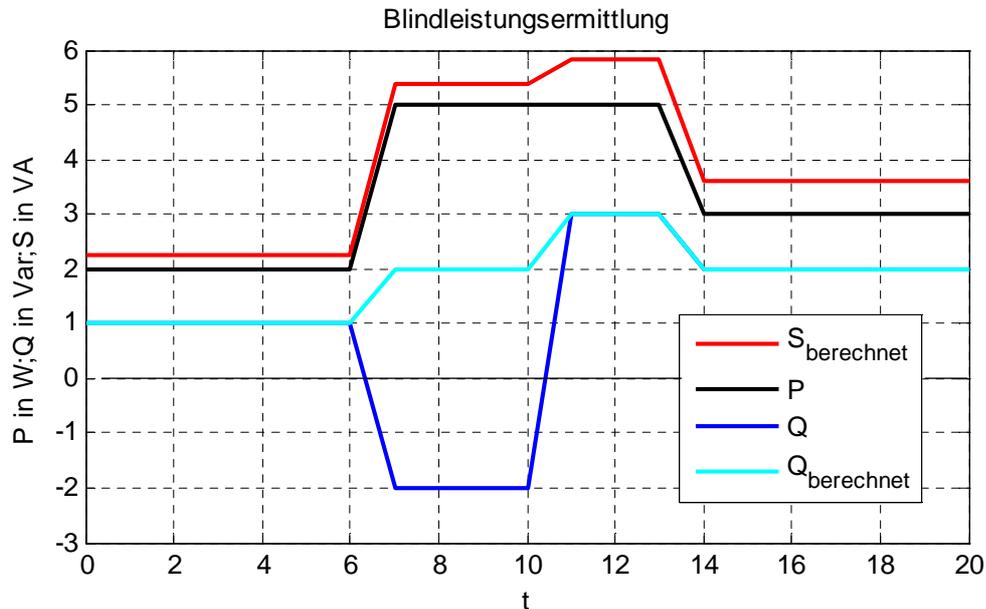


Abbildung 4.13: Blindleistungsermittlung

Der Verlauf der Wirkleistung P sowie der Blindleistung Q wurden entsprechend der Abbildung angenommen. Aus den beiden Verläufen wurde dann die Scheinleistung $S_{\text{berechnet}}$ berechnet. Die geometrische Differenz von Scheinleistung und Wirkleistung ergibt dann die Blindleistung $Q_{\text{berechnet}}$.

Für die Analyse der Lastgänge sind die korrekten Sprunghöhen (Ein- und Ausschalten von Geräten) von zentraler Bedeutung. Daher wurde für die Blindleistung Q_H (Gl. 11.13) verwendet und in Kauf genommen, dass die tatsächliche gesamte Blindleistung um die geometrische Summe von DH größer ist (siehe Gl. 11.13 Anhang Seite 102).

4.4.2 Wattman HPM-100A

Mittels des Wattman HPM-100A konnte auf einfache Art und Weise der Wirk- und Blindlastgang eines einzelnen Gerätes aufgezeichnet werden. Hierzu wurde das Messgerät einfach zwischen das zu messende Gerät und die Steckdose gesteckt. Zur Aufzeichnung des Lastganges war ein Computer notwendig, welcher mit dem Wattman über eine serielle Schnittstelle verbunden wurde.

Folgende Abbildung soll zur Veranschaulichung dienen:



Abbildung 4.14: Messprinzip Wattman HPM-100A

Das Messgerät wurde verwendet, um schnell und einfach einen Überblick über die Leistung bzw. den Lastgang einzelner Geräte zu erhalten.

4.4.2.1 Messunsicherheit

Der Gerätehersteller gibt folgende Messbereiche und dazugehörige relative Fehlergrenzen an:

- | | | |
|--------------------|-------------------------|-----------------|
| • Strom: | von 100µA AC bis 15A AC | ±0.3%, ±3 Digit |
| • Wirkleistung: | von 9mW bis 3.75kW | ±0.4%, ±3 Digit |
| • Leistungsfaktor: | von 0.001 bis 1.000 | ±0.5%, ±3 Digit |
| • Frequenz: | von 50Hz bis 1000Hz | ±0.3%, ±3 Digit |

5 Lastgänge ausgewählter Geräte

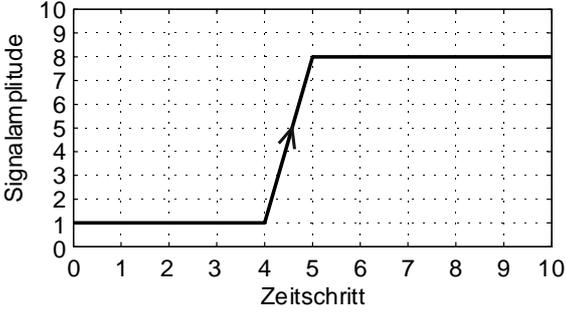
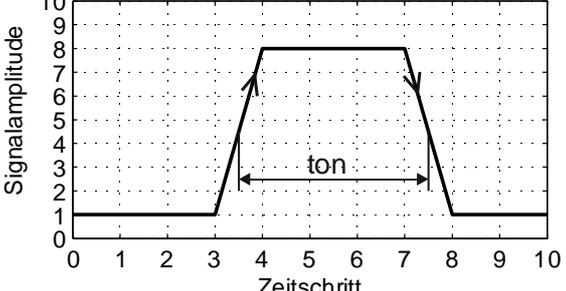
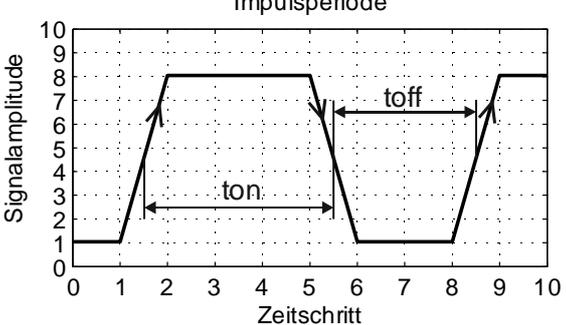
Da Elektrogeräte eine Vielzahl von Betriebszuständen haben können, kann der Lastgang eines Gerätes abhängig von bestimmten Parametern variieren. Für die Erkennung einzelner Elektrogeräte aus den Summenlastgängen einer Phase (Wirk- und Blindlastgang) war es somit notwendig, die Lastgänge und deren Einflussfaktoren zu kennen.

Die mögliche Kenntnistiefe war in dieser Arbeit durch die technischen Möglichkeiten der Smart Meter vorgegeben (siehe Kap. 1.4). Grundsätzlich gilt natürlich, dass mehr Informationen zu einer höheren Treffsicherheit führt, aber der Ressourcenaufwand (Rechenkapazität und vor allem die Speicherkapazität) entsprechend mitwächst.

In diesem Kapitel befinden sich die Blind- und Wirklastgänge einzelner Geräte inklusive einer groben Beschreibung, wie sie für die weitere Untersuchung benötigt wurden. Die Auswahl der Geräte erfolgte nach Kriterien hinsichtlich der energetischen Relevanz, der Häufigkeit des Vorkommens in den Haushalten sowie deren Besonderheiten in deren Lastgängen (hinsichtlich Erkennbarkeit). Weiters wird in den einzelnen Gerätebeschreibungen auf Geräte mit ähnlichen Charakteristiken hingewiesen werden.

Vorerst sei eine allgemeine Begriffserklärung bzw. Begriffsdefinition angegeben, um eine einheitliche Begriffsverwendung sicherzustellen.

5.1 Begriffserklärung

<p style="text-align: center;">Flanke</p>  <p>The graph shows a signal amplitude on the y-axis (0 to 10) and time steps on the x-axis (0 to 10). The signal is constant at 1 until time step 4. At time step 5, it rises to 8 and remains constant thereafter. An arrow points to the rising edge.</p>	<p>Eine Flanke ist beschrieben durch die sprunghafte Änderung der Amplitude. Die Änderung kann innerhalb eines oder auch mehrerer (zwei bis drei) Zeitschritte erfolgen, wobei die Höhe der Änderung definiert ist.</p>
<p style="text-align: center;">Spitze</p>  <p>The graph shows a signal amplitude on the y-axis (0 to 10) and time steps on the x-axis (0 to 10). The signal is constant at 1 until time step 4. At time step 5, it rises to a peak of 9, labeled 'Max.'. At time step 6, it falls to 3 and remains constant thereafter. Arrows point to the rising and falling edges.</p>	<p>Eine Spitze ist beschrieben durch eine positive Flanke, unmittelbar gefolgt von einer negativen Flanke. Zwischen den Flanken gibt es nur ein lokales Signalmaximum.</p>
<p style="text-align: center;">Impuls</p>  <p>The graph shows a signal amplitude on the y-axis (0 to 10) and time steps on the x-axis (0 to 10). The signal is constant at 1 until time step 3. At time step 4, it rises to 8. It stays at 8 until time step 7. At time step 8, it falls to 1. A horizontal double-headed arrow labeled 'ton' spans from time step 4 to 7.</p>	<p>Ein Impuls ist beschrieben durch eine positive Flanke, eine negative Flanke sowie einem dazwischenliegenden konstanten Signalverlauf. Die zeitliche Dauer (ton) zwischen den beiden Flanken ist definiert und muss mindestens zwei Zeitschritte umfassen.</p>
<p style="text-align: center;">Impulsperiode</p>  <p>The graph shows a signal amplitude on the y-axis (0 to 10) and time steps on the x-axis (0 to 10). The signal is constant at 1 until time step 1. At time step 2, it rises to 8. It stays at 8 until time step 5. At time step 6, it falls to 1. It stays at 1 until time step 8. At time step 9, it rises to 8 and remains constant thereafter. A horizontal double-headed arrow labeled 'ton' spans from time step 2 to 5. Another horizontal double-headed arrow labeled 'toff' spans from time step 6 to 8.</p>	<p>Eine Impulsperiode beinhaltet die Definition eines Impulses sowie die zusätzliche Definition einer zeitlichen Dauer (toff) zwischen der negativen Impulsflanke und der nächsten darauffolgenden positiven Flanke. Die zeitliche Dauer (toff) muss mindestens zwei Zeitschritte umfassen.</p>

5.2 Lastgänge E-Herd

In den untersuchten Haushalten kamen sowohl E-Herde mit Energieregler als auch mit der klassischen 7-Takt-Schaltung vor. Nicht vorhanden waren E-Herde mit Induktionskochplatten.

5.2.1 Lastgänge E-Herd mit 7-Takt-Schaltung

In zwei Haushalten (HH 1 & HH 4) kamen Elektroherde mit 7-Takt Schaltung vor.

Entsprechend dem Schaltungsnamen besitzt jeder Schalter sieben Stellungen (inkl. AUS-Stellung). Die drei sich in der Platte befindlichen Heizwiderstände werden abhängig von der Schalterstellung in unterschiedlichen Kombinationen von Reihen und Parallelschaltungen zusammengeschaltet. Aus dem Gesamtwiderstand ergibt sich dann die Heizleistung.

Geht man davon aus, dass von jeder beliebigen Schalterstellung in jede andere beliebige Schalterstellung innerhalb so kurzer Zeit geschaltet werden kann, sodass die Leistungsänderung als nur ein Sprung erkannt wird, so ergeben sich 21 mögliche Leistungssprünge. Weiters werden je Phase meist zwei Kochplatten betrieben, was dementsprechend zu einer Verdopplung der möglichen Leistungsänderungen führt.

Folgende Abbildung zeigt die gemessenen Lastgänge eines kurzen Kochvorganges einer Herdplatte:

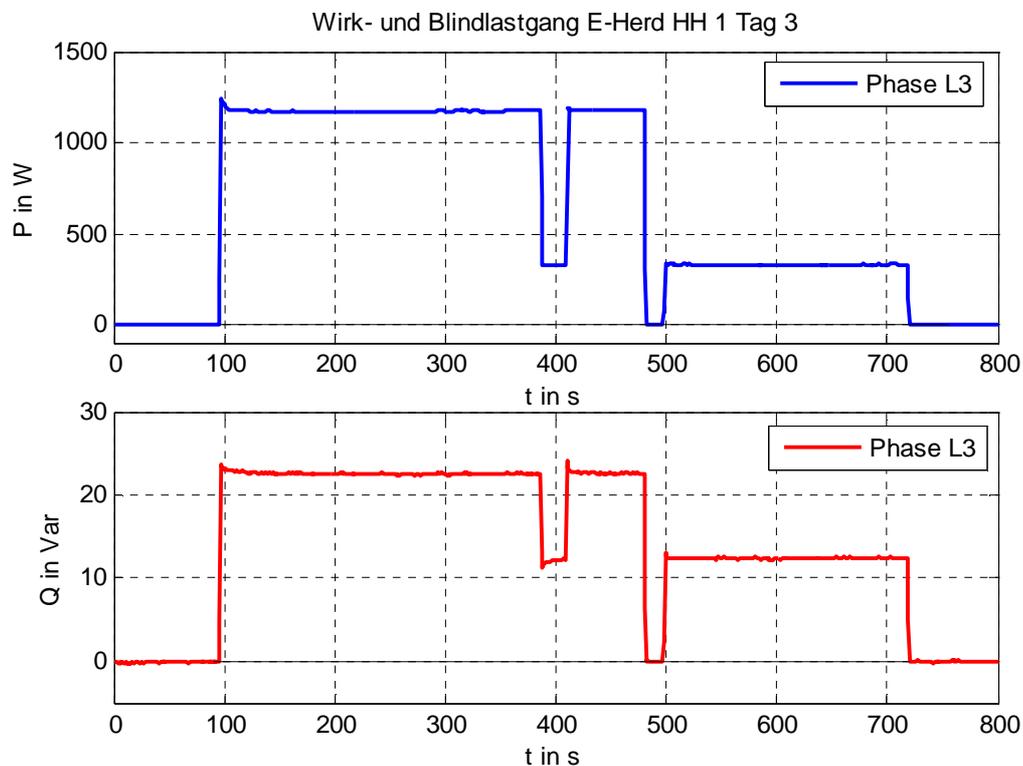


Abbildung 5.1: Wirk- u. Blindlastgang E-Herd mit 7-Takt-Schaltung (Kochvorgang)

In dem abgebildeten Fall fand eine Schaltung zwischen nur zwei Leistungsstufen statt.

Der im positiven Bereich verlaufende Blindlastgang repräsentiert die induktive Komponente des Heizwiderstandes.

Charakteristika in den Lastgängen

Unmittelbar nach dem ersten Einschaltzeitpunkt ist eine fallende Änderung der Leistungsaufnahme zu erkennen. Diese hängt zusammen mit der Widerstandsänderung (Kaltleiter) durch die Erwärmung. Dieser Effekt ist bei praktisch allen ohmschen Verbrauchern zu finden.

Durch die mögliche hohe Anzahl an Leistungssprüngen ist die Wahrscheinlichkeit einer lückenlosen Erkennung eines Kochvorganges aus dem Wirklastgang trotz relativ hoher Leistungen beschränkt.

Die Amplitude des Blindlastganges ist relativ gering, wodurch die Wiedererkennbarkeit in stark überlagerten Blindlastgängen ebenfalls beschränkt ist.

Weitere Merkmale (Signalform, Laufzeit) mit möglichst einmaligem Charakter sind nicht vorhanden.

5.2.2 Lastgänge E-Herd mit Energieregler

Bei dem Energieregler handelt es sich meist um einen stufenlosen Regler mit Bimetall. Die Heizzone wird hierbei impulsförmig mit der Netzspannung versorgt. Abhängig von der Temperatur des Kochfeldes und der Schaltervorwahl ergibt sich die Dauer der Ein- und Ausschaltzeiten. Im Gegensatz zum vorherigen Fall gibt es je Kochplatte nur eine Leistung. Die Steuerung der zugeführten Heizenergie erfolgt somit mittels Variation der Impulsbreite.

Je Phase werden auch in diesem Fall zwei Kochfelder betrieben.

Die Abbildung auf der folgenden Seite zeigt die Lastgänge eines kurzen Kochvorganges (eines Kochfeldes):

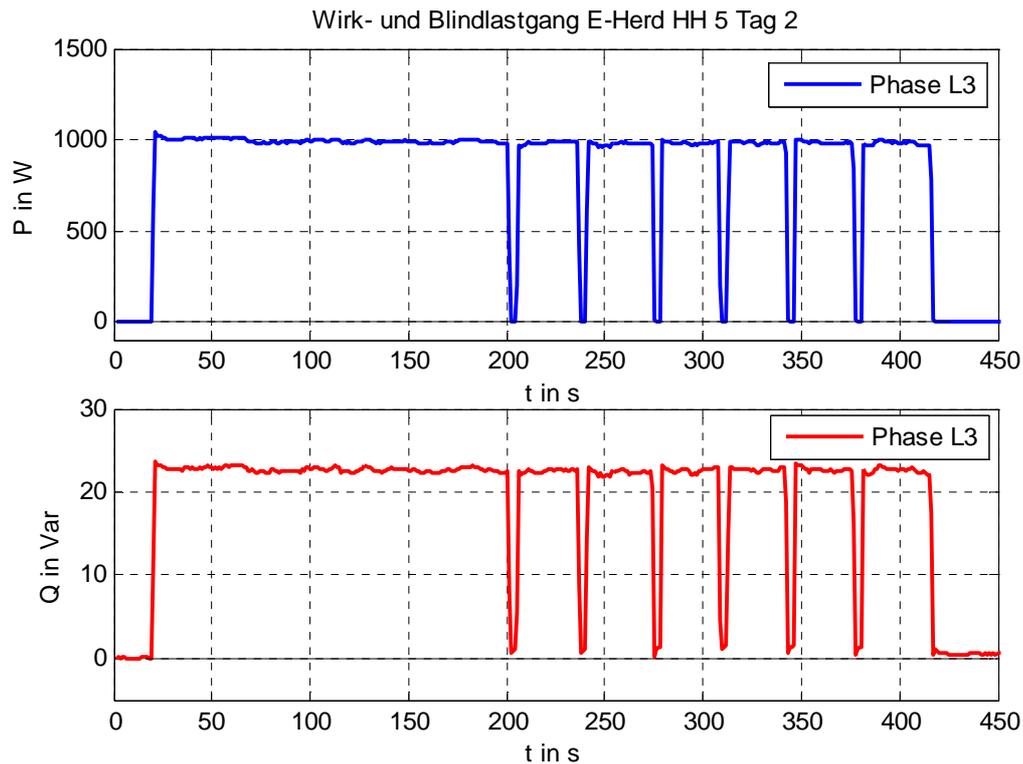


Abbildung 5.2: Wirk- u. Blindlastgang E-Herd mit Energieregler (Kochvorgang)

Charakteristika in den Lastgängen

Die Impulsperioden können zeitlich in einem breiten Bereich variieren. In der Regel ist es jedoch so, dass die Einschaltdauer des ersten Impulses am längsten andauert. In dieser ersten Phase müssen sämtliche Wärmekapazitäten (Kochfeld, Kochgeschirr, Kochgut) aufgeheizt werden. Kommt es zu keinen weiteren Eingriffen (Temperaturstufenänderung, einbringen weiterer Lebensmittel) in den Kochvorgang, so stellt sich nach den ersten Impulsperioden eine konstante Impulsperiode ein. In dieser Phase muss die zugeführte Energiemenge lediglich sicherstellen, dass die Temperatur im Mittel gehalten wird.

Der Erkennungsvorteil beim Gerät liegt in der hohen Leistungsaufnahme.

Die Amplitude des Blindleistungsverlaufes liegt im selben Bereich wie jene beim vorherigen E-Herd mit 7-Takt-Schaltung, womit für die amplitudenbezogene Erkennung dieselben Erkenntnisse wie zuvor gelten.

Geräte mit ähnlicher Charakteristik

Fast alle über Energieregler (Thermostat) gesteuerten ohmschen Heizelemente weisen Lastgänge mit gleichen Charakteristiken auf. Dazu gehören:

- Backrohr/Minibackofen
- elektr. Warmwasserboiler
- Heizstrahler/Heizkonvektor
- Filterkaffeemaschine
- Bügeleisen/Dampfbügelstation
- uvm.

5.3 Lastgänge Waschmaschine

Waschmaschinen besitzen im Zusammenhang mit den vielen verschiedenen Zuständen innerhalb eines Waschganges einen komplexen Lastgang. Die grundsätzliche Struktur bzw. die Abfolge der einzelnen Phasen war jedoch bei allen untersuchten Waschmaschinen sehr ähnlich.

Folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Lastgänge eines Waschganges:

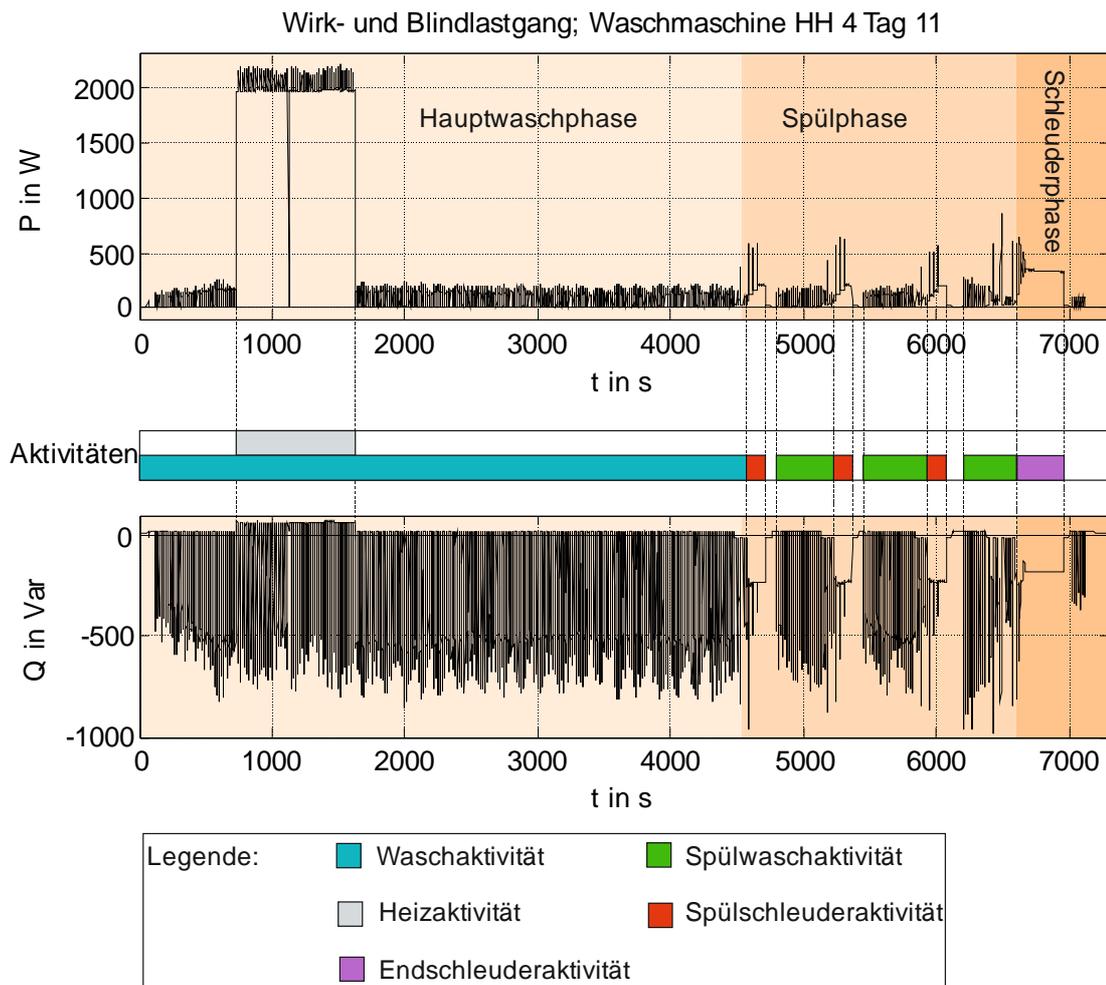


Abbildung 5.3: Wirk- u. Blindlastgang Waschmaschine

Der gesamte Waschgang wurde in drei Hauptphasen unterteilt. Das sind die Hauptwaschphase, die Spülphase und die Schleuderphase. Diese Phasen wurden wiederum in einzelne Aktivitäten unterteilt. Im Folgenden werden nun die einzelnen Waschphasen mit den beinhaltenden Aktivitäten näher beschrieben.

5.3.1 Hauptwaschphase

Die Hauptwäsche umfasst im Wesentlichen zwei markante Aktivitäten, Waschen und Heizen (Pumpen, Ventilsteuerung usw. werden nicht betrachtet).

Waschaktivität

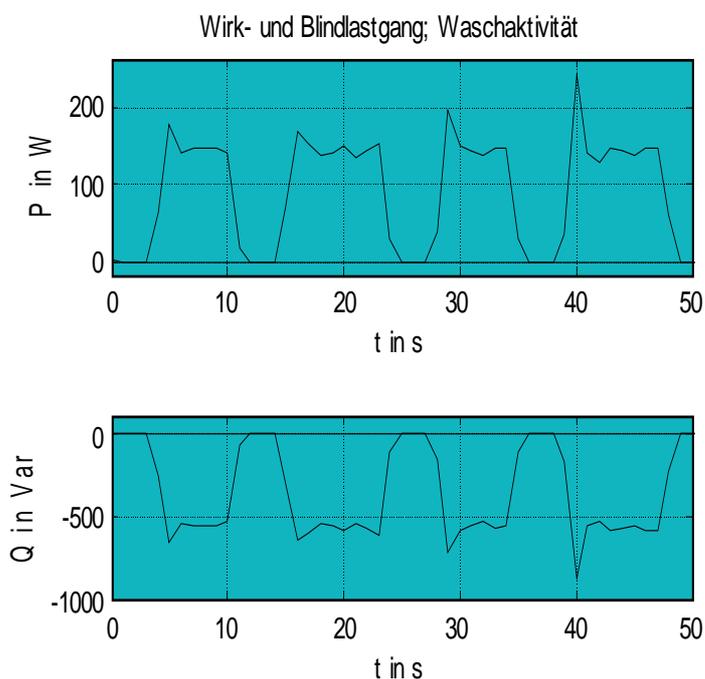


Abbildung 5.4: Ausschnitt Wirk- u. Blindlastgang; Waschen

Diese Aktivität ist gekennzeichnet durch das periodische Drehen des Waschmaschinenmotors (Abbildung 5.4). Zu Beginn der Aktivität ist der mittlere Leistungsbedarf des Motors leicht steigend, da im Anfangsbereich immer wieder Wasser zugeführt wird. Die aufgenommene mittlere Motorwirkleistung ist abhängig von der Wäschebefüllungsmenge sowie der Wassermenge (Stichwort: Mengenautomatik). Die Höhe der Leistungsimpulse ist als Erkennungskriterium zweitrangig zu sehen.

Die Blindleistungsbilanz durch den Motor ist im gezeigten Beispiel stark kapazitiv (grundsätzlich abhängig vom Motor und dessen Ansteuerung).

Eine Motordrehperiode besteht aus der Motorlaufzeit und einer darauffolgenden Motorstillstandszeit. Diese Leistungsimpulsperiode kann in ihrem zeitlichen Aufbau, abhängig von der Waschmaschine und dem gewählten Programm, über die gesamte Phase konstant sein oder auch variieren. Bei den untersuchten Waschmaschinen gibt es maximal drei bis vier zeitlich unterschiedlich aufgebaute Leistungsimpulsperioden in der Phase. Diese Perioden können gruppiert oder auch abwechselnd hintereinander auftreten (siehe auch 6.2.2). Der zeitlich konstante Leistungsimpulsaufbau ist als wichtiges Erkennungskriterium zu sehen.

Die gesamte Dauer der Waschphase eines Gerätes variiert abhängig vom Waschprogramm und der Füllmenge.

Heizaktivität

Diese Aktivität dient zum Aufheizen des Wassers. Die Dauer ist in erster Linie abhängig von der gewählten Waschtemperatur, der Wasserzufusstemperatur sowie der Wassermenge (Mengenautomatik). Bei den untersuchten Waschmaschinen schwankte die Heizdauer im Bereich von ca. 20% bis 50% bezogen auf die Dauer der Waschaktivität.

Im Blindlastgang ist die wirksame Heizungsinduktivität während dieser Phase zu erkennen.

5.3.2 Spülphase

Die Spülphase beinhaltet im Wesentlichen zwei Aktivitäten, kurzes Spülschleudern gefolgt von Spülwaschen. Diese beiden Phasen werden abhängig von der Waschmaschine und dem gewählten Waschprogramm bei den untersuchten Geräten zwei- bis viermal hintereinander durchlaufen.

Spülschleuderaktivität

Im Bereich der Spülschleuderaktivität wird das Wasser abgepumpt und die Wäsche geschleudert (mit verringerter Höchstdrehzahl), um das Wasser großteils aus der Maschine zu bekommen. Bis auf einzelne Ausnahmen, wo vermutlich ein Unwuchtschutz in Kraft trat, war die zeitliche Dauer der Spülschleuderaktivitäten innerhalb eines Waschprogrammes immer gleich (± 1 Sekunde).

Im gezeigten Beispiel findet eine stufenweise Erhöhung der Leistung bzw. der Drehzahl statt, maschinenabhängig variiert der Leistungsverlauf in diesem Bereich.

Die konstante Schleuderdauer ist als Erkennungskriterium äußerst belastbar.

Spülwaschaktivität

In der Spülwaschaktivität werden durch erneutes periodisches Drehen des Motors die Waschmittelreste aus der Kleidung gespült. Die Leistungsimpulsperioden sind in ihrem zeitlichen Aufbau in dieser Phase ebenfalls sehr konstant (± 1 Sekunde). Wobei zu beobachten ist, dass die Impulsfrequenz in der Regel über jener in der Waschphase liegt. Die Leistungsimpulshöhe variiert ebenfalls abhängig vom Gesamtbeladungszustand (Wäsche- und Wassermenge).

5.3.3 Schleuderphase

Endschleuderaktivität

Die letzte Phase bzw. Aktivität ist das Schleudern. Hier wird das Wasser aus dem letzten Spülgang durch schnelles Drehen der Trommel und gleichzeitiges Abpumpen aus der Wäsche entfernt. Die zeitliche Dauer ist waschprogrammbezogen ebenfalls sehr konstant (+/- 1 Sekunde).

5.4 Lastgänge Geschirrspüler

Alle untersuchten Haushalte verfügen über einen Geschirrspüler.

Folgende Abbildung zeigt die Lastgänge eines Geschirrspülvorganges:

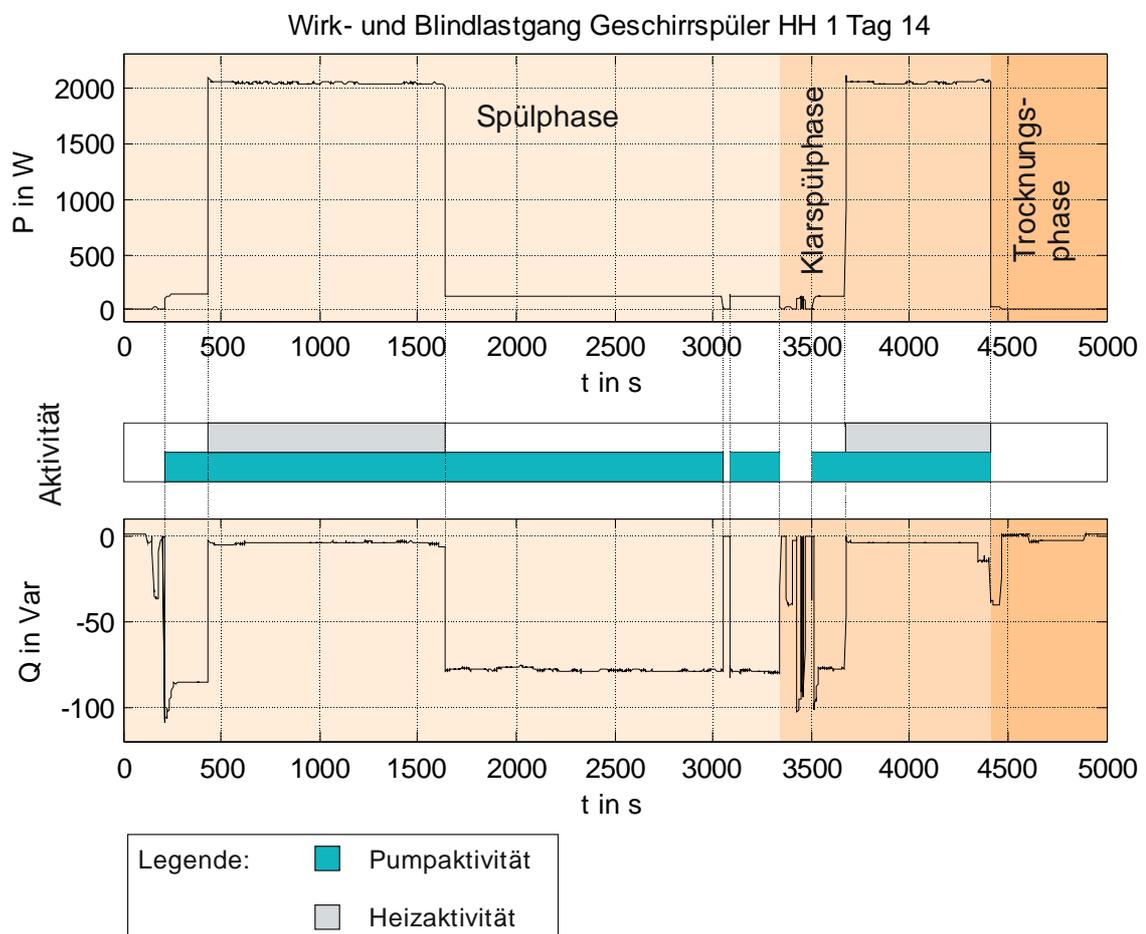


Abbildung 5.5: Wirk- u. Blindlastgang Geschirrspüler (Spülvorgang)

Ähnlich wie zuvor bei der Waschmaschine wurde der Reinigungsvorgang in drei Hauptphasen, die Spülphase, die Klarspülphase und die Trocknungsphase unterteilt. Diese stellen die Grundstruktur dar, welcher in jedem Basisreinigungsvorgang vorkommt. Abhängig vom gewählten Reinigungsprogramm kommt zusätzlich zum Beispiel noch ein Vorspülgang

(meist mit kaltem Wasser) hinzu. Die ersten zwei Hauptphasen wurden wiederum in einzelne Aktivitäten (Pumpen und Heizen) unterteilt.

Während des Spülganges findet die eigentliche Reinigung statt, wo das Geschirr von Speiseresten befreit wird. Darauf folgt der Klarspülgang, welcher zur Entfernung von Spülmittelresten sowie der Vorbereitung zur Trocknung dient.

Betrachtet werden nur die Hauptaktivitäten, Pumpen und Heizen (Ventilsteuerung usw. wird vernachlässigt). Beide kommen mit unterschiedlicher zeitlicher Dauer in den ersten zwei Hauptphasen vor. Die charakteristischen Impulshöhen und Impulsdauern eines Gerätes sind in Tabelle 6.3 zu sehen.

Pumpen

Gemeint ist hier jene Pumpe, welche für die Bewegung des Wassers während des Reinigungsvorganges zuständig ist. Während dieser Aktivität wird das Wasser, welches sich am Boden des Geschirrspülers sammelt, mittels der Pumpe zu den Spülarmen transportiert. Diese werden dann durch die Anordnung der Wasseraustrittsöffnungen in Drehung versetzt.

Heizen

Während dieser Phase wird das Wasser aufgeheizt. Geräteabhängig und spülprogrammabhängig kann die Anzahl der Heizimpulse variieren.

Die temperaturgesteuerte Heizdauer ist ähnlich wie bei der Waschmaschine abhängig von dem gewählten Spülprogramm (Temperatureinstellung), von der Wasserzufusstemperatur sowie von der Geschirrmenge bzw. der Geschirrrart (Wärmekapazität).

5.5 Lastgänge Mikrowelle

Folgende Abbildung zeigt die Lastgänge einer Mikrowelle:

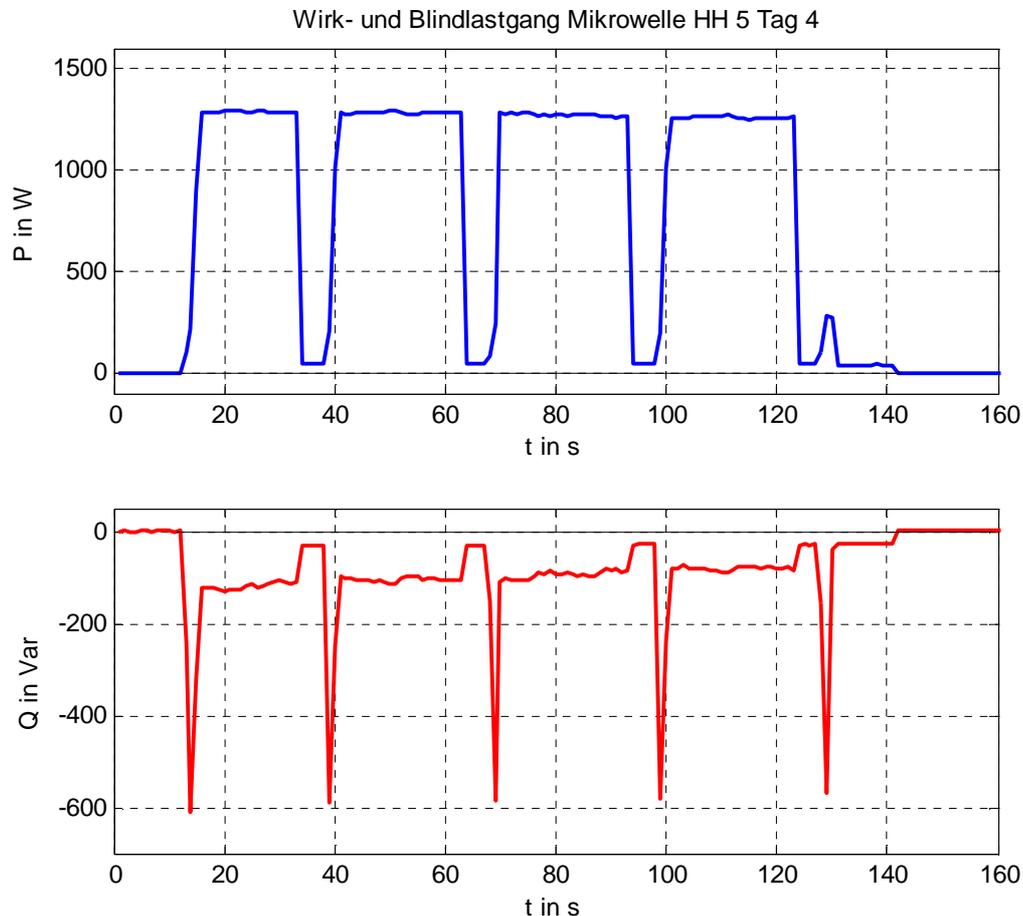


Abbildung 5.6: Wirk- u. Blindlastgang Mikrowelle

Die Steuerung der Energiezufuhr für die zu erwärmende Speise erfolgt über die Veränderung der Impulsbreite. Umso höher die eingestellte Leistung ist, desto länger dauert die Einschaltphase an.

Charakteristika in den Lastgängen

Der erste Einschaltimpuls war speziell bei diesem Gerät immer etwas kürzer als die folgenden Impulse, dies stellt jedoch keine Regel dar.

Die Amplituden der Wirkleistungsimpulse können von Gerät zu Gerät variieren.

Die zeitliche Dauer der Impulse ist jedoch abhängig von der Garstufe immer gleich lang.

Besonders charakteristisch bei der Mikrowelle (zumindest bei den untersuchten Geräten) ist der stets gleich verlaufende kapazitive Blindlastgang. Zum Einschaltzeitpunkt bildet dieser

eine markante Spitze aus. Sobald der Wirkleistungsimpuls einen stationären Wert erreicht, ist die Einschaltspitze im Blindlastgang vollständig abgeklungen.

Problematisch ist immer der letzte Leistungsimpuls, da dieser vorzeitig durch Erreichen der eingestellten Garzeit oder durch manuellen Abbruch beendet werden kann. Im gezeigten Beispiel ist zu erkennen, dass der Garvorgang noch bevor die Wirkleistung ihr Maximum erreicht abgebrochen wurde.

5.6 Lastgänge Kühlschranks

Folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt (ca. 3 Stunden) aus den Tageslastgängen eines Kühlschranks. Die grundsätzliche Struktur der Lastgänge gilt entsprechend der Funktionsweise auch für Gefrierschränke, Gefriertruhen sowie für Kombinationsgeräte.

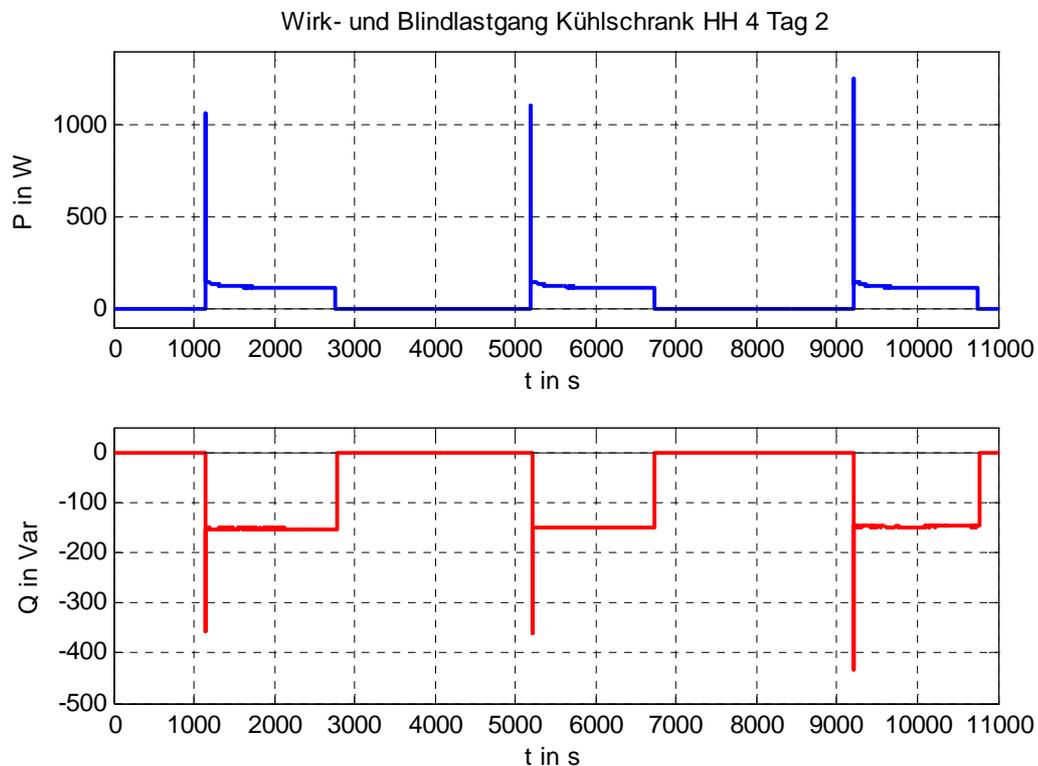


Abbildung 5.7: Wirk- u. Blindlastgang Kühlschrank

Die Steuerung des Kühlschranks erfolgt über einen verstellbaren Thermostat im Kühlschrank. Der zeitliche Aufbau der Leistungsimpulsperioden kann geräteabhängig stark variieren.

Charakteristika in den Lastgängen

Besonders markant ist die Einschaltspitze in den Lastgängen, welche durch den Verdichteranlauf entsteht. Die Höhe der Leistungsspitzen kann stark variieren, ein Grund hierfür liegt in der gewählten Aufzeichnungsrate von einer Sekunde. Nach der

Einschaltspitze sinkt der Wirkleistungsverlauf bis sich letztendlich ein konstanter Wert einstellt.

Die Blindleistungsimpulse sind praktisch während der gesamten Laufzeit im Betrag konstant (abgesehen von der Einschaltspitze).

Über einen längeren Zeitraum betrachtet, wirken die Lastgänge sehr periodisch, dennoch traten in der Praxis immer wieder starke Abweichungen bezüglich des zeitlichen Aufbaues der Leistungsimpulsperioden auf. Mögliche Gründe für Abweichungen bzw. Änderungen sind:

- längeres oder häufiges Öffnen der Kühlschranktüre
- Einbringen von Lebensmitteln (besonders wenn diese eine erhöhte Temperatur aufweisen)
- Verstellung der Kühlstufe
- Änderung der Umgebungstemperatur (Sommer/Winter)

Zeitliche Erkennungskriterien sind daher zweitrangig zu sehen.

5.7 Lastgänge Schaltnetzteile

Die Anzahl der Schaltnetzteile in Haushalten nimmt immer weiter zu.

Folgende Abbildung zeigt exemplarisch den Lastgang eines Laptopnetzteils:

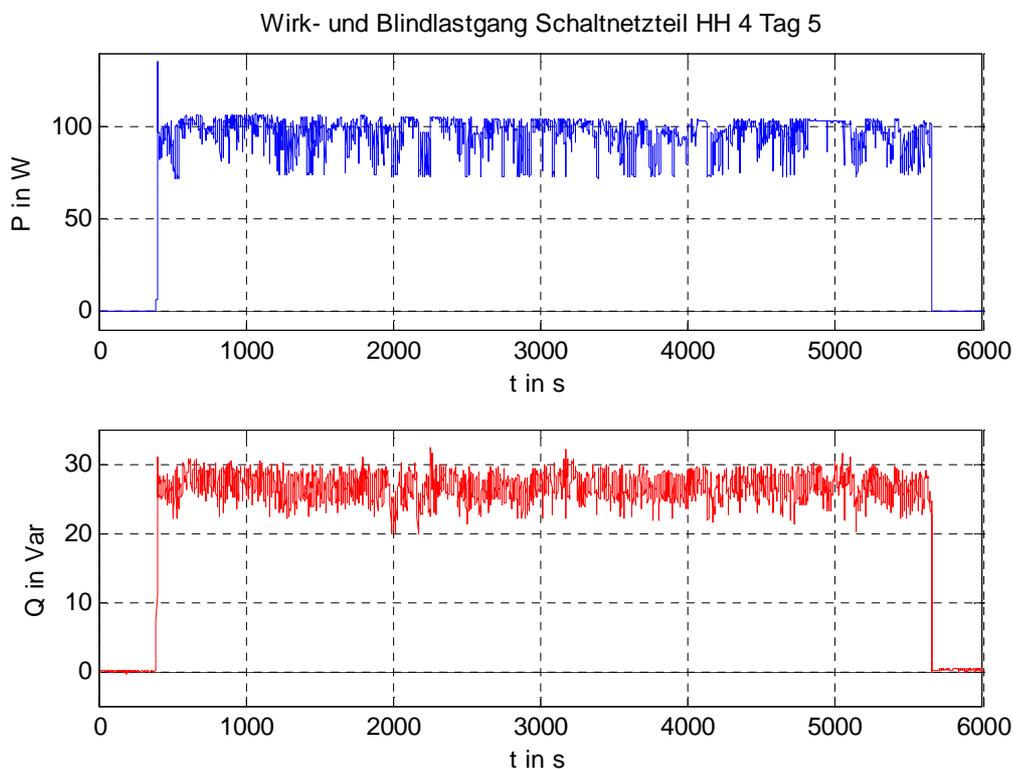


Abbildung 5.8: Wirk- u. Blindlastgang Laptopnetzteil

Folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Lastgänge aus Abbildung 5.9:

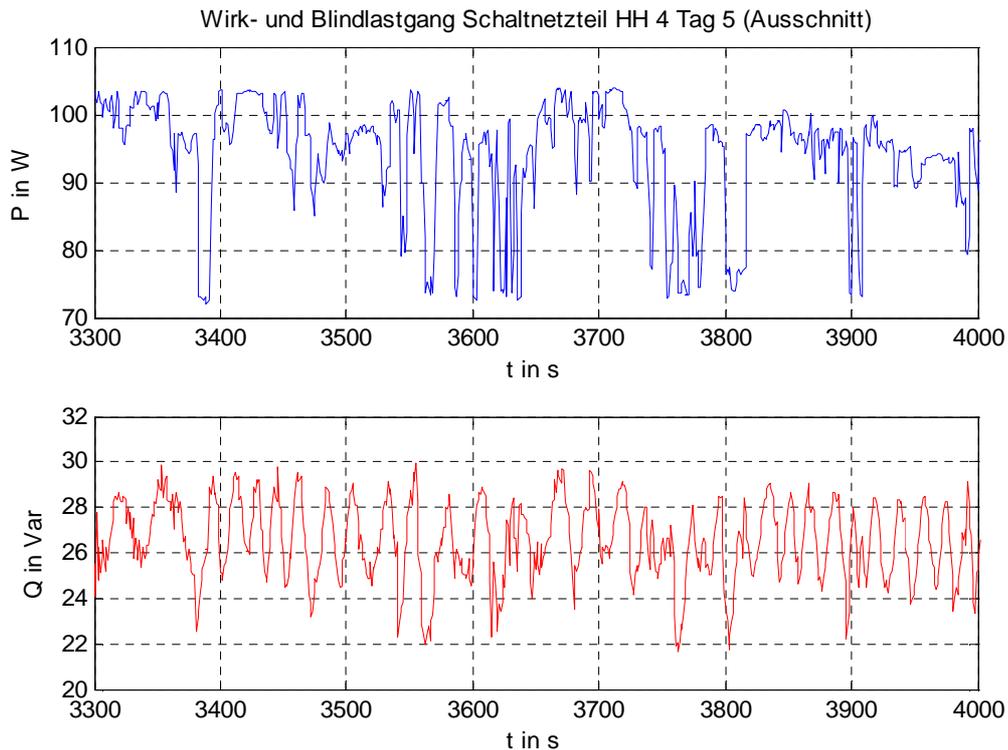


Abbildung 5.9: Wirk- u. Blindlastgang Laptopnetzteil

Charakteristika in den Lastgängen

Die Lastgänge von Schaltnetzteilen beinhalten eine Vielzahl von sporadischen Sprüngen mit wechselnder Amplitudenhöhe und wechselnder Sprungfrequenz. Das Definieren von Erkennungsmerkmalen ist somit sehr schwierig. Besonders bei Laptops kann abhängig von der Prozessortechnologie die mittlere Leistung im Vergleich zum gezeigten Beispiel wesentlich mehr schwanken.

Neben dem Problem der Erkennbarkeit derartiger Geräte verursachen Schaltnetzteile auch erhebliche Probleme bei der Erkennung anderer Geräte, welche im selben Lastgang überlagert sind.

6 Algorithmen zur Erkennung ausgewählter Elektrogeräte

6.1 Grundlegendes für die automatische Erkennung inkl. umgesetzter Funktionen

Dieses Unterkapitel behandelt die Basis für die umgesetzte Erkennung. Hierfür wurde eine Reihe von Funktionen entwickelt, welche im Folgenden beschrieben werden. Die Umsetzung erfolgte in der Software MATLAB.

6.1.1 Leistungsnormierung zur Berücksichtigung von Spannungsschwankungen

Die aufgenommene Wirkleistung eines linearen ohmschen Verbrauchers ist abhängig von der angelegten Spannung.

Folgende Abbildung dient zur Veranschaulichung:

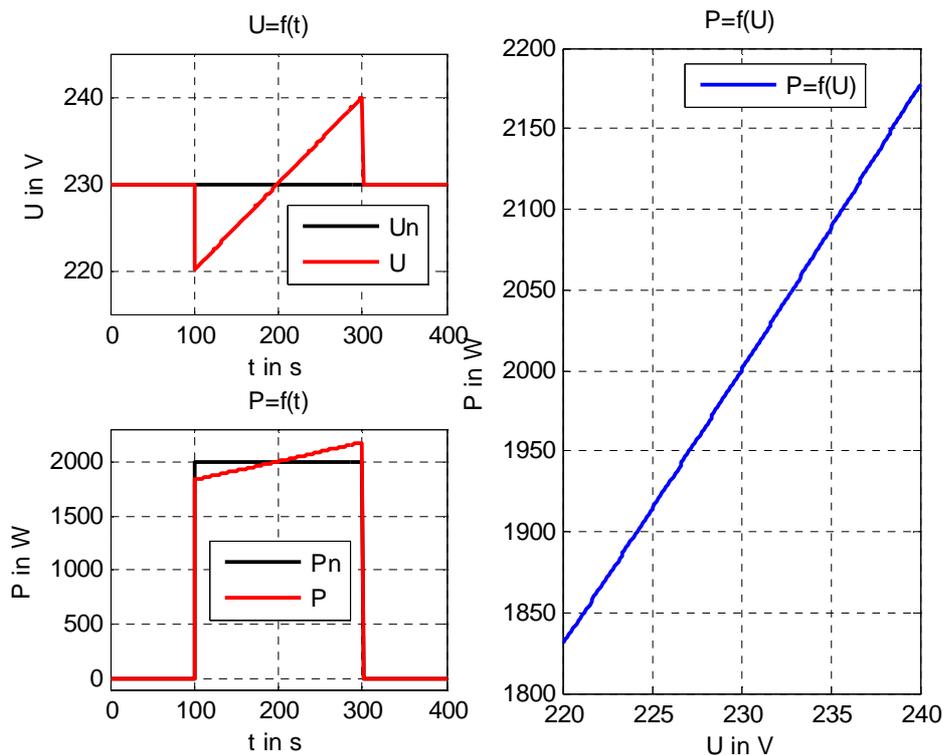


Abbildung 6.1: Spannungsabhängigkeit der Wirkleistung (ohm. Verbraucher)

In der Abbildung sind die Zusammenhänge zwischen Spannung und aufgenommener Wirkleistung eines ohmschen Verbrauchers zu sehen. Bei einem Spannungseffektivwert von

230 V nimmt dieser eine Leistung von 2 kW auf. Schwankt der Spannungseffektivwert in einem Bereich von +/- 10 V, so ändert sich die Leistungsaufnahme um ca. +/- 170 W.

Daraus ergibt sich, dass eine Normierung des Wirklastganges hinsichtlich der Spannung bei größeren Leistungen nötig ist. Die Normierung wurde folgendermaßen durchgeführt:

$$P_{norm} = \frac{U_{norm}^2}{U^2} \cdot P \quad \text{Gl. 6.1}$$

P_{norm} ... normierte Leistung

U_{norm} ... Normspannung; 230 V

U ... gemessene Spannung

P ... gemessene Leistung

Zu beachten ist, dass nicht alle Verbraucher, welche im Wirklastgang der Phasensumme aufscheinen, eine derartige Charakteristik aufweisen (z.B. Schaltnetzteile). Die Leistungsnormierung verursacht somit immer dort im Wirklastgang einen Fehler, wo Verbraucher mit einem nichtlinearen ohmschen Verhalten überlagert sind.

Zur einfacheren Handhabung der Leistungsnormierung wurde die Gleichung Gl. 6.1 in eine MATLAB Funktion integriert.

Folgende Abbildung dient zur Veranschaulichung:

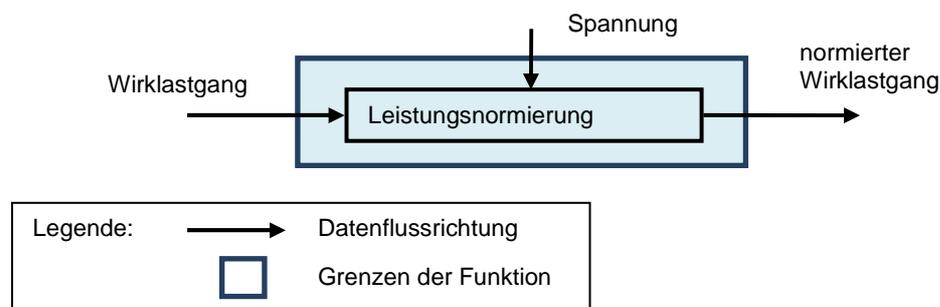


Abbildung 6.2: Datenflussbild der Leistungsnormierung

6.1.2 Filterung

Im Rahmen der Lastgangsanalyse hatte sich gezeigt, dass eine Filterung der Daten oft sinnvoll bzw. notwendig war, um eine automatische Erkennung realisieren zu können.

Zwei Filterfunktionen (Medianfilter, lokaler Mittelwertfilter) hatten sich in diesem Zusammenhang als äußerst geeignet herauskristallisiert und wurden in eine Funktion in folgender Kombination integriert:

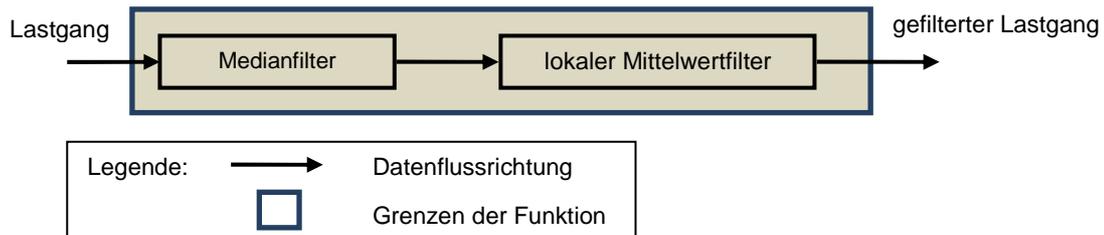


Abbildung 6.3: Datenflussbild Filterfunktionsintegration

6.1.2.1 Medianfilter

Die Analyse von diversen Geräten zeigte, dass einige von ihnen markante Leistungsspitzen in ihrem Lastgang aufweisen. Bei den Spitzen kann es sich sowohl um Anlaufspitzen von diversen Motoren als auch um Leistungsspitzen handeln, welche den Lastgang eines Gerätes repräsentieren (z.B. Heizphasen eines Laserdruckers). Abhängig von dem Gerät, welches erkannt werden soll, können diese Spitzen zusätzliche Erkennungsmerkmale oder auch eine Störung darstellen.

Der Medianfilter ist ein nichtlinearer Filter mit sehr guten Eigenschaften bezüglich der Unterdrückung von Störimpulsen.

Funktionsweise

Der Filter ermittelt, wie der Name schon sagt, den Medianwert. Hierzu werden die Daten innerhalb einer Umgebung der Größe nach sortiert und daraus der Wert, welcher in der Mitte der Umgebung liegt, ermittelt. Ist die Länge der Umgebung (Breite des Filterfensters) geradzahlig, so wird aus den zwei sich in der Mitte der Umgebung befindlichen Werten der Mittelwert berechnet und als Medianwert verwendet.

Folgende Abbildung veranschaulicht die Funktion eines derartigen Filters auf den schwarz dargestellten Signalverlauf. Der blaue Signalverlauf stellt das Ergebnis der Filterung dar. Die Filterbreite wurde mit der Länge drei (drei Zeitschritte) gewählt.

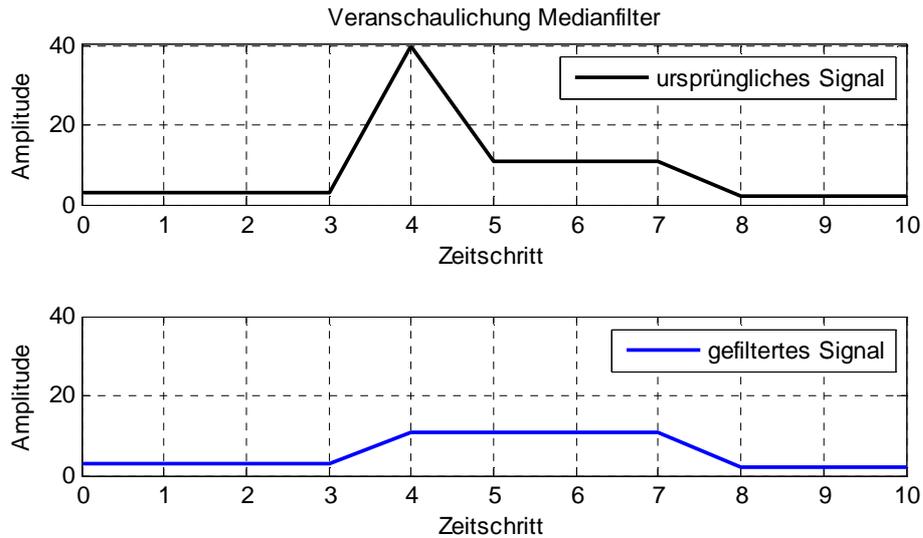


Abbildung 6.4: Veranschaulichung Medianfilter

Wie aus der Abbildung zu erkennen ist, wird der Spitzenwert mit der Amplitude von 40 bei $t=4$ durch einen Wert mit einer Amplitude von 10 ersetzt. Der Wert entspricht also dem mittleren Wert der nach Größe sortierten Zahlen von $t=3$ bis $t=5$. Für den ersten und den letzten Wert kann kein Medianwert angegeben werden, da kein Nachbarwert vorhanden ist. Um die Länge der Datenreihe nicht zu verändern, wird einfach jeweils der Originalwert der Datenreihe verwendet. Mittels einer Filterbreite von $2N+1$ können Spitzen der Länge N eliminiert werden.

Der Filter hat folgende Vorteile/Eigenschaften:

- kontinuierlich steigende Signale bleiben unverändert
- Kanten zwischen Bereichen gleicher Werte bleiben vorhanden
- einzelne Spitzen werden eliminiert, ohne Nachbarwerte wesentlich zu verändern

6.1.2.2 Lokaler Mittelwertfilter

Für die Erkennung verschiedener Geräte war eine Medianfilterung alleine jedoch nicht ausreichend.

Folgende Abbildung zeigt beispielhaft einen Ausschnitt aus dem Wirklastgang eines Waschmaschinenmotors vor und nach dem lokalen Mittelwertfilter:

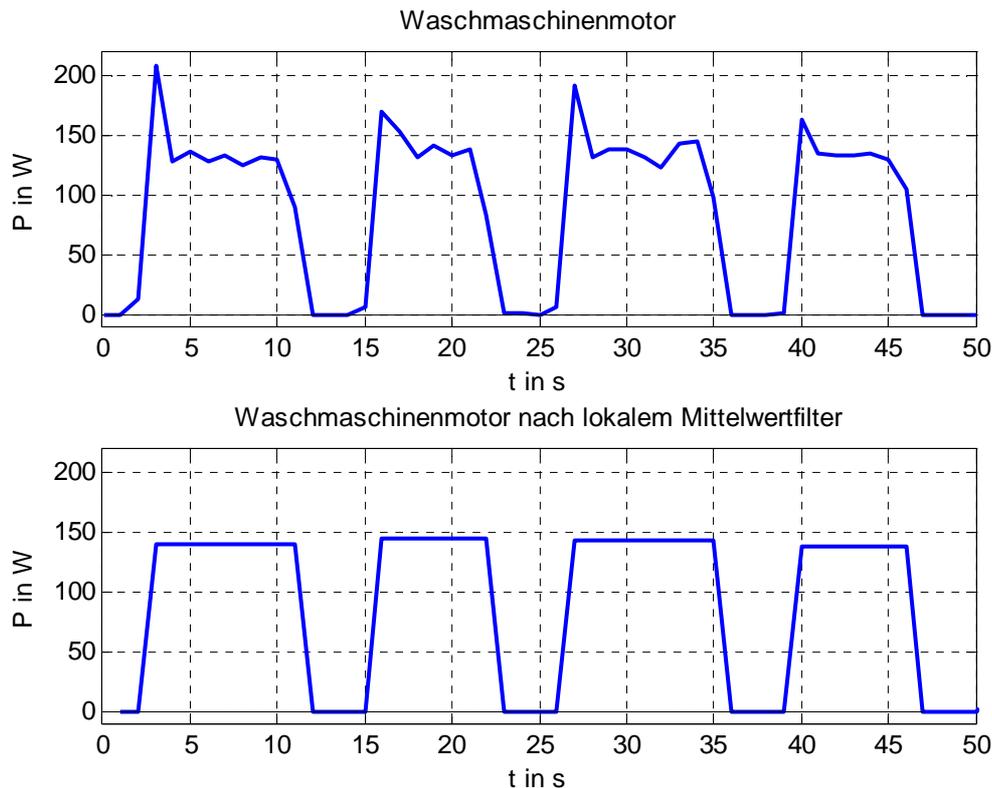


Abbildung 6.5: Wirklastgang Waschmaschinenmotor vor und nach lokalem Mittelwertfilter

Da die Gewichtsverteilung der beladenen Waschmaschinentrommel nicht symmetrisch ist, ist die Leistungsaufnahme während der Drehbewegung nicht konstant (siehe Abbildung 6.5 oben). Weiters werden Signalinformationen (Signalverlauf) der Leistungsimpulse durch die gewählte Abtastrate reduziert. Aufgrund dieser Umstände ist eine weitere Signalbehandlung nötig, um Erkennungskriterien (Sprunghöhe) mit einem begrenzten Toleranzbereich festlegen zu können.

Der Medianfilter würde es zwar ermöglichen eine Leistungsspitze, wie sie im ersten Leistungsimpuls in der Abbildung 6.5 (oben) zu sehen ist, zu eliminieren, dennoch würde eine erhebliche Schwankung bezüglich der Höhe der Leistungsflanken verbleiben.

Aus diesem Grund wurde ein lokaler Mittelwertfilter entworfen, mit dem Ziel die Leistungssprungschwankungen gleicher Geräte zu reduzieren.

Funktionsweise:

Der Filter bildet, wie der Name bereits aussagt, lokale Mittelwerte. Innerhalb einer Umgebung wird hierzu der Mittelwert gebildet und alle in der Umgebung befindlichen Werte durch diesen ersetzt. Die Grenzen der Umgebung werden von den Sprungkanten gebildet (Abbildung 6.5 unten).

Durch die lokale Mittelwertbildung wurde im gezeigten Beispiel erreicht, dass die maximale Differenz zwischen den Ein- und Ausschaltspungflanken des Originalsignals (Abbildung 6.5 oben) von ca. 70 W auf unter 10 W (Abbildung 6.5 unten) reduziert wurde. Die Filterung ist somit zur Reduktion von Leistungsschwankungen gut geeignet.

6.1.3 Flanken-/Impuls-/Impulsperiodenerkennung

Die Funktion ist in der Lage folgende Erkennungen durchzuführen:

- Detektion von einzelnen Leistungsflanken
- Detektion von Leistungsimpulsen
- Detektion von Leistungsimpulsperioden

Die Vorgabe der Erkennungsmethode erfolgt durch entsprechende Auswahl (siehe Abbildung 6.6).

Die Abbildung auf der nächsten Seite zeigt das Datenflussbild der Funktion:

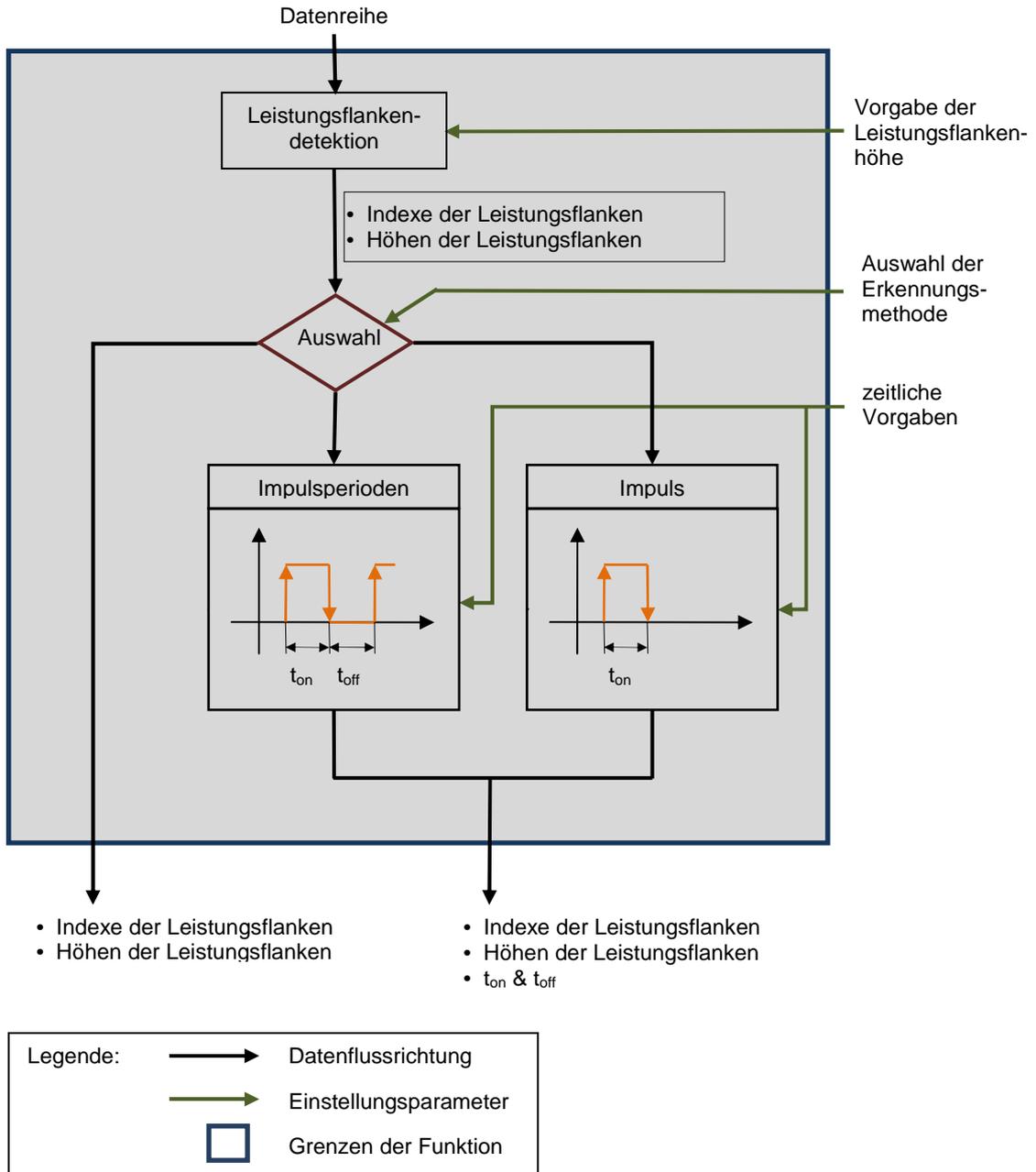


Abbildung 6.6: Datenflussbild der Flanken-/Impuls-/Impulsperiodenerkennung

Funktionsbeschreibung

Der erste Teil der Funktion ist für alle Erkennungsvarianten gleich. Die eingelesene Datenreihe wird auf Leistungsflanken entsprechend der vorgegebenen Grenzen untersucht und selektiert.

Abhängig von der Auswahl der Erkennungsmethode können diese Daten direkt ausgegeben oder an die Impuls- bzw. Impulsperiodenerkennung weitergeleitet werden.

Impulserkennung

Die Impulserkennung dient zum Auffinden einzelner Leistungsimpulse. Abhängig von den vorgegebenen zeitlichen Grenzen für die Impulsdauer werden die vorverarbeiteten Daten untersucht. Wird eine Kombination aus positiver und negativer Leistungsflanke mit entsprechendem zeitlichen Abstand (t_{on}) gefunden, so erfolgt die Hinterlegung der Flankenindexe (zeitl. Lage der Flanken), der Flankenhöhen sowie des exakten Abstandes der Flanken. Das Untersuchungsfenster wandert nach erfolgreicher Detektion weiter zur ersten positiven Flanke welche sich nach dem detektierten Impuls befindet.

Impulsperiodenerkennung

Diese funktioniert im Wesentlichen gleich wie die Impulserkennung. Der Unterschied liegt nur in der Vorgabe einer weiteren Bedingung durch die Impulsauszeit (t_{off}) und der Suche nach einer weiteren positiven Flanke. Die Funktion ist so ausgelegt, dass das Untersuchungsfenster bei erfolgreicher Detektion zur letzten detektierten positiven Flanke weiterwandert.

6.1.4 Impulsgruppenerkennung

Die Impulsgruppenerkennungsfunktion ist eine Funktion, welche die Anzahl an Fehlerkennungen von einzelnen Leistungsimpulsen durch die Impulsperiodenerkennung stark reduzieren kann.

Folgende Abbildung dient zur Veranschaulichung der integrierten Funktion:

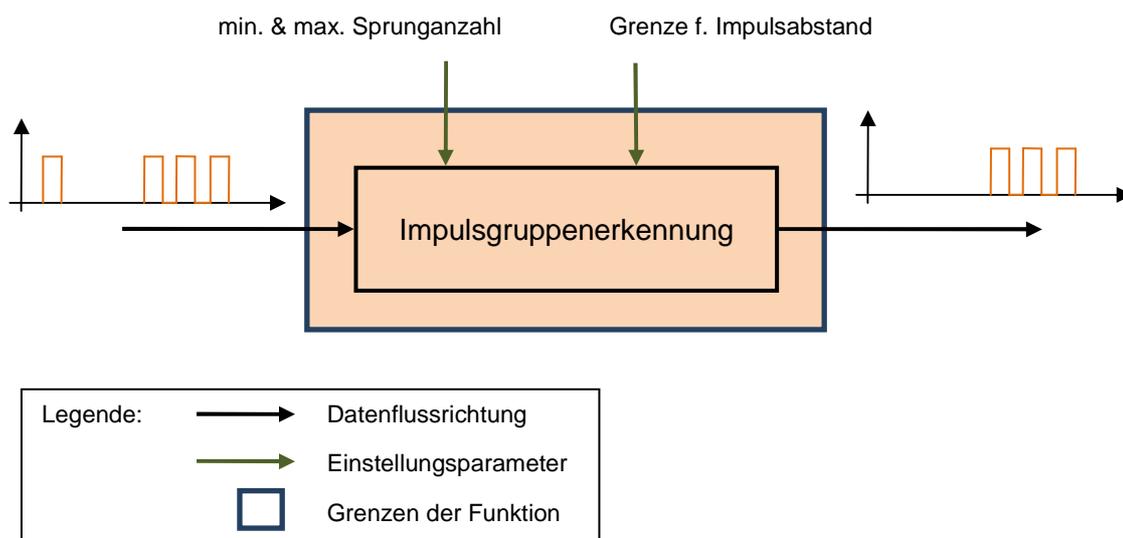


Abbildung 6.7: Datenflussbild der Impulsgruppenerkennung

Funktionsbeschreibung

Die Daten der erkannten Leistungsimpulse werden der Funktion zugeführt. Als Filterkriterium für Impulsgruppen kann eine minimale und eine maximale Anzahl von Impulsen für eine Gruppe vorgegeben werden, als Gruppentrennungskriterium dient die Vorgabe einer Grenze für den Impulsabstand.

6.1.5 Energieermittlung

Die Ermittlung der tatsächlich verbrauchten Energie eines Gerätes erfolgte durch einfaches Aufsummieren der Leistungswerte über die Zeit.

Die Energieermittlung aus den Daten der automatisierten Erkennung erfolgte durch Multiplikation der Einschaltleistungsflanke mit der Einschaltdauer. Sofern eine Leistungsnormierung durchgeführt wurde, wurde die Einschaltflanke vor der Energieberechnung auf die tatsächliche Spannung zurückgerechnet (siehe auch Gl. 6.1).

6.2 Erkennung ausgewählter Elektrogeräte

In diesem Unterkapitel wird die Erkennung einzelner Geräte unter Zuhilfenahme der zuvor beschriebenen Basisfunktionen behandelt. Die Funktionen analysieren nur den Wirklastgang. Auf den Nutzen des Blindlastganges zur eventuellen Verbesserung der Erkennung von einzelnen Geräten wird an den entsprechenden Stellen eingegangen. Grundsätzlich sind die entworfenen Funktionen auch auf den Blindlastgang anwendbar. Da speziell die Zusammenfügung der erkannten Daten aus der Wirk- und Blindlastgangsanalyse mit erheblichem Programmieraufwand verbunden ist, wurde aus zeitlichen Gründen darauf verzichtet.

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die Erkennung der Geräte aus dem Summenlastgang einer Phase.

Im Rahmen der Arbeit wurden grundsätzlich nur Geräte behandelt, deren Zustandsänderung (Ein- und Ausschalten) durch einen Sprung in der Leistungsaufnahme gekennzeichnet ist. Geräte mit einer kontinuierlichen Leistungsänderung (z.B. über Dimmer angesteuertes Licht) können mit den angewandten Methoden nicht erkannt werden.

Die vorhandenen Daten (Messdaten, Gerätetagebuch) würden es durchaus erlauben, noch einige weitere Geräte genauer zu analysieren. Aus zeitlichen Gründen konnte jedoch eine automatisierte Erkennung nur für eine geringe Anzahl von Geräten umgesetzt werden. Die Auswahl der Geräte erfolgte nach der energetischen Relevanz sowie dem ausreichenden Vorhandensein von Messdaten.

6.2.1 Erkennung eines E-Herdes mit Energieregler

Im Folgenden wird exemplarisch die Erkennung zweier Kochfelder des E-Herdes in Haushalt 1 behandelt. Die gewählte Vorgehensweise ist für alle unter 5.2.2 angegebenen Geräte anwendbar.

Folgende Abbildung zeigt die verwirklichte Umsetzung der automatisierten Erkennung:

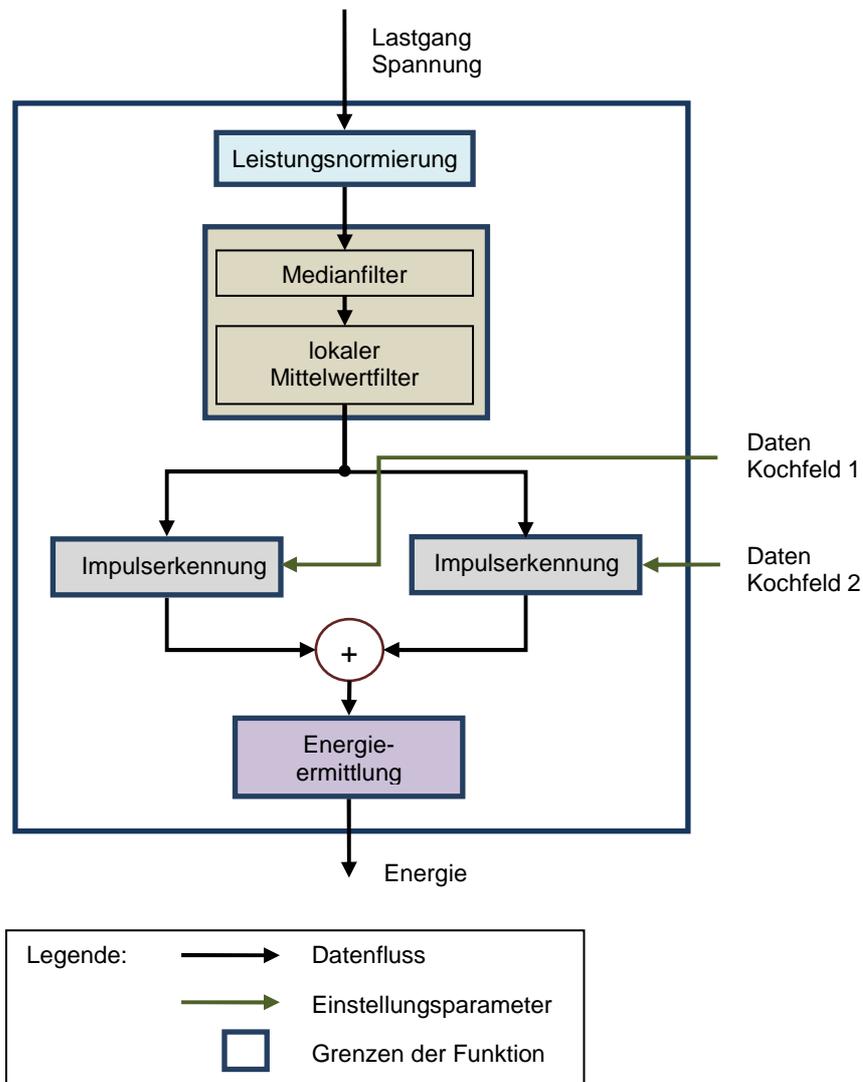


Abbildung 6.8: Datenflussbild E-Herderkennung

In Abbildung 6.8 ist der Weg der Daten durch die einzelnen Erkennungsfunktionen dargestellt. Da in den untersuchten Haushalten in der Regel zwei Kochfelder je Phase angeschlossen sind, wurde die Erkennungsfunktion entsprechend für die Erkennung von zwei unterschiedlichen Leistungsimpulsen ausgelegt.

Funktionsbeschreibung:

Im ersten Schritt erfolgt das Einlesen der Daten (Messdaten, Einstellungsdaten für die Erkennungsfunktionen (siehe auch Kap. 6.1). Der eingelesene Wirklastgang wird der Leistungsnormierung und der Filterung zugeführt. Nach der jeweiligen Leistungsimpulserkennung werden die gewonnenen Daten zusammengeführt und die Energie ermittelt.

Folgende Tabelle beinhaltet exemplarisch die Einstellungsgrenzen für die Erkennung des E-Herdes in Haushalt 2:

Kochfeld	Flankenhöhe		Einschaltdauer	
	min.	max.	min.	max.
	W	W	s	s
Kochfeld 1	1200	1250	23	272
Kochfeld 2	2120	2190	15	271

Tabelle 6.1: Minimale und maximale Werte f. Impulserkennungsfunktionen

Speziell die Bereiche für die Leistungsimpulsdauern mussten sehr groß gewählt werden (siehe auch Kap. 5.2.2), um eine erfolgreiche Erkennung für die gesamte Messdauer sicherzustellen.

Die Abbildung auf der nächsten Seite zeigt beispielhaft einen Ausschnitt eines Kochvorganges des Kochfeldes 1 am Tag 3 mit erfolgreicher Erkennung aus dem gefilterten und normierten Lastgang der Phasensumme:

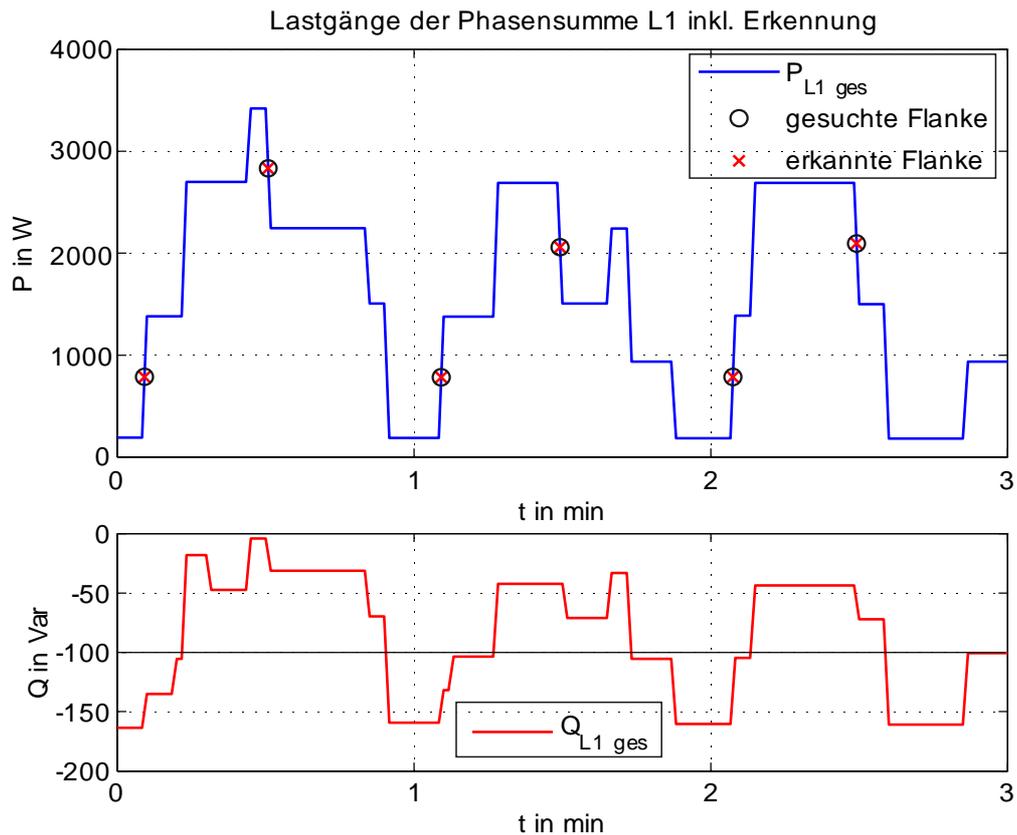


Abbildung 6.9: Wirk- u. Blindlastgang; E-Herderkennung

Die schwarzen Kreise kennzeichnen die Leistungsflanken, welche zum E-Herd gehören. Die roten Kreuze kennzeichnen die erkannten Leistungsflanken. Im gezeigten Ausschnitt liegt die Trefferquote bei 100%.

Die nun folgende Abbildung zeigt beispielhaft einen Ausschnitt eines Kochvorganges des Kochfeldes 1 am Tag 3 mit den bei der Erkennung auftretenden Hauptproblemen:

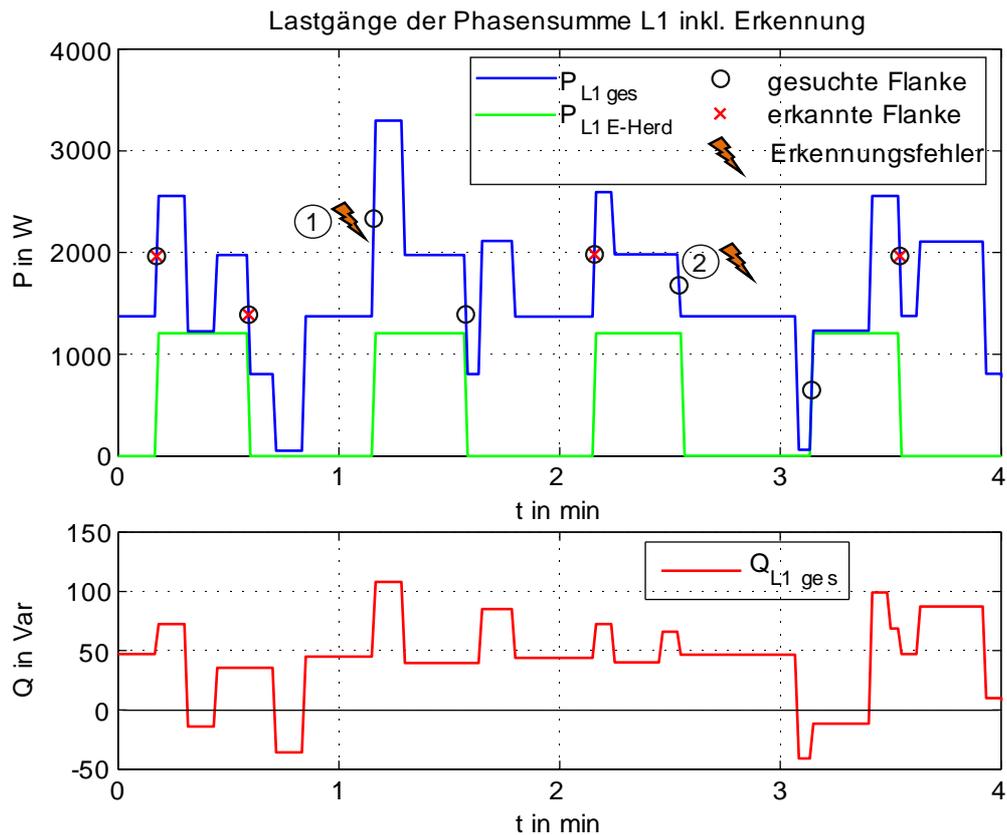


Abbildung 6.10: Ausschnitt Wirk- u. Blindlastgang; E-Herderkennung

Zur besseren Übersicht wurde im Wirklastgang zusätzlich der Lastgang des E-Herdes ($P_{L1 \text{ E-Herd}}$) dargestellt.

Folgende zwei Probleme/Fehler sind zu erkennen:

Problem 1: ①

Durch eine zeitgleiche Überlagerung ist die Höhe der Leistungsflanke verändert, sodass eine Erkennung des Leistungsimpulses nicht mehr möglich ist. Somit geht die Energie des nicht erkannten Impulses verloren.

Problem 2: ②

Ebenfalls durch eine zeitgleiche Überlagerung wird die negative Leistungsflanke nicht erkannt. Durch die Vorgabe des großen Impulsdauerzeitbereichs (siehe Tabelle 6.1) wird nun fälschlicherweise ein Leistungsimpuls erkannt, welcher sich aus den Leistungsflanken (Ein- u. Ausschaltflanke) zweier unterschiedlicher Leistungsimpulse zusammensetzt. Die ermittelte Energie aus diesem Leistungsimpuls ist aber ungefähr um 60 Prozent zu groß.

In den gezeigten Beispielen ist die Blindleistung nicht in der Lage, Informationen zu liefern, welche das Problem beheben könnten.

Eine Auswertung hinsichtlich des energetischen Erkennungserfolges ist im Anhang Kap. 11.3.1 einzusehen.

6.2.2 Erkennung einer Waschmaschine

Aufgrund der vielen unterschiedlichen Aktivitäten (Waschen, Spülen, usw.) innerhalb eines Waschganges stellt die Erkennung der Waschmaschine einen erhöhten Aufwand dar. Da der grundsätzliche zeitliche Ablauf der einzelnen Aktivitäten bei allen Waschmaschinen gleich ist, ist die Funktion auf viele Typen mit nur geringen Änderungen anwendbar.

Folgende Abbildung zeigt die verwirklichte Umsetzung der automatisierten Erkennung:

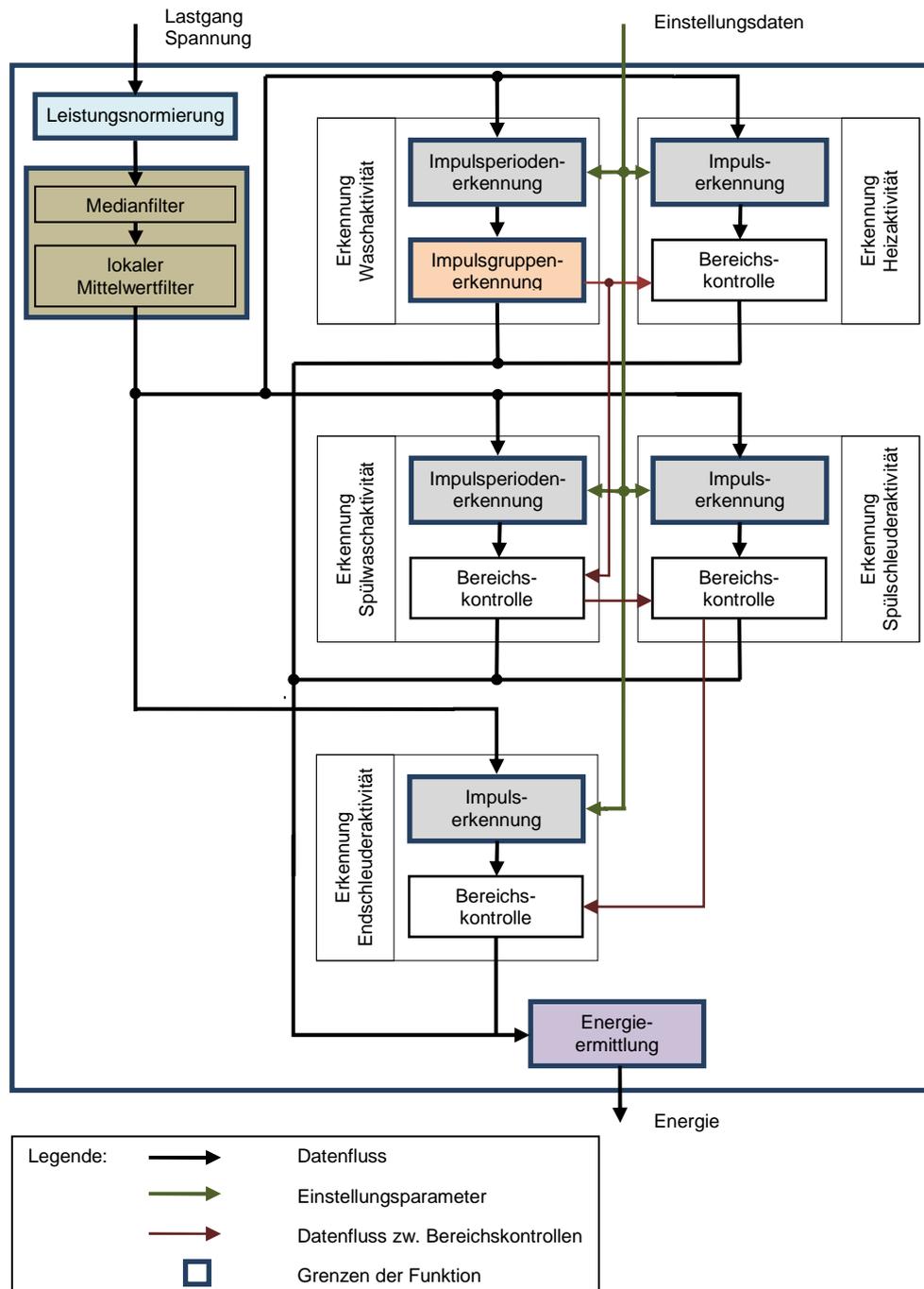


Abbildung 6.11: Datenflussbild Waschmaschinenerkennung

Funktionsbeschreibung:

Ausgangspunkt für die Erkennung eines Waschganges ist die Suche nach den Leistungsimpulsperioden der Waschaktivität. Danach erfolgt eine Selektion der gewonnenen Waschimpulsperioden durch die Impulsgruppen-erkennung. Hier werden einzelne Leistungsimpulse, welche nicht zum Waschgang gehören, eliminiert. Im nächsten Schritt

erfolgt die Suche des Heizimpulses bzw. der Heizimpulse mittels der Impulserkennungsfunktion. Die Bereichskontrolle stellt sicher, dass die einzelnen Aktivitäten in zeitlich richtiger Reihenfolge ablaufen (Reihenfolge siehe Kap.5.3). So wird überprüft, ob die Heizaktivität innerhalb der Waschaktivität liegt. Die Erkennung der Waschimpulse der Spülwaschaktivität erfolgt ähnlich wie zuvor mittels Impulsperiodenerkennung und Bereichskontrolle (Spülwaschaktivität liegt immer nach Waschaktivität). Die sich zwischen den Spülwaschaktivitäten befindlichen kurzen Spülschleuderaktivitäten werden ebenfalls mittels Impulserkennung und Bereichskontrolle aufgespürt. Im letzten Erkennungsschritt wird nach der Endschleuderaktivität gesucht.

Aus all den gewonnenen Informationen wird dann der Gesamtenergieverbrauch berechnet (siehe Anhang Kap. 11.3.2).

In der nachfolgenden Abbildung ist exemplarisch der Aufbau der Wirkimpulsperioden (Drehen des Motors) der Waschaktivität (Waschmaschine HH 4) dargestellt:

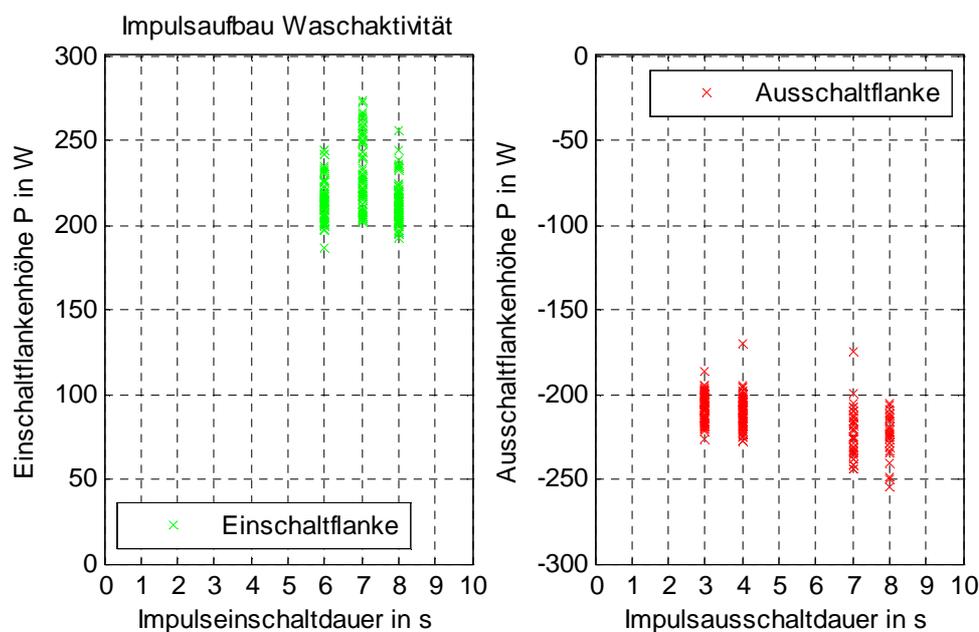


Abbildung 6.12: Aufbau der Impulsperioden

Jedes Kreuz kennzeichnet eine Leistungsflanke, wobei im linken Teil der Abbildung die Einschaltflanken und im rechtem Teil die Ausschaltflanken dargestellt sind. Die zeitliche Lage kennzeichnet die Einschaltdauer bzw. die Ausschaltdauer. Im gezeigten Beispiel gibt es einen Zeitbereich für die Einschaltdauer (6 s – 8 s) und zwei Zeitbereiche für die Ausschaltdauer (3 s - 4 s bzw. 7 s – 8 s). Tatsächlich liegt der zeitliche Schwankungsbereich der Leistungsperioden innerhalb von 1 Sekunde, wie Vergleichsmessungen mit höherer Aufzeichnungsrate gezeigt haben. Durch die gewählte Messaufzeichnungsrate von einer Sekunde entstehen jedoch Bereichsschwankungen von bis zu +/- 1 Sekunde.

Der konstante zeitliche Aufbau der Impulsperioden ist aufgrund des geringen Schwankungsbereiches (± 1 Sekunde) als Erkennungskriterium stark belastbar, da in den untersuchten Haushalten keine weiteren Geräte mit ähnlich charakteristischen Impulsperioden vorhanden waren. Die Höhe der Leistungsflanken ist als Erkennungskriterium aufgrund der Einflussparameter auf die Schwankungsbreite als zweitrangig zu sehen.

Folgende Tabelle beinhaltet exemplarisch die Einstellungsgrenzen für die Erkennung der Waschmaschine in Haushalt 4:

Aktivität	Flankenhöhe		Einschaltdauer	
	min.	max.	min.	max.
	W	W	s	s
Heizaktivität 1	1928	1998	1199	1490
Heizaktivität 2	1929	2057	735	818
Pumpaktivität 1	108	132	2840	3131
Pumpaktivität 2	96	124	254	258
Pumpaktivität 3	116	123	2840	3131

Tabelle 6.2: Minimale und maximale Werte f. Erkennungsfunktionseinstellungen

Die Leistungsbereiche für die Impulsflankenhöhen mussten für alle Aktivitäten sehr groß gewählt werden (Einflussfaktoren siehe auch Kap.5.3). Aufgrund der hohen zeitlichen Konstanz der Aktivitäten (ausgenommen Heizaktivität) stellt dies jedoch keinen größeren Nachteil für die Erkennung dar.

Folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt eines 24h Lastganges, aus welchem eine Waschmaschine detektiert wurde:

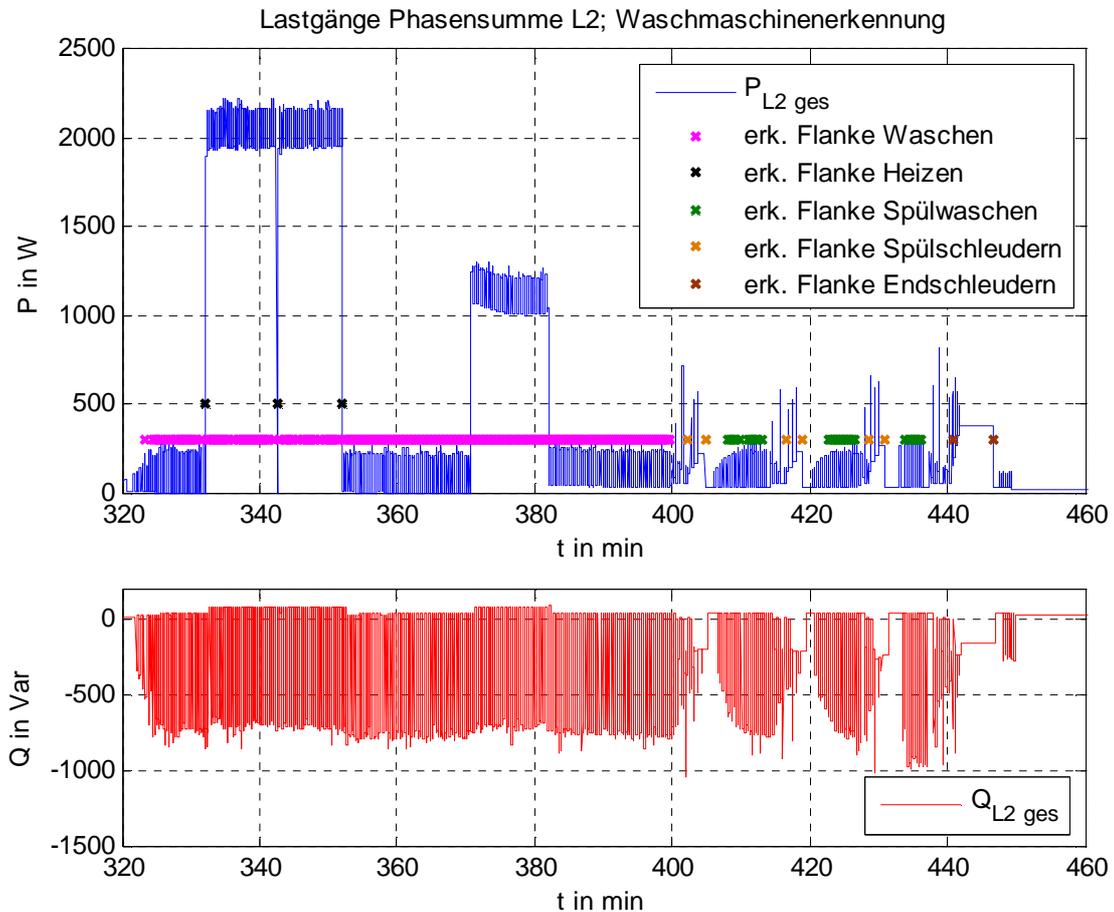


Abbildung 6.13: Wirk- u. Blindlastgang; Waschmaschinenerkennung

Jedes Kreuz markiert eine erkannte Leistungsflanke, wobei die Farbe die Aktivität widerspiegelt. Die vertikale Lage der Kreuze wurde hinsichtlich einer guten Erkennbarkeit frei gewählt und hat keine weitere Bedeutung.

Auffallend im Wirklastgang ist der Leistungsanstieg am Beginn der Waschaktivitäten. Dies ist darauf zurück zu führen, dass in diesen Bereichen die Zuführung von Wasser erfolgt, wodurch sich die zu bewegende Masse und die dafür benötigte Leistung erhöht.

Allgemein funktionierte die Erkennung der Waschmaschine in den Haushalten sehr gut (siehe Kap. 7.2.2). Im gezeigten Beispiel ist die Anzahl an Überlagerungen im Lastgang sehr gering, es wurden jedoch auch sehr gute Ergebnisse in stark überlagerten Lastgängen erzielt.

Im Folgenden soll noch auf einen besonderen Umstand in Zusammenhang mit der Heizaktivität eingegangen werden.

Folgende Abbildung veranschaulicht die Umstände:

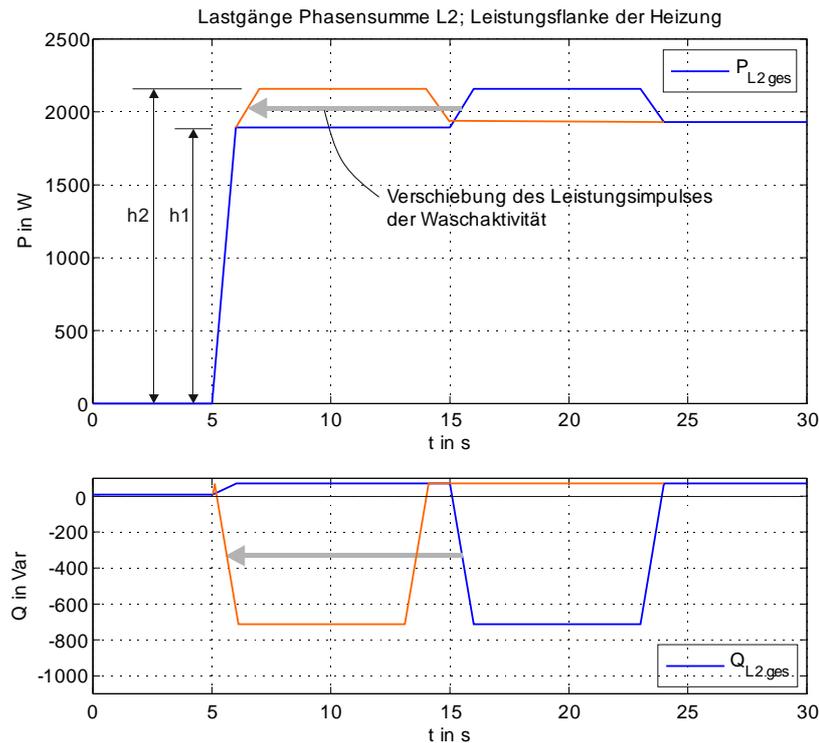


Abbildung 6.14: Wirk- u. Blindlastgang; Besonderheit Heizaktivität

Die Abbildung zeigt den Ausschnitt aus dem Bereich der Heizaktivität. Zu sehen ist die Einschaltleistungsflanke der Heizung (ca. 1,8 kW) sowie ein Leistungsimpuls der Waschaktivität. Bei der Untersuchung der einzelnen Waschmaschinen hatte sich gezeigt, dass die Lage der Leistungsflanken der Waschaktivität des Öfteren mit den Ein- bzw. Ausschaltleistungsflanken der Heizung überlagert sein können. Nimmt man beispielsweise eine in orange dargestellte Lage des Waschleistungsimpulses an, so erhöht sich die Flankenleistung der Heizung von „h1“ auf „h2“ und liegt somit möglicherweise nicht mehr in dem eingestellten Bereich für die Erkennung. In diesem speziellen Fall kann der Blindleistungslastgang die notwendige Information für eine korrekte Erkennung liefern.

Allgemein ist für die Erkennung der Waschmaschine festzuhalten, dass die hohe Anzahl an unterschiedlichen Aktivitäten durchaus ein Vorteil für die Erkennbarkeit ist, jedoch auch eine hohe Anforderung an den Erkennungsalgorithmus stellt.

6.2.3 Erkennung eines Geschirrspülers

Folgende Abbildung zeigt die verwirklichte Umsetzung der automatisierten Erkennung:

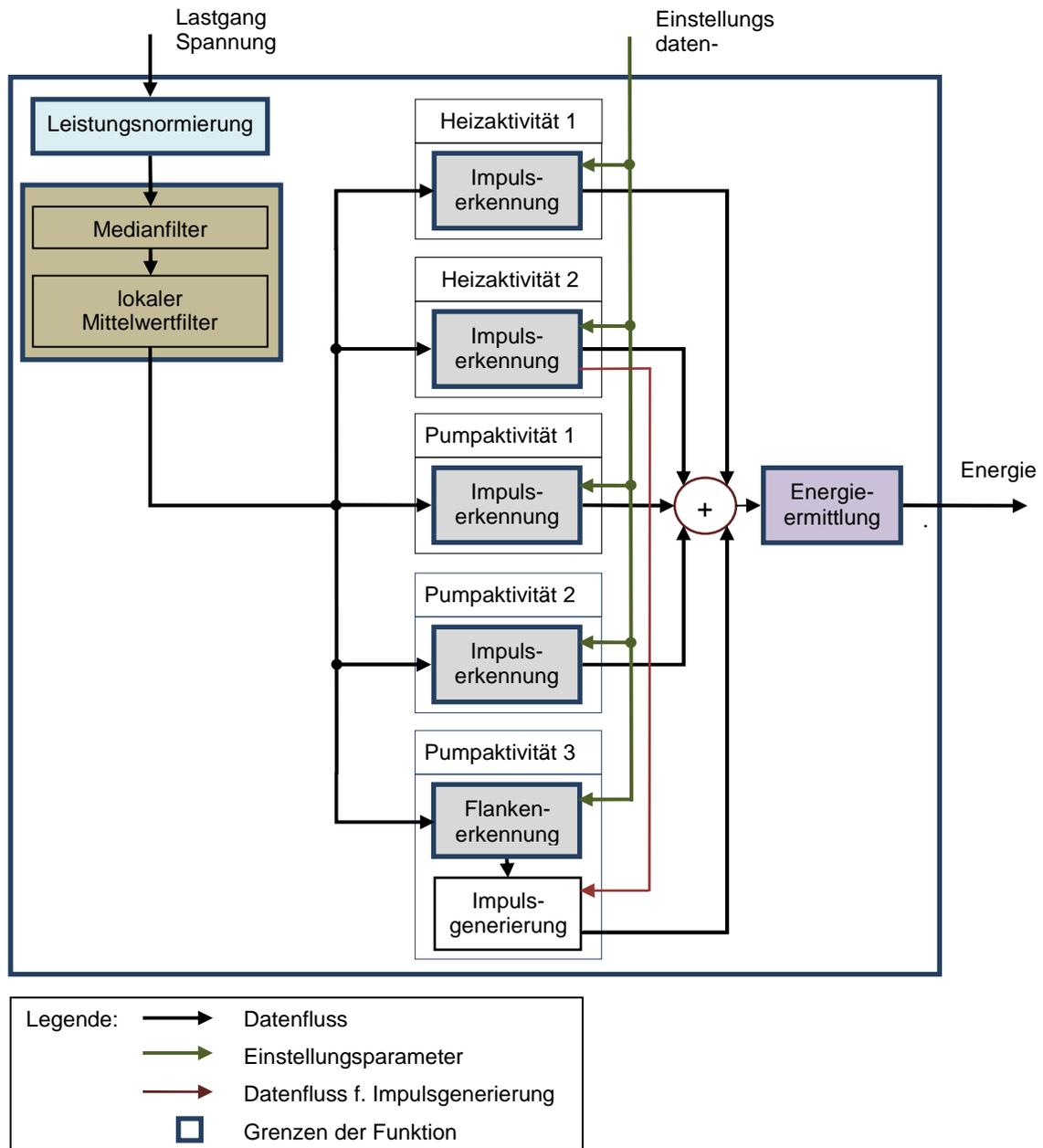


Abbildung 6.15: Datenflussbild Geschirrspülererkennung

Funktionsbeschreibung:

Der hier exemplarisch beschriebene Erkennungsvorgang wurde auf den Geschirrspüler des Haushaltes 1 zugeschnitten, für die Geschirrspüler der anderen Haushalte mussten Anpassungen, speziell hinsichtlich der Pumpaktivitäten (Anzahl und Flanken-erkennung) durchgeführt werden.

Die eingelesenen Daten werden im ersten Schritt der Normierung und der Filterung zugeführt. Jeder durch die einzelnen Aktivitäten verursachte Leistungsimpuls wird der Reihe nach durch Aufruf der Impulserkennungsfunktion mithilfe der vorgegebenen Leistungsimpulsdaten (Impulsdauer, Impulshöhe) im Lastgang gesucht.

Die Erkennung der dritten Pumpaktivität bedarf einer speziellen Behandlung, da die Pumpe gleichzeitig mit der Heizung ausgeschaltet wird (siehe Abbildung 6.16). Der Leistungsimpuls wird daher unter Berücksichtigung der Lagedaten des zweiten Heizimpulses im Impulsgenerierblock erzeugt. Derartige zeitgleiche Überlagerungen von Leistungsflanken der Heizaktivität und der Pumpaktivität sind bei fast allen untersuchten Geräten zu beobachten.

Folgende Tabelle beinhaltet exemplarisch die Einstellungsgrenzen für die Erkennung des Geschirrspülers in Haushalt 1.

Aktivität	Flankenhöhe		Einschaltdauer	
	min.	max.	min.	max.
	W	W	s	s
Heizaktivität 1	1928	1998	1199	1490
Heizaktivität 2	1929	2057	735	818
Pumpaktivität 1	108	132	2840	3131
Pumpaktivität 2	96	124	254	258
Pumpaktivität 3	116	123	2840	3131

Tabelle 6.3: Minimale und maximale Werte f. Erkennungsfunktionseinstellung

Folgende Abbildung zeigt die Erkennung des Geschirrspülerlastganges von Haushalt 1 am Tag 11 aus dem gefilterten und normierten Lastgang der Phasensumme:

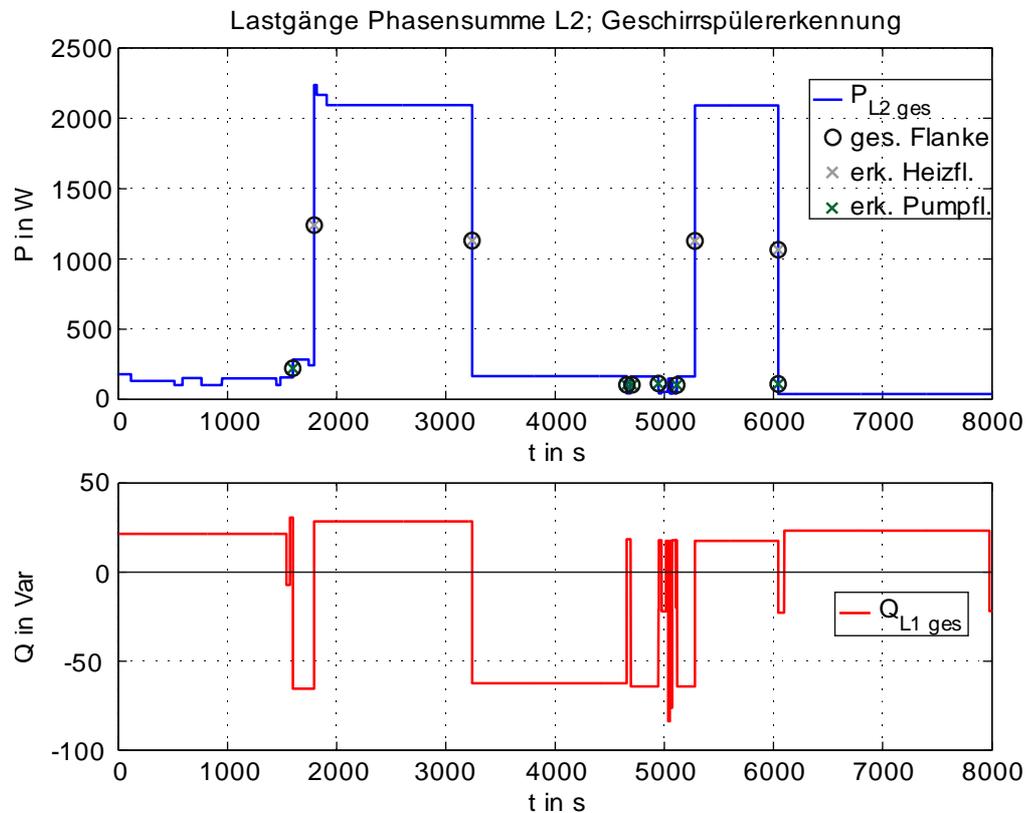


Abbildung 6.16: Wirk- u. Blindlastgang; Geschirrspülererkennung

Die schwarzen Kreise kennzeichnen jene Leistungsflanken, welche tatsächlich zum Geschirrspüler gehören. Durch die Kreuze werden die erkannten Leistungsflanken gekennzeichnet, wobei die Farbe die Aktivität widerspiegelt.

In der Regel war die Anzahl der Überlagerungen in den Summenlastgängen der jeweiligen Phase gering, was der Erkennungsrate entsprechend zu Gute kam (siehe Kap. 7.2.3 und Anhang Kap. 11.3.3).

6.2.4 Erkennung eines Kühlschranks

Die Vorgehensweise bei der Erkennung von Kühlgeräten (Kühlschrank, Gefriertruhe) weicht etwas von den bisherigen Strategien ab.

Folgende Abbildung zeigt die verwirklichte Umsetzung der automatisierten Erkennung.

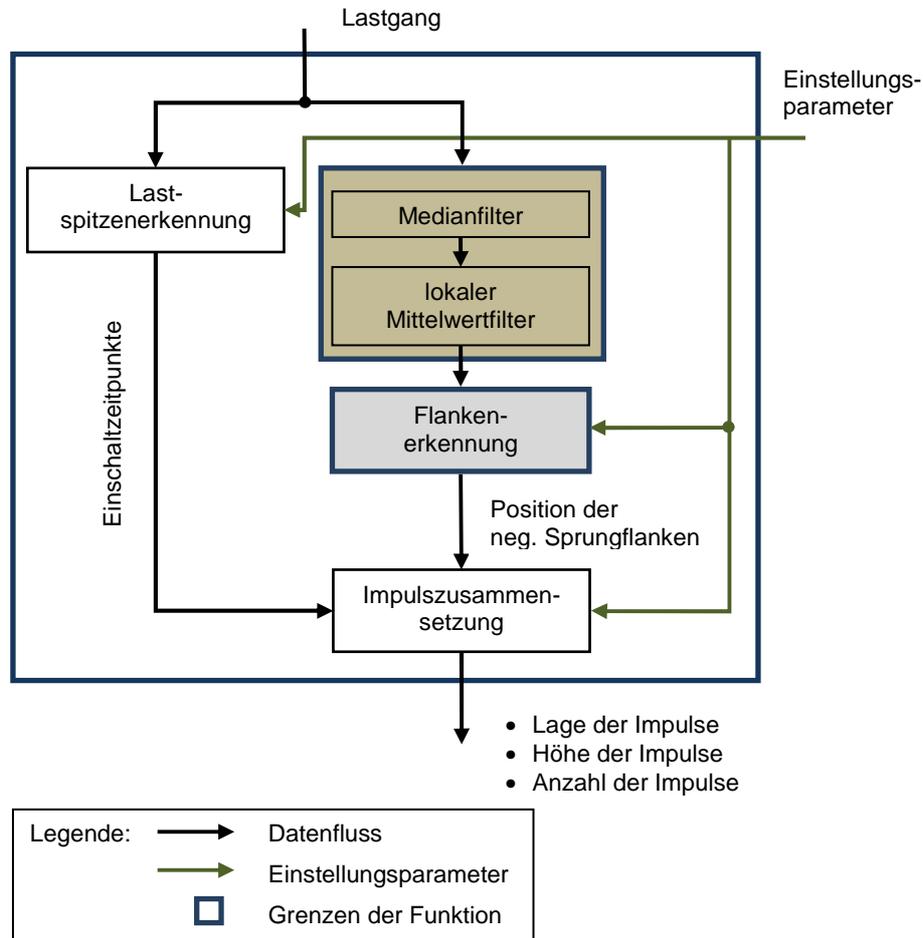


Abbildung 6.17: Datenflussbild Kühlschrannerkennung

Funktionsbeschreibung

Bei der Erkennung wurde die Einschaltleistungsspitze des Kompressors als markantes Erkennungsmerkmal verwendet.

Der eingelesene Lastgang wird der Leistungsspitzenenerkennung zugeführt, welche die zeitliche Lage potentieller Einschaltzeitpunkte des Kompressors hinterlegt. Um Fehlerkennungen einzuschränken wird weiter überprüft, ob die detektierten Leistungsspitzen einen Mindestabstand zueinander einhalten. Danach wird der Lastgang der Filterung, bestehend aus Medianfilter und lokalem Mittelwertfilter zugeführt. Die Sprungflankenenerkennung untersucht den Lastgang entsprechend der vorgegebenen Leistungsflankenhöhe nach negativen Leistungssprüngen (Ausschaltzeitpunkte). Aus den

potentiellen Einschaltzeitpunkten und den potentiell dazugehörigen Ausschaltflanken werden in Abhängigkeit der vorgegebenen Impulsdauer die Kühlschrankschaltimpulse zusammengesetzt.

Es wurde keine Energieverbrauchsermittlung durchgeführt, da der Kühlschrankschaltgang nicht separat zur Verfügung stand. Ein Vergleich zwischen dem erkannten Energieverbrauch und dem tatsächlichen Energieverbrauch wäre daher nicht möglich gewesen. Als Maß für die Erkennbarkeit wurde die Anzahl der Leistungsimpulse gewählt.

Folgende Tabelle beinhaltet exemplarisch die Einstellungsgrenzen für die Erkennung des Kühlschranks in Haushalt 2:

Flankenhöhe		Einschaltdauer	
min.	max.	min.	max.
W	W	s	s
115	136	290	400

Tabelle 6.4: Minimale und maximale Werte f. Erkennungsfunktionseinstellung

Folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt mit erfolgreicher Erkennung (Haushalt 2 Tag 4):

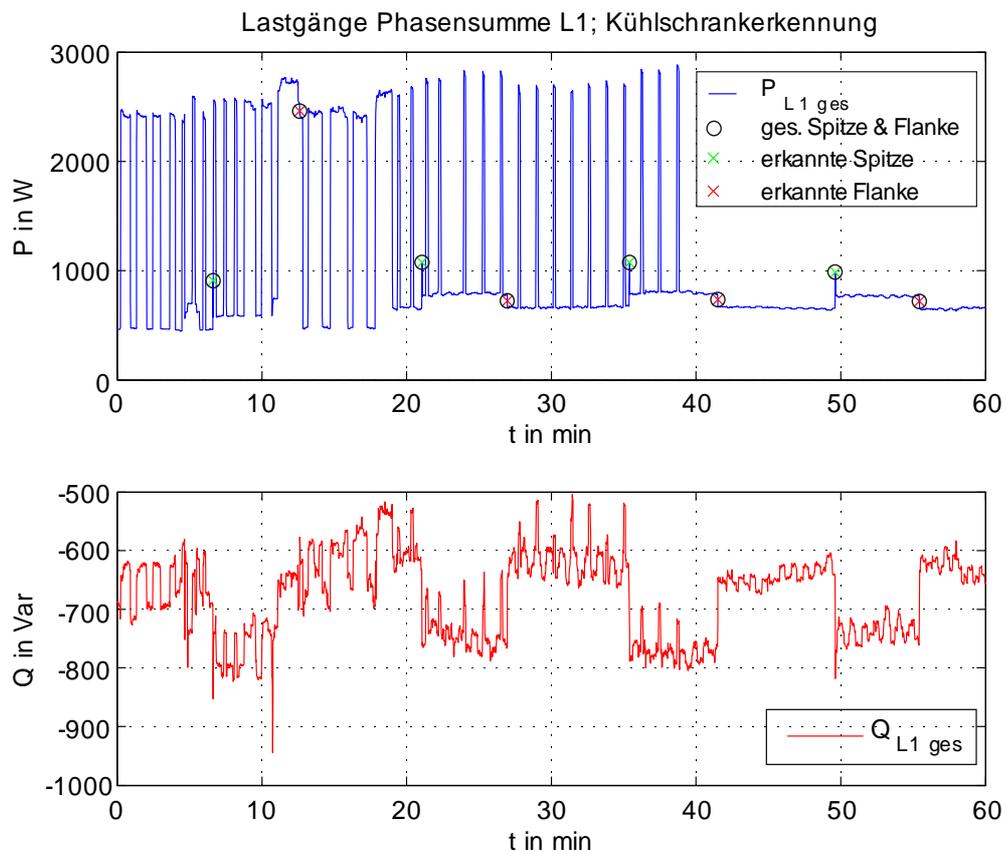


Abbildung 6.18: Wirk- u. Blindlastgang; Kühlschrankschaltgang

Der Wirk- und Blindlastgang ist diesmal ungefiltert dargestellt um die Leistungsspitzen für die Darstellung nicht zu verlieren. Die schwarzen Kreise kennzeichnen die zum Lastgang des Kühlschranks gehörenden Leistungsspitzen und Leistungsflanken. Durch die Kreuze werden die erkannten Leistungsspitzen und Leistungsflanken dargestellt. Im gezeigten Bereich liefert der Algorithmus trotz starker Überlagerungen eine vollständige Erkennung.

Bezüglich Erkennungsraten siehe Kap. 7.2.4 sowie Anhang Kap. 11.3.4.

7 Zusammenfassung

In diesem Kapitel finden sich die Ergebnisse der vorliegenden Auswertungen. Die in Kap. 6.2 beschriebenen Erkennungsalgorithmen wurden jeweils auf den Summenlastgang einer Phase und den Summenlastgang aller drei Phasen angewendet (siehe Abbildung 4.11).

Mit der Anwendung auf den Summenlastgang der drei Phasen soll der mögliche Erkennungserfolg aufgezeigt werden, welcher sich ergibt, wenn nur der Summenlastgang der drei Phasen verfügbar ist. In diesem Zusammenhang ist eine Normierung der Wirkleistung hinsichtlich der Spannungsschwankungen nicht mehr möglich. Es wurden daher etwaige Leistungsnormierungen deaktiviert und die Einstellungsbereiche für die Erkennungsfunktionen bezüglich der Leistungsflankenhöhe um bis zu +/- 10% erweitert, um eine Erkennung über die gesamte Messdauer trotz der spannungsabhängigen Wirkleistungsschwankung zu ermöglichen.

7.1 Gesamterkennungserfolg der einzelnen Geräte

Die folgende Abbildung zeigt den Gesamterfolg bei der Erkennung der einzelnen Geräte innerhalb eines Zeitraumes von 14 Tagen.

Auf der Ordinate ist die Erkennung (Abbildung 7.1) aufgetragen, welche sich für die ersten drei Geräte (E-Herd, Waschmaschine, Geschirrspüler) auf den tatsächlichen Energieverbrauch des jeweiligen Gerätes bezieht. Der blaue Balken des Gerätes „E-Herd“ gibt somit an, dass die automatisierte Erkennung aus der Analyse des Summenlastganges einer Phase ca. 3% mehr Energieverbrauch erkannte, als der E-Herd in den 14 Tagen tatsächlich verbraucht hatte.

Da Kühlschränke allgemein nicht separat abgesichert sind, konnte der Lastgang und somit auch der tatsächliche Energieverbrauch nicht getrennt erfasst werden. Aus diesem Grund wurde die Erkennung (Abbildung 7.1) bei den Kühlschränken auf die tatsächliche Anzahl von Leistungsimpulsen (Anzahl der Laufzeiten des Kompressors) bezogen, da diese einfach und genau ermittelt werden konnten. Der blaue Balken des Gerätes „Kühlschrank“ gibt somit an, dass die automatisierte Erkennung aus der Analyse des Summenlastganges einer Phase ca. 8% weniger an Leistungsimpulsen erkannte, als tatsächlich in den 14 Tagen vorhanden waren.

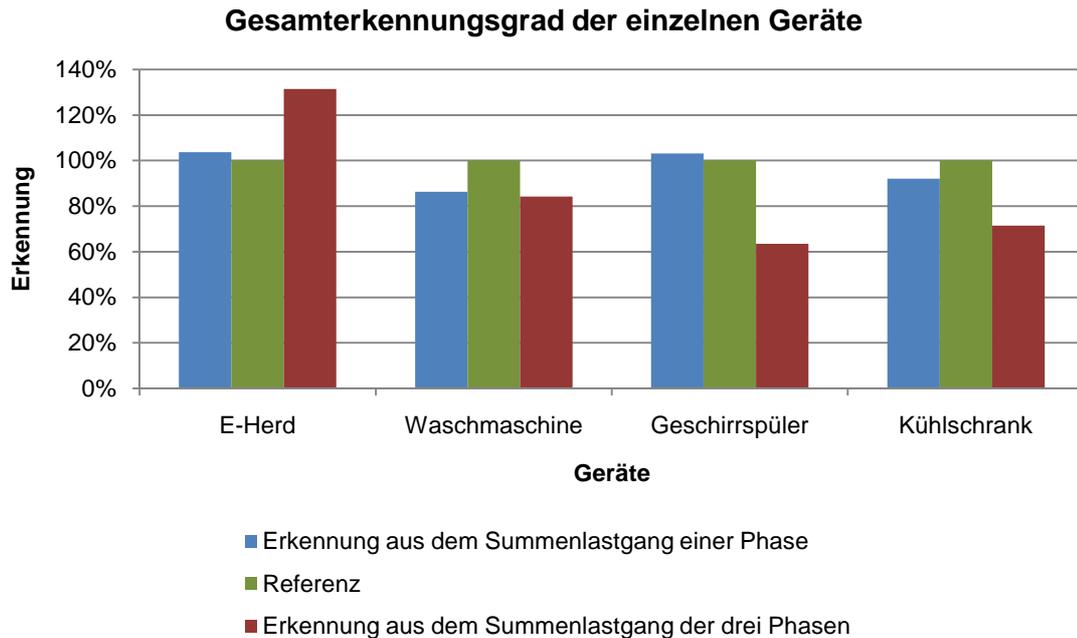


Abbildung 7.1: Gesamterkennungserfolg der einzelnen Geräte

Aus der Abbildung ist zu erkennen, dass die Analyse des Summenlastganges einer Phase in der Regel deutlich bessere Ergebnisse bezüglich der Erkennung liefert, als die Analyse des Summenlastganges der drei Phasen.

7.2 Erkennungshäufigkeit

In den folgenden Histogrammen ist jeweils die Häufigkeitsverteilung aus der automatisierten Analyse des Summenlastganges einer Phase sowie des Summenlastganges der drei Phasen dargestellt. Die Häufigkeitsverteilung (absolute Darstellung) gibt hierbei an, wie oft die jeweiligen Erkennungsbereiche von der automatisierten Erkennung erreicht wurden. Wie zuvor gilt auch hier, dass die Erkennungsbereiche der ersten drei Geräte (E-Herd, Waschmaschine, Geschirrspüler) auf den tatsächlichen Energieverbrauch und die Erkennungsbereiche des Kühlschranks auf die tatsächliche Anzahl von Leistungsimpulsen bezogen sind. Die Ermittlung der tatsächlichen Anzahl an Impulsen erfolgte durch optische Ermittlung aus den Lastgängen.

7.2.1 Erkennungshäufigkeit E-Herd

Für die Ermittlung des folgenden Histogramms wurden alle Haushalte, welche mit Energieregler gesteuerten E-Herden ausgestattet sind (HH 2, HH 3, HH 5), herangezogen.

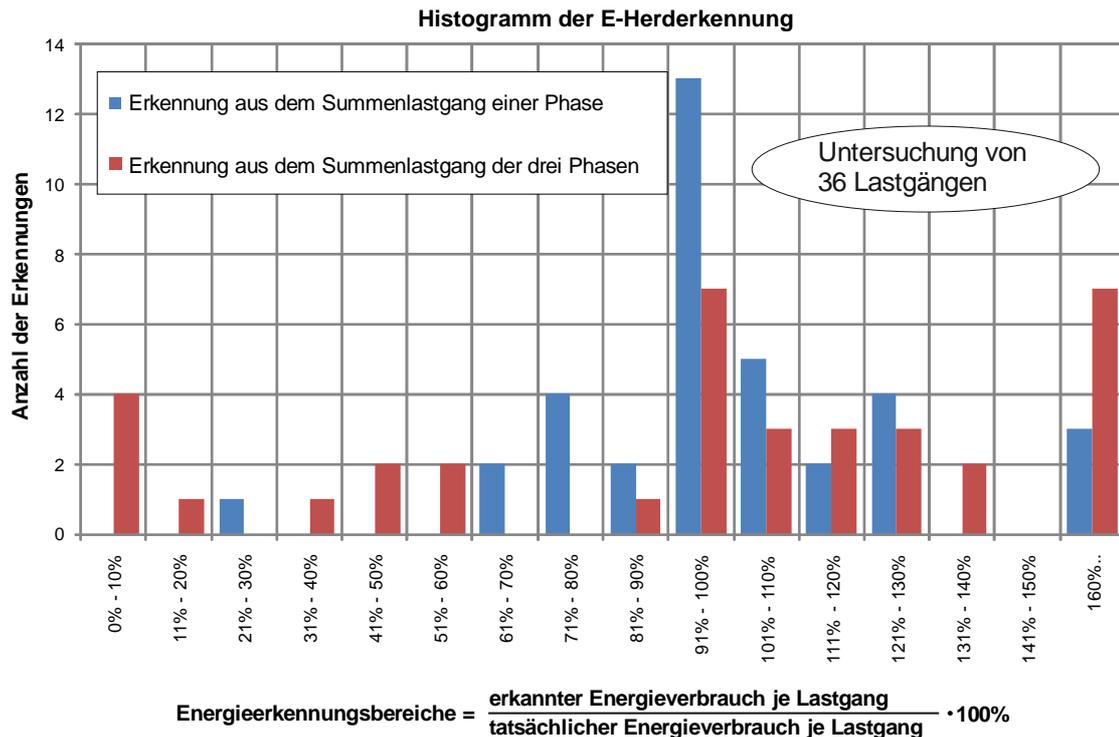


Abbildung 7.2: Histogramm; Erkennung des E-Herdes

In der Abbildung ist die deutlich erfolgreichere Energieerkennung aus der Analyse des Summenlastganges einer Phase zu erkennen. Während die automatisierte Analyse des Summenlastganges einer Phase 13-mal 91% bis 100% des tatsächlichen Energieverbrauches erkannte, lieferte die Analyse aus dem Summenlastgang aller Phasen nur sieben mal Treffer dieses Erkennungsbereiches. Der Grund hierfür liegt hauptsächlich in der deutlich höheren Anzahl an Überlagerungen im Summenlastgang der drei Phasen. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit, dass die Leistungsflanken des E-Herdes von anderen Geräten überlagert sind, ist dort wesentlich höher, wodurch die Anzahl der Fehlerkennungen (bzw. Nichterkennungen) ansteigt (siehe auch Kap. 6.2.1).

Einige Erkennungsversuche lieferten einen Energieverbrauch, welcher deutlich über dem tatsächlichem Energieverbrauch liegt. Der Hauptgrund hierfür ist in Kapitel 6.2.1 beschrieben.

Eine allgemeine Verminderung der Fehlerkennungen ist aufgrund des großen Bereiches der Impulsdauern schwierig. Verbessert werden könnte die Situation eventuell durch eine intelligente Analyse der erkannten Impulsfolgen im Zusammenhang mit typischen Impulsfolgen von Kochvorgängen liefern.

7.2.2 Erkennungshäufigkeit Waschmaschine

Für die Ermittlung des folgenden Histogramms wurden die Haushalte 1, 3 und 4 herangezogen.

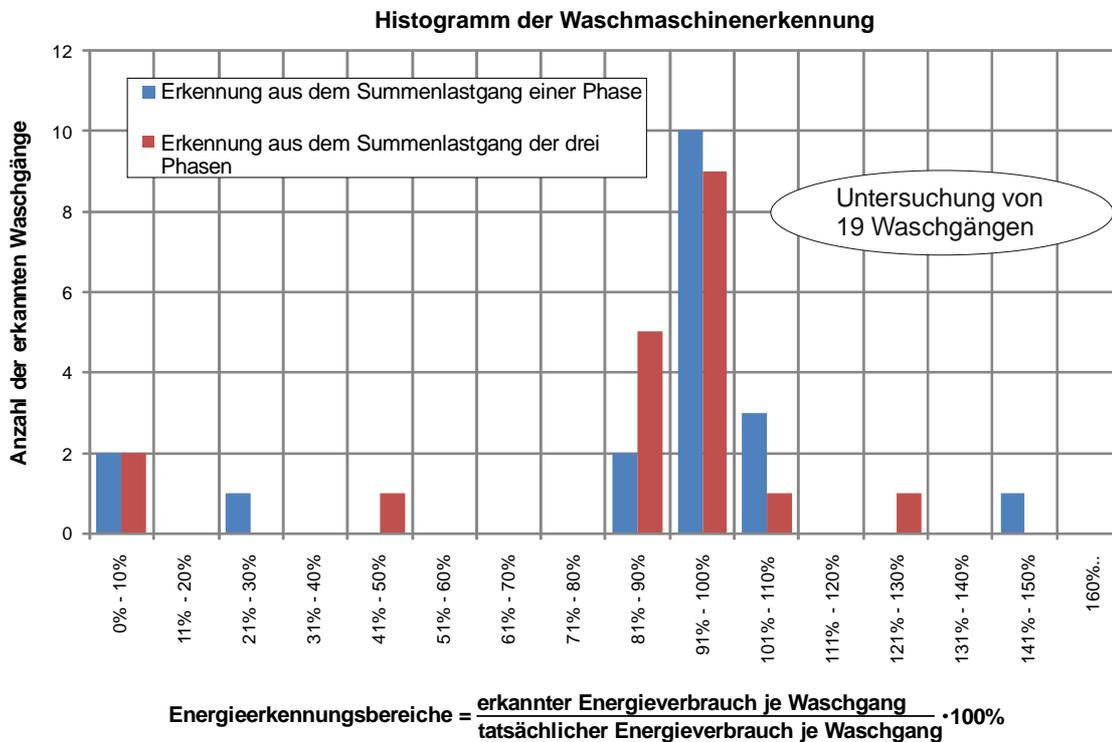


Abbildung 7.3: Histogramm; Erkennung der Waschmaschine

Das Histogramm zeigt einen ähnlichen Erfolg bei der Erkennung der Waschgänge aus dem Summenlastgang einer Phase und dem Summenlastgang aller drei Phasen. Die Streuung der Anzahl an Erkennungen über die Energieerkennungsbereiche ist wesentlich geringer als zum Beispiel beim E-Herd. Der Hauptgrund für die erfolgreiche Erkennung der Waschmaschine ist begründet durch den einmaligen Aufbau (zeitliche Konstanz der Leistungsimpulse bzw. Leistungsimpulsfolgen) des Lastganges der Waschaktivität (Kap. 5.3.1). Sofern die Erkennung dieser Aktivität erfolgreich war, konnten die restlichen Aktivitäten des Waschganges, basierend auf dem Wissen, wie ein Waschgang aufgebaut ist (Kap. 5.3), ebenfalls sehr gut erkannt werden.

Die Ausreißer in den Energieerkennungsbereichen 21% - 50% und 121% - 150% im obigen Histogramm sind hauptsächlich mit Fehlerkennungen der Heizaktivität zu erklären. Bei den erkannten Waschgängen im Energieerkennungsbereich 0% - 10% gab es bereits Probleme bei der Erkennung der Waschaktivität, wodurch die weiteren Aktivitäten des Waschganges nicht mehr detektiert wurden (siehe auch Kap.6.2.2).

7.2.3 Erkennungshäufigkeit Geschirrspüler

Für die Ermittlung des folgenden Histogramms wurden die Haushalte 1, 3 und 4 herangezogen.

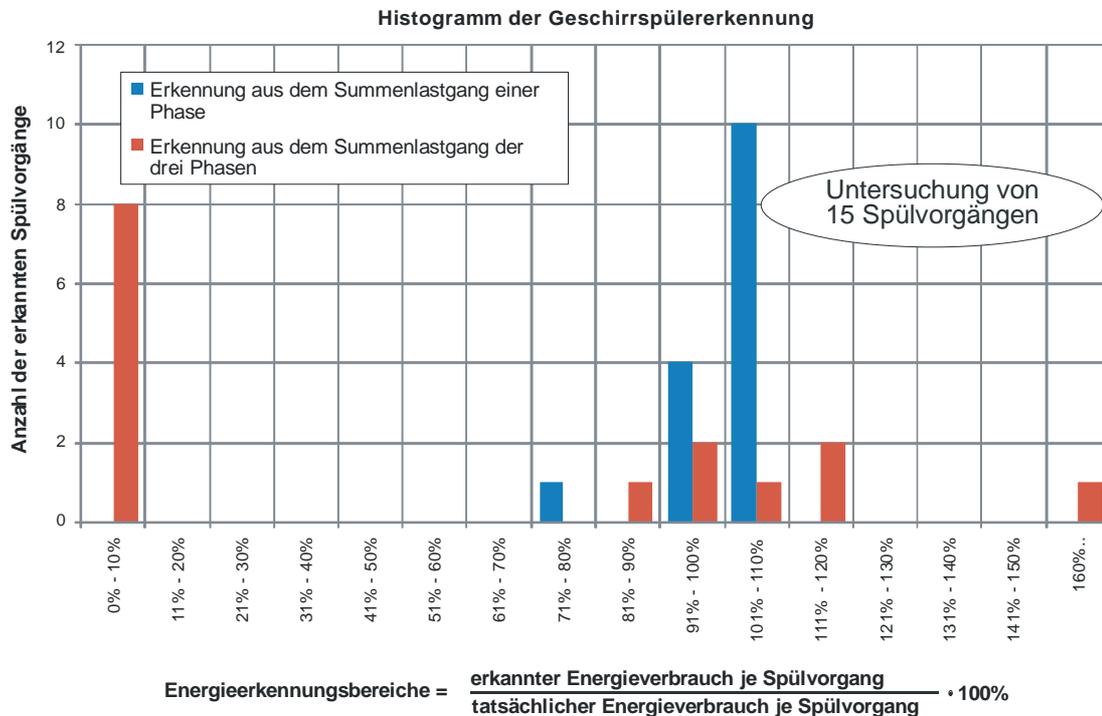


Abbildung 7.4: Histogramm; Erkennung des Geschirrspülers

Die automatisierte Analyse des Summenlastganges der drei Phasen lieferte einen wesentlich schlechteren Erkennungserfolg als jene bei der Analyse des Summenlastganges einer Phase. Aus dem Histogramm ist zu entnehmen, dass die Stabilität des Analysealgorithmus nicht ausreichend ist, da bei der Anwendung auf den stark überlagerten Summenlastgang der drei Phasen acht mal nur 0% - 10% des tatsächlichen Energieverbrauches erkannt wurde.

Die Stabilität könnte jedoch durch das Einfügen von Bereichskontrollen (siehe Kap. 6.2.2), wie dies bei dem Erkennungsalgorithmus für die Waschmaschine realisiert wurde, deutlich verbessert werden.

7.2.4 Erkennungshäufigkeit Kühlschrank

Für die Ermittlung des folgenden Histogramms wurden die Haushalte 1, 2, 4 und 5 herangezogen. Die Erkennungsgruppen auf der Abszisse beziehen sich diesmal auf die Anzahl der Leistungsimpulse (Anzahl der Kompressorlaufzeiten) und nicht wie zuvor auf die Energie (siehe auch Erläuterungen Kap. 7.1).

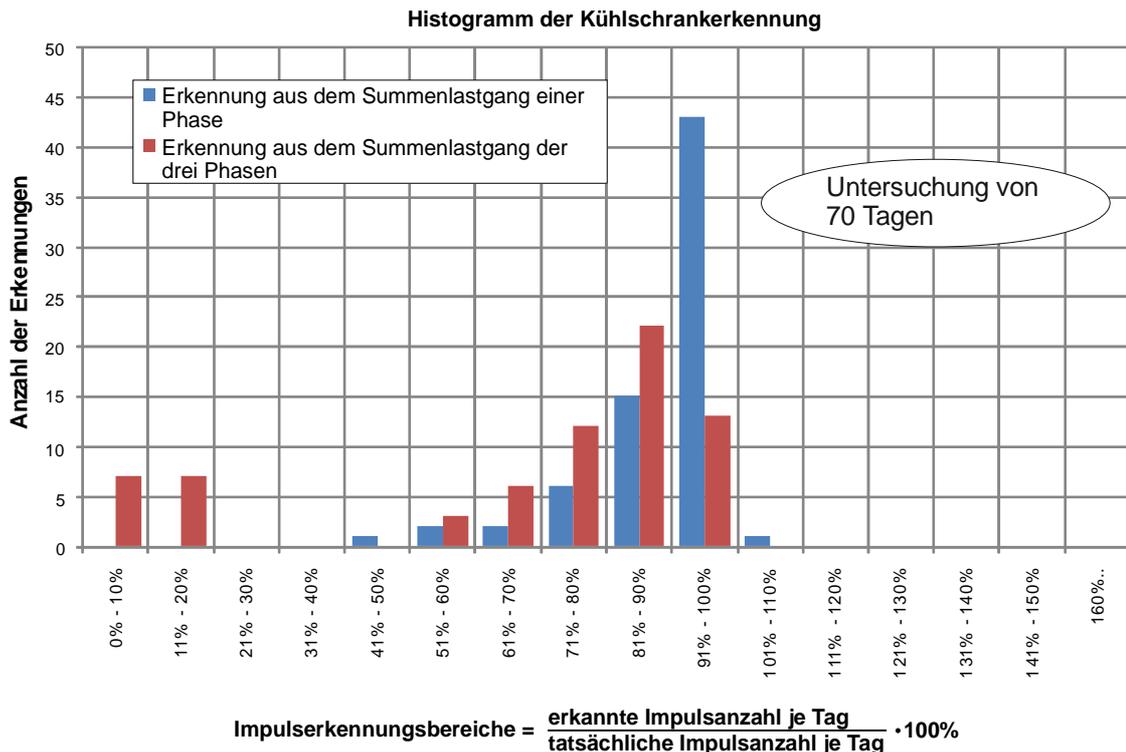


Abbildung 7.5: Histogramm; Erkennung des Kühlschranks

Der Erkennungserfolg des Kühlschranks aus dem Summenlastgang der drei Phasen war auch in diesem Fall schlechter als bei der Erkennung aus dem Summenlastgang einer Phase.

Aufgrund des einmaligen Lastganges des Kühlschranks und der damit verbundenen Umsetzung des Erkennungsalgorithmus (siehe Kap. 6.2.4) gab es bis auf eine Ausnahme keine Übererkennung.

Eine deutliche Verbesserung des Erkennungserfolges könnte beim Kühlschrank in vielen Fällen durch die Berücksichtigung des Blindlastganges erfolgen.

7.3 Verteilung des Stromverbrauches nach Verbrauchskategorien

Zur Abschätzung des Erkennungspotenzials der untersuchten Haushalte ist im Folgenden die Aufteilung des tatsächlichen Energieverbrauches der einzelnen Haushalte dargestellt. Die Daten beziehen sich auf die Messdauer von zwei Wochen. Die Ordinate „Verteilung des Energieverbrauches“ in Abbildung 7.6 ist auf den tatsächlichen Energieverbrauch des jeweiligen Haushaltes bezogen.

Verteilung des Stromverbrauches der einzelnen Haushalte nach Verbrauchskategorien

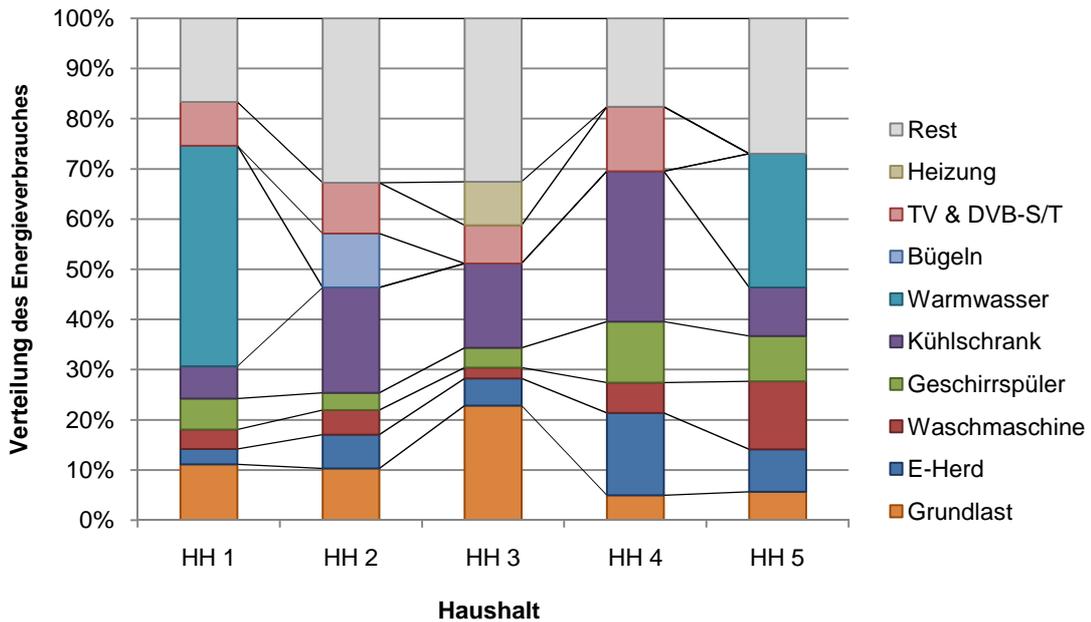


Abbildung 7.6: Verteilung des Stromverbrauches

In der Abbildung 7.6 sind die haushaltsbezogenen, energetisch relevanten Verbraucher bzw. Verbrauchskategorien gut zu erkennen, um einen direkten Bezug zum Energieverbrauch herstellen zu können, sei die Abbildung nochmals in folgender Form dargestellt:

Verteilung des Stromverbrauches der einzelnen Haushalte nach Verbrauchskategorien

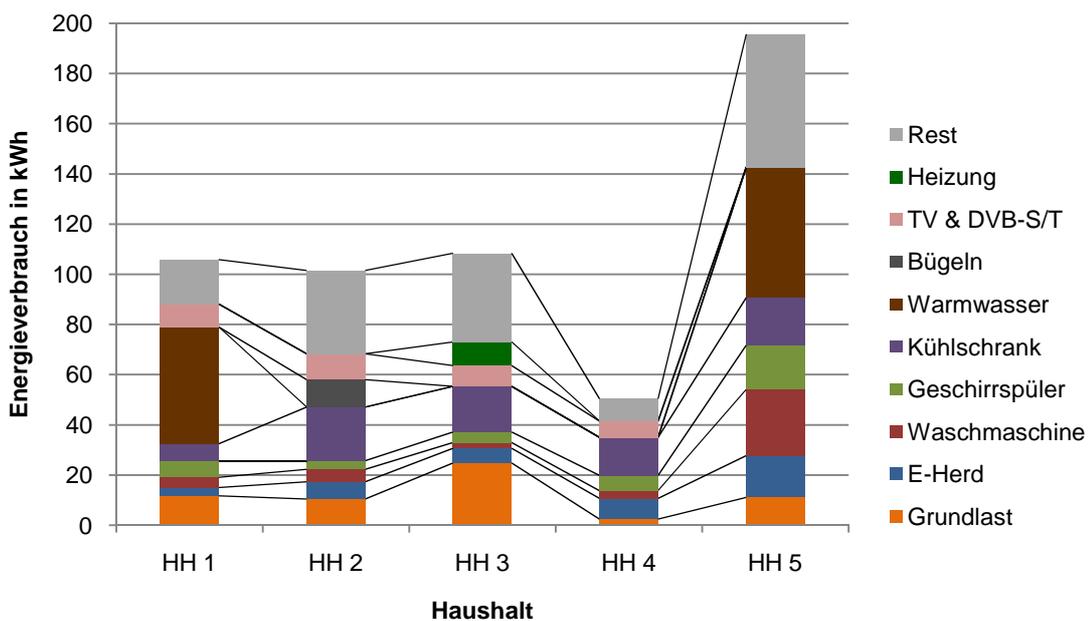


Abbildung 7.7: Verteilung des Stromverbrauches (in kWh)

Kategorie „Grundlast“

Der Bedarf an Energie für den Grundlastbereich kann mit der in der vorliegenden Arbeit angewendeten Vorgangsweise für die Geräteerkennung nicht den jeweiligen Energie verbrauchenden Geräten zugeordnet werden. Dennoch ist die Information über die Höhe des Energieverbrauchs durchaus wichtig, da diese als Entscheidungskriterium dienen kann, ob ein Aufspüren eventueller Energiefresser (Standby bzw. durchgehend eingeschalteter Lasten) sinnvoll ist.

Kategorie „Rest“

Die Ermittlung des Energieverbrauchs aller einzelnen Verbraucher aus den überlagerten Lastgängen der jeweiligen Stromkreise, ohne automatisierte Erkennung, ist ein sehr zeitaufwendiger Prozess. Aus diesem Grund wurde nicht der gesamte Energieverbrauch, welcher Geräten zugeordnet werden könnte, ermittelt (siehe Abbildung 7.6).

Zum Beispiel wurde von der Ermittlung des Energieverbrauchs für die Beleuchtung der jeweiligen Haushalte abgesehen. Laut Strom- und Gastagebuch (siehe auch Tabelle 1.1) beträgt dieser im Durchschnitt ca. 9% [18].

Weiters besteht die Kategorie „Rest“ aus einer Vielzahl von Verbrauchern, welche einzeln bezogen auf den Gesamtstromverbrauch nur sehr wenig (0% bis 2%), in Summe jedoch sehr viel (zirka 17% bis 33%) ausmachen können. Die in Frage kommenden Geräte können in Tabelle 3.5 und Tabelle 3.6) eingesehen werden.

Anmerkungen zu weiteren Kategorien

Zu bemerken ist, dass die Energieversorgung für die Warmwassererzeugung in Haushalt 1 mit Nachtstrom erfolgt. Entsprechend hoch ist in diesem Zusammenhang der zuordenbare Anteil der Energie.

Weiters wird der Warmwasserspeicher in Haushalt 5 nur während der Übergangszeit elektrisch aufgeheizt. Der Energieverbrauch des Haushaltes während der Messperiode liegt somit über dem Wochendurchschnitt (siehe auch Kap. 3.2.6).

Besonders markant in Abbildung 7.6 bzw. Abbildung 7.7 ist der Grundlastbedarf in Haushalt 3. Dieser ist auf die umfangreiche elektrotechnische Ausstattung und der damit verbundenen Standbyleistungen des Haushaltes zurückzuführen.

Ermittlung der Daten

Sofern die einzelnen Geräte messtechnisch separat erfasst werden konnten (z.B.: E-Herd), erfolgte die Ermittlung der Daten durch Integration des jeweiligen Lastganges.

Der Energieverbrauch des Grundlastbereichs wurde durch Bestimmung der minimalen Leistung des Summenlastganges (der drei Phasen) multipliziert mit der Messdauer bestimmt.

Die Ermittlung der Energie für die Kühlschränke erfolgte durch Multiplikation der Impulsanzahl mit der durchschnittlich beinhalteten Energie eines Impulses (siehe auch Anhang Kap. 11.3.4).

Der Energieverbrauch der verbleibenden angegebenen Kategorien wurde aus den Lastgängen der einzelnen Stromkreise (Sicherungsabgängen) im Zusammenhang mit den Gerätetagebüchern ermittelt.

7.4 Abschätzung der Erkennungspotenziale

Folgende Abbildung beinhaltet eine Abschätzung des Erkennungspotenzials der Verbrauchskategorien in den einzelnen Haushalten. Die Erkennbarkeit ist bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch des jeweiligen Haushaltes.

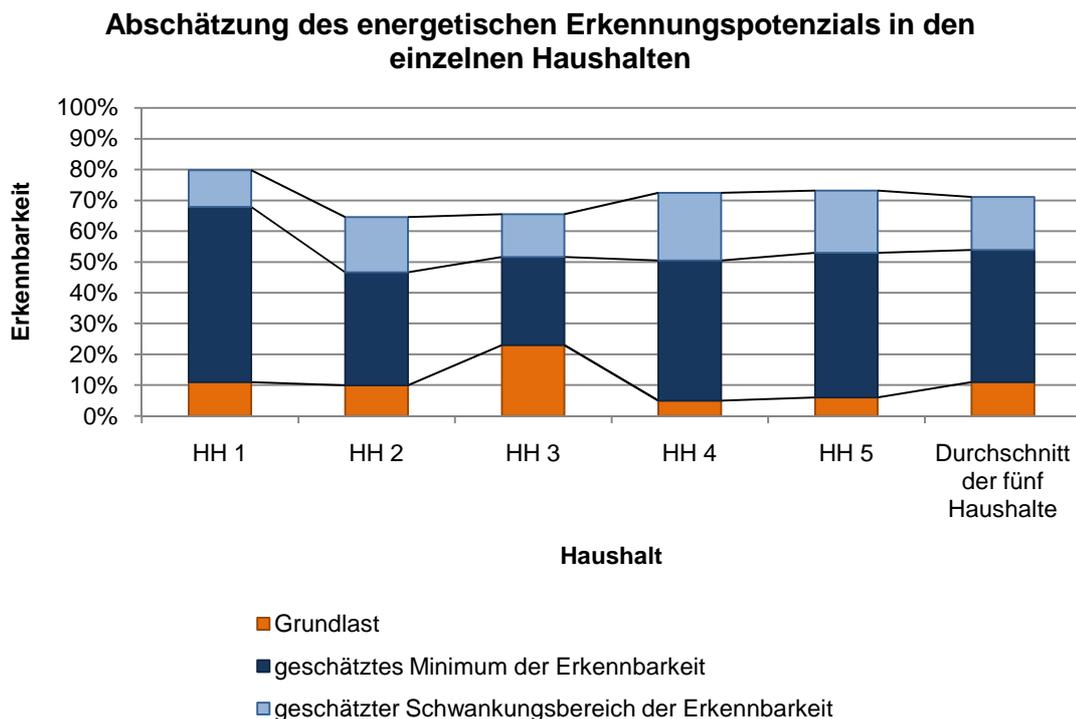


Abbildung 7.8: Abschätzung des Erkennungspotenzials

Erläuterungen

Die hell- und dunkelblau dargestellten Bereiche kennzeichnen jenen Anteil der Energie, welcher den verbrauchenden Geräten zuordenbar ist. Die orangen Bereiche kennzeichnen den Grundlastbedarf, welcher nicht den verursachenden Geräten zugeordnet werden kann.

Der Grund für die unterschiedlich hohen Schwankungsbereiche der Erkennbarkeit liegt darin, dass nicht in allen Haushalten dieselben Verbrauchskategorien vorhanden sind. Weiters kann die Abschätzung der Erkennbarkeit innerhalb einer Kategorie variieren, da die Lastgänge der Geräte innerhalb der entsprechenden Kategorie unterschiedlich sein können (z.B. E-Herd mit Energieregler vs. E-Herd mit Schaltstufen).

Ermittlung des Erkennungspotenzials

Die Abschätzung der Erkennbarkeit basiert auf den ermittelten durchschnittlichen Werten (Kap. 6.2, Kap. 7.2), sowie den Erfahrungen, welche im Rahmen der Arbeit gewonnen wurden. Für jeden Haushalt und jede darin vorkommende Verbrauchskategorie wurde eine minimale und eine maximale Grenze (siehe auch Anhang Kap.11.4) für die Erkennbarkeit abgeschätzt. Die Schätzwerte der einzelnen Kategorien wurden für jeden Haushalt zusammengefasst und in Abbildung 7.8 dargestellt.

8 Diskussion

8.1 Ausblick

8.1.1 Verbesserung und Erweiterung des Algorithmus

Allgemeine Verbesserungen

Da die Umsetzung der Erkennung nicht das primäre Ziel der Arbeit war, ergibt sich eine Reihe von allgemeinen Vorschlägen zur Verbesserung des Erkennungsprogrammes:

- Stabilität des Algorithmus bei Nichterkennung
- Daten Ein- und Ausgabe
- Bedienung (Benutzeroberfläche) des Erkennungsprogrammes

Integration der Analyse des Blindlastganges

Im Rahmen der untersuchten Haushalte hat sich gezeigt, dass die Integration der Blindlastgangsanalyse in erster Linie für die Erkennung von motorischen Verbrauchern (Motor der Waschmaschine, Kühlschrank) sinnvoll wäre, um die Erkennungswahrscheinlichkeit dieser Geräte bei stark überlagerten Wirklastgängen zu verbessern. Hilfreich kann der Blindlastgang auch zur Erkennung von zum Beispiel Mikrowellenherden sein (siehe Kap.5.5), wobei dessen Stromverbrauch aufgrund der meist sehr kurzen Laufzeiten vernachlässigbar ist.

Integration einer intelligenten Überprüfung des Erkannten

Besonders für die Erkennung von getakteten ohmschen Verbrauchern (E-Herd, elektrischer Warmwasserspeicher, Bügeleisen) wäre die Integration einer Überprüfung hinsichtlich der Variation der Impulsdauern sinnvoll. Das Problem der Übererkennung von Energie, wie es zum Beispiel beim E-Herd beschrieben wurde (Kap. 6.2.1), könnte so durch Berücksichtigung von typischen Kochvorgängen reduziert werden.

Prüfung der Erkennbarkeit weiterer Geräte

Weiters wäre die Erkennbarkeit von Geräten zu überprüfen, welche nicht explizit in der Arbeit behandelt wurden.

Basierend auf den ermittelten Energieverbräuchen (Abbildung 7.7) scheint besonders die genauere Betrachtung von TV-Geräten wichtig.

Allgemein wäre weiters zu prüfen, inwieweit es mit den vorhandenen Daten möglich ist, Geräte mit Schaltnetzteilen zu erkennen. Speziell der Nutzen der schwankenden Leistungsaufnahme (siehe Kap. 5.7) als Erkennungskriterium wäre näher zu untersuchen.

8.1.2 Untersuchung weiterer Haushalte

Das ermittelte energetische Erkennungspotenzial, welches Verbrauchskategorien zuordenbar ist, liegt bei durchschnittlich zirka 53% bis 71% (siehe Abbildung 7.8). Zu beachten ist jedoch, dass die Daten auf der Untersuchung von nur fünf Haushalten basieren.

In folgender Abbildung sind die Stromverbräuche der Verbrauchskategorien, welche aus den Messungen und aus dem Strom- und Gastagebuch [18] (ca. 250 Haushalte beinhaltet) ermittelt wurden, gegenübergestellt.

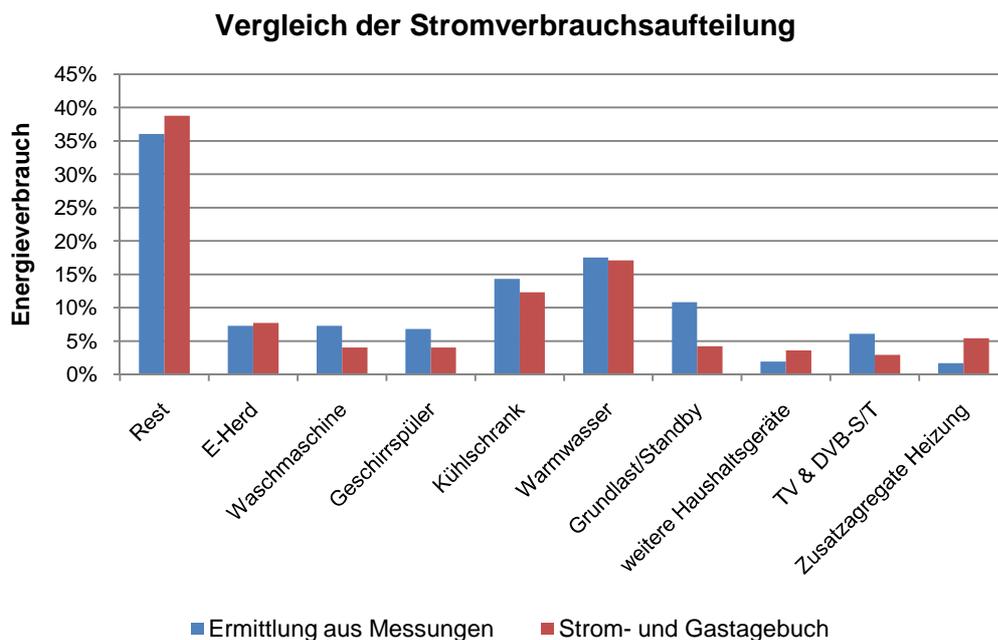


Abbildung 8.1: Vergleich der Stromverbrauchsaufteilung

Der Vergleich zeigt einige Übereinstimmungen bezüglich der Stromverbräuche der einzelnen Kategorien. Zu beachten ist, dass in der vorliegenden Arbeit nicht von allen Haushalten die Daten der dargestellten Verbrauchskategorien ermittelt wurden (siehe Abbildung 7.6).

8.1.3 Ermittlung der Lastgangsdaten mit Hilfe von Smart Metern

Im Rahmen zukünftiger Untersuchungen ist zu prüfen, was an zusätzlicher Hardware und Software notwendig wäre, um die Messdaten (P, Q und U) aus Smart Metern auszulesen. Da die Speicherkapazität der bekannten Smart Meter nicht ausgelegt ist, um die Sekundenmittelwerte der Messdaten über einen längeren Zeitraum (Monate, Jahre) zu speichern, wird vermutlich eine externe Erweiterung der Speicherkapazität der Smart Meter notwendig sein.

8.1.4 Verwendung der ermittelten Daten

Zu bedenken ist, dass die ermittelten Daten für fachfremde Personen nicht ausreichend aussagekräftig sein werden, um Energiefresser identifizieren zu können. Eine weitere Verarbeitung (z.B.: Vergleich mit typischen Verbrauchskategorie bezogenen Energieverbräuchen) der Daten wird somit notwendig sein.

9 Literatur

- [1] A. Gabl, PricewaterhouseCoopers, 11. Energiesymposium an der TU Graz (10. -12. Feb. 2010), "2010: The Economics of implementing Smart Metering in Europe, Seite 24-42
- [2] Amtsblatt der Europäischen Union, 2006/32/EG Energy Services Directive, ESD, Artikel 13 (1), Artikel 13 (2); 30. April.2004 (Veröffentlichungsdatum)
- [3] Amtsblatt der Europäischen Union, 2009/72/EG, Anhang 1 (2), 13. Juli 2009
- [4] BMWA, Energiestatus Österreich 2009, Stand 2008, Seite 15
<http://www.bmwfi.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus%202010%20inkl.%20Vorwort.pdf>
- [5] C. Laughman, K. Lee, L. Nordford, P. Armstrong, R. Cox, S. Shaw, S. Leeb, IEEE power & energy magazine, Publikation "Power Signatur Analysis", 2003
- [6] Dewesoft Power, "Software User Shortform and Technical Manual"; 2005;
- [7] DigitalSTROM Homepage, Stand April 2010; <http://www.digitalstrom.org/>
- [8] Energie-Control GmbH, April 2010, <http://www.energie-control.at/de/marktteilnehmer/strom/smart-metering>
- [9] H.Brunner, Institut für elektrische Anlagen TU-Graz, Diplomarbeit „Elektrische Lastgangsanalyse an Gebäuden der TU-Graz“, 1994
- [10] International Organization of Standardization, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), Seite 19, 1995
- [11] J. Kaltenleithner, Energie AG, März 2011
- [12] K. Derler, LINZ AG STOM, Präsentation „Smart Metering Activities of Linz AG“, Sep. 2009
- [13] K.Schlager, Linz AG, März 2011
- [14] M. Akbar, Z.A. Khan, University Of Engineering & Technology Lahore, Publikation "Modified Nonintrusive Appliance Load Monitoring for Nonlinear Devices", 2008
- [15] R.Feiel, Institut für elektrische Anlagen TU-Graz, Diplomarbeit „Online-Leistungsanalyse mit Lasterkennung und Energieverbrauchsermittlung“, 1994
- [16] S. Santer, Energie-Control GmbH, Stand Mai 2010

- [17] Statistik Austria, Energiebilanzen,
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanz/en/022711.html

- [18] Statistik Austria, Projektbericht Strom- und Gastagebuch 2008, Seite 8,
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html

- [19] Statistik Austria, Strom und Gastagebuch 2008,
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/035454.html

- [20] W. Hart, Senior Member IEEE, Publikation "Nonintrusive Load Monitoring", 1992

10 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

10.1 Abbildungen

Abbildung 1.1: Elektrischer Gesamtenergieverbrauch Österreich [17]	9
Abbildung 1.2: Durchschnittliche Stromverbrauchsaufteilung österr. Haushalte [18]	10
Abbildung 1.3: Smart Meter Ausbaustand Europa [1].....	13
Abbildung 1.4: Smart Meter Projekte; Österreich [8]	14
Abbildung 3.1: Personendaten.....	21
Abbildung 3.2: Durchschnittliche Anwesenheitszeit	22
Abbildung 3.3: tagesbezogener Wirkenergieverbrauch	27
Abbildung 3.4: Tageslastgang.....	28
Abbildung 4.1: Formular in der Küche.....	30
Abbildung 4.2: Formular in der Küche (Nahansicht).....	31
Abbildung 4.3: Messaufbau; Haushalt 1.....	32
Abbildung 4.4: Messaufbau Abb. 1; Haushalt 2.....	32
Abbildung 4.5: Messaufbau Abb. 2; Haushalt 2.....	33
Abbildung 4.6: Messaufbau Abb. 1; Haushalt 3.....	33
Abbildung 4.7: Messaufbau Abb.2; Haushalt 3.....	34
Abbildung 4.8: Messaufbau; Haushalt 4.....	35
Abbildung 4.9: Messaufbau Abb. 1; Haushalt 5.....	35
Abbildung 4.10: Messaufbau Abb. 2; Haushalt 5.....	36
Abbildung 4.11: Messprinzip	37
Abbildung 4.12: Relative Gesamtfehlergrenze, ELOG	39
Abbildung 4.13: Blindleistungsermittlung.....	41
Abbildung 4.14: Messprinzip Wattman HPM-100A.....	42
Abbildung 5.1: Wirk- u. Blindlastgang E-Herd mit 7-Takt-Schaltung (Kochvorgang).....	45
Abbildung 5.2: Wirk- u. Blindlastgang E-Herd mit Energieregler (Kochvorgang)	47
Abbildung 5.3: Wirk- u. Blindlastgang Waschmaschine.....	48
Abbildung 5.4: Ausschnitt Wirk- u. Blindlastgang; Waschen.....	49

Abbildung 5.5: Wirk- u. Blindlastgang Geschirrspüler (Spülvorgang)	51
Abbildung 5.6: Wirk- u. Blindlastgang Mikrowelle	53
Abbildung 5.7: Wirk- u. Blindlastgang Kühlschrank	54
Abbildung 5.8: Wirk- u. Blindlastgang Laptopnetzteil	55
Abbildung 5.9: Wirk- u. Blindlastgang Laptopnetzteil	56
Abbildung 6.1: Spannungsabhängigkeit der Wirkleistung (ohm. Verbraucher)	57
Abbildung 6.2: Datenflussbild der Leistungsnormierung.....	58
Abbildung 6.3: Datenflussbild Filterfunktionsintegration	59
Abbildung 6.4: Veranschaulichung Medianfilter.....	60
Abbildung 6.5: Wirklastgang Waschmaschinenmotor vor und nach lokalem Mittelwertfilter .	61
Abbildung 6.6: Datenflussbild der Flanken-/Impuls-/Impulsperiodenerkennung.....	63
Abbildung 6.7: Datenflussbild der Impulsgruppenerkennung.....	64
Abbildung 6.8: Datenflussbild E-Herderkennung.....	66
Abbildung 6.9: Wirk- u. Blindlastgang; E-Herderkennung.....	68
Abbildung 6.10: Ausschnitt Wirk- u. Blindlastgang; E-Herderkennung	69
Abbildung 6.11: Datenflussbild Waschmaschinenerkennung	71
Abbildung 6.12: Aufbau der Impulsperioden	72
Abbildung 6.13: Wirk- u. Blindlastgang; Waschmaschinenerkennung	74
Abbildung 6.14: Wirk- u. Blindlastgang; Besonderheit Heizaktivität.....	75
Abbildung 6.15: Datenflussbild Geschirrspülererkennung	76
Abbildung 6.16: Wirk- u. Blindlastgang; Geschirrspülererkennung.....	78
Abbildung 6.17: Datenflussbild Kühlschrankerkennung.....	79
Abbildung 6.18: Wirk- u. Blindlastgang; Kühlschrankerkennung	80
Abbildung 7.1: Gesamterkennungserfolg der einzelnen Geräte	83
Abbildung 7.2: Histogramm; Erkennung des E-Herdes	84
Abbildung 7.3: Histogramm; Erkennung der Waschmaschine.....	85
Abbildung 7.4: Histogramm; Erkennung des Geschirrspülers	86
Abbildung 7.5: Histogramm; Erkennung des Kühlschranks.....	87
Abbildung 7.6: Verteilung des Stromverbrauchs	88

Abbildung 7.7: Verteilung des Stromverbrauches (in kWh)	88
Abbildung 7.8: Abschätzung des Erkennungspotenzials	90
Abbildung 8.1: Vergleich der Stromverbrauchsaufteilung	93

10.2 Tabellen

Tabelle 1.1: durchschnittlicher Stromverbrauch österreichischer Haushalte [19].....	11
Tabelle 3.1: Objektdaten.....	20
Tabelle 3.2: Anwesenheit in Tagen.....	23
Tabelle 3.3: Geräteausstattung (1/2).....	23
Tabelle 3.4: Geräteausstattung (2/2).....	24
Tabelle 3.5: Nutzungshäufigkeit (1/2).....	25
Tabelle 3.6: Nutzungshäufigkeit (2/2).....	26
Tabelle 3.7: Energieverbrauch	26
Tabelle 6.1: Minimale und maximale Werte f. Impulserkennungsfunktionen	67
Tabelle 6.2: Minimale und maximale Werte f. Erkennungsfunktionseinstellungen.....	73
Tabelle 6.3: Minimale und maximale Werte f. Erkennungsfunktionseinstellung.....	77
Tabelle 6.4: Minimale und maximale Werte f. Erkennungsfunktionseinstellung.....	80

11 Anhang

11.1 Mathematischer Hintergrund Dewesoft [6]

Spannungseffektivwert

$$U_{RMS} = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\sum_1^n u_i^2} \quad \text{Gl. 11.1}$$

n ... Anzahl der Samples (Abtastrate mal Zeitdauer einer Periode)

Stromeffektivwert

$$I_{RMS} = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\sum_1^n i_i^2} \quad \text{Gl. 11.2}$$

n ... Anzahl der Samples (Abtastrate mal Zeitdauer einer Periode)

Leistungswerte für jede Harmonische

Scheinleistung

$$S_h = U_h \cdot I_h \quad \text{Gl. 11.3}$$

S_h ... Scheinleistung der h-ten Harmonischen

U_h ... Phasenspannung der h-ten Harmonischen

I_h ... Phasenstrom der h-ten Harmonischen

h ... Ordnungszahl

Wirkleistung

$$P_h = U_h \cdot P_h \cdot \cos(\varphi_h) \quad \text{Gl. 11.4}$$

P_h ... Wirkleistung der h-ten Harmonischen

φ_h ... Phasenwinkel der h-ten Harmonischen

Blindleistung

$$Q_h = U_h \cdot P_h \cdot \sin(\varphi_h) \quad \text{Gl. 11.5}$$

Q_h ... Blindleistung der Harmonischen

Leistungswerte für die Grundschiwingung

Scheinleistung

$$S_1 = U_1 \cdot P_1 \quad \text{Gl. 11.6}$$

S_1 ... Scheinleistung der Grundschiwingung

Wirkleistung

$$P_1 = U_1 \cdot P_1 \cdot \cos(\varphi_1) \quad \text{Gl. 11.7}$$

P_1 ... Wirkleistung der Grundschiwingung

Blindleistung

$$Q_1 = U_1 \cdot P_1 \cdot \sin(\varphi_1) \quad \text{Gl. 11.8}$$

Q_1 ... Blindleistung der Grundschiwingung

Leistungswerte für die gesamte Signalform

Scheinleistung

$$S = \sum_{h=1}^H S_h \quad \text{Gl. 11.9}$$

S ... Gesamtscheinleistung

H ... höchste Harmonische

Wirkleistung

$$P = \sum_{h=1}^H P_h \quad \text{Gl. 11.10}$$

P ... Gesamtwirkleistung

Blindleistung

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad \text{Gl. 11.11}$$

Q ... Gesamtblindleistung

Verzerrungsblindleistung

$$D = \sqrt{Q^2 - Q_1^2} \quad \text{Gl. 11.12}$$

D ... Verzerrungsblindleistung

Q_1 ... Grundschiwingungsblindleistung

Blindleistung aller Harmonischen

$$QH = \sum_{h=1}^H Q_h \quad \text{Gl. 11.13}$$

QH ... Blindleistung aller Harmonischen bis Ordnung H (U & I haben die gleiche Ordnung)

Verzerrungsblindleistung aller Harmonischen

$$DH = \sqrt{Q^2 - QH^2} \quad \text{Gl. 11.14}$$

DH ... Verzerrungsblindleistung (U & I haben unterschiedliche Ordnung)

11.2 Berechnung der Messunsicherheit

Die Wirkleistung von sinusförmigen Größen ergibt sich zu:

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad \text{Gl. 11.15}$$

P ... Wirkleistung

U ... Effektivwert der Spannung

I ... Effektivwert des Stromes

φ ... Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom

Die gesamte Messunsicherheit ist abhängig von der Messgenauigkeit der Spannung, dem Strom und dessen eingeschlossenen Phasenwinkel. Das Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß von mehreren voneinander unabhängigen Messgrößen [10] lautet:

$$\Delta f = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i \right)^2} \quad \text{Gl. 11.16}$$

Δf ... absolute Messabweichung laut Fehlerfortpflanzungsgesetz

Δx_i ... absolute Messabweichung der Eingangsgröße x_i

N ... Anzahl der berücksichtigten Eingangsgrößen

Wendet man nun die Gl. 11.16 auf die Gl. 11.15 an, so ergibt sich die absolute Messabweichung zu:

$$\Delta P = \sqrt{(I \cdot \cos \varphi \cdot \Delta U)^2 + (U \cdot \cos \varphi \cdot \Delta I)^2 + (I \cdot U \cdot \sin \varphi \cdot \Delta \varphi)^2} \quad \text{Gl. 11.17}$$

ΔP ... absolute Messabweichung der Wirkleistung

Quadriert man nun Gl. 11.17 und dividiert diese durch Gl. 11.15, so ergibt sich die relative Messunsicherheit der Wirkleistung zu:

$$\Delta P_{\text{rel}} = \sqrt{\Delta U_{\text{rel}}^2 + \Delta I_{\text{rel}}^2 + (\tan(\varphi) \cdot \Delta \varphi_{\text{abs}})^2} \quad \text{Gl. 11.18}$$

ΔP_{rel} ... relative Messunsicherheit der Wirkleistung

ΔU_{rel} ... relative Messunsicherheit der Spannung

ΔI_{rel} ... relative Messunsicherheit des Stromes

$\Delta \varphi_{\text{abs}}$... absolute Messunsicherheit des Phasenwinkels

Nach derselben Vorgehensweise kann die relative Messunsicherheit der Blindleistung (Gl. 4.3) hergeleitet werden. Die angeführten Schritte sind in diesem Fall mit der Gl. 11.19 anstatt mit der Gl. 11.15 durchzuführen.

$$Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi) \quad \text{Gl. 11.19}$$

Q ... Blindleistung

U ... Effektivwert der Spannung

I ... Effektivwert des Stromes

φ ... Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom

11.3 Tabellen der Energieerkennung von einzelnen Geräten

11.3.1 Energieerkennung E-Herde

HH 2 E-Herd (Kochfeld 1 & 2)					
Tag	aus $L_{3 \text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$ kWh	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3	0,94	0,95	102	1,28	137
Tag 4	0,78	0,83	107	0,94	120
Tag 5	0,46	0,34	73	1,01	220
Tag 6					
Tag 7	0,46	0,49	107	0,45	99
Tag 8	0,15	0,16	104	0,20	132
Tag 9					
Tag 10	0,41	1,17	284	0,46	112
Tag 11					
Tag 12	0,45	0,41	91	0,82	182
Tag 13					
Tag 14					

HH 2 E-Herd (Kochfeld 3 & 4)					
Tag	aus $L_{1 \text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$ kWh	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3	0,67	0,65	98	5,42	809
Tag 4	0,50	0,48	96	1,59	317
Tag 5	0,86	0,81	94	0,70	81
Tag 6					
Tag 7					
Tag 8	0,14	0,14	97	0,00	0
Tag 9					
Tag 10	0,54	0,42	78	0,55	100
Tag 11					
Tag 12	0,89	0,85	95	0,00	0
Tag 13					
Tag 14					

HH 3 E-Herd (Kochfeld 1 & 2)					
Tag	aus $L_{1 \text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$ kWh	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %
Tag 1					
Tag 2	0,96	0,95	99	1,17	122
Tag 3					
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6					
Tag 7	0,58	0,57	99	0,57	99
Tag 8					
Tag 9	0,47	0,46	97	0,19	40
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13	0,49	0,47	95	0,21	43
Tag 14	0,33	0,24	72	0,06	18

HH 3 E-Herd (Kochfeld 3 & 4)					
Tag	aus $L_{2 \text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$ kWh	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3					
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6					
Tag 7					
Tag 8	0,36	0,37	103	0,00	0
Tag 9	0,28	0,34	123	0,31	110
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13	0,20	0,16	81	0,11	52
Tag 14					

HH 3 E-Herd (Kochfeld 5)					
Tag	aus $L_{3 \text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$ kWh	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %
Tag 1					
Tag 2	0,12	0,10	84	0,00	0
Tag 3					
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6	1,09	1,09	99	0,63	58
Tag 7					
Tag 8					
Tag 9					
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14					

HH 5 E-Herd (Kochfeld 1 & 2)					
Tag	aus $L_{1 \text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$ kWh	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %	E_{erkannt} kWh	E_{erkannt} %
Tag 1	0,77	0,48	62	0,81	105
Tag 2	0,09	0,03	30	0,23	258
Tag 3	0,79	0,98	124	0,95	120
Tag 4	0,32	0,38	120	0,36	111
Tag 5	1,01	1,22	121	1,05	104
Tag 6	0,43	0,53	125	0,54	126
Tag 7	0,57	0,64	113	0,52	92
Tag 8	0,07	0,22	298	0,11	151
Tag 9	0,43	0,42	96	0,41	94
Tag 10	0,20	0,42	208	0,50	251
Tag 11	0,35	0,22	61	0,16	45
Tag 12	0,49	0,38	77	0,46	94
Tag 13	1,28	1,20	94	1,19	93
Tag 14					

Legende: $L_{x \text{ ges}}$... Summe aller Lastgänge der Phase x (x=1,2,3)
 L_{Summe} ... Summe aller Lastgänge über alle drei Phasen

11.3.2 Energieerkennung Waschmaschinen

HH 1 Waschmaschine					
Tag	aus $L_{3\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2	0,66	0,62	94	0,65	99
Tag 3					
Tag 4	0,70	0,21	30	0,65	92
Tag 5					
Tag 6					
Tag 7	1,02	0,99	97	1,03	101
Tag 8					
Tag 9	0,55	0,49	89	0,48	88
Tag 10	0,63	0,57	91	0,00	0
Tag 11	0,55	0,50	92	0,50	90
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14					

HH 3 Waschmaschine (Waschgang 1)					
Tag	aus $L_{2\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3	0,31	0,44	143	0,38	124
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6	0,43	0,04	9	0,40	92
Tag 7					
Tag 8					
Tag 9	0,41	0,42	104	0,37	90
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14					

HH 3 Waschmaschine (Waschgang 2)					
Tag	aus $L_{2\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3					
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6	0,27	0,27	101	0,25	92
Tag 7					
Tag 8					
Tag 9	0,29	0,29	100	0,26	90
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14					

HH 3 Waschmaschine (Waschgang 3)					
Tag	aus $L_{2\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3					
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6	0,29	0,02	7	0,12	42
Tag 7					
Tag 8					
Tag 9					
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14					

HH 3 Waschmaschine (Waschgang 4)					
Tag	aus $L_{2\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3					
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6	0,30	0,30	100	0,00	0
Tag 7					
Tag 8					
Tag 9					
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14					

HH 4 Waschmaschine					
Tag	aus $L_{2\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2					
Tag 3	0,83	0,80	97	0,80	97
Tag 4	0,47	0,47	100	0,47	99
Tag 5					
Tag 6	0,38	0,34	90	0,33	87
Tag 7					
Tag 8					
Tag 9					
Tag 10	0,40	0,39	97	0,37	92
Tag 11	0,58	0,60	105	0,57	99
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14	0,39	0,39	100	0,37	93

Legende: $L_{x\text{ ges}}$... Summe aller Lastgänge der Phase x (x=1,2,3)
 L_{Summe} ... Summe aller Lastgänge der drei Phasen

11.3.3 Energieerkennung Geschirrspüler

HH 1 Geschirrspüler					
Tag	aus $L_{2\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2	1,29	1,26	98	0,00	0
Tag 3	1,40	1,42	102	0,00	0
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6					
Tag 7	1,36	1,39	102	1,57	116
Tag 8					
Tag 9					
Tag 10					
Tag 11	1,34	1,37	103	0,00	0
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14	1,17	1,22	104	1,32	112

HH 3 Geschirrspüler					
Tag	aus $L_{1\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1					
Tag 2	1,12	1,09	97	0,97	87
Tag 3					
Tag 4					
Tag 5					
Tag 6	1,14	0,89	78	3,55	312
Tag 7					
Tag 8					
Tag 9	1,05	1,06	101	0,00	0
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14	0,97	0,97	100	0,00	0

HH 4 Geschirrspüler					
Tag	aus $L_{1\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$E_{\text{tatsächlich}}$	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}	E_{erkannt}
	kWh	kWh	%	kWh	%
Tag 1	1,04	1,08	104	1,05	101
Tag 2	0,97	1,01	104	0,96	99
Tag 3	1,01	1,03	102	0,00	0
Tag 4	1,03	1,06	103	0,00	0
Tag 5					
Tag 6	1,03	1,06	103	0,00	0
Tag 7	1,02	1,01	99	0,98	97
Tag 8					
Tag 9					
Tag 10					
Tag 11					
Tag 12					
Tag 13					
Tag 14					

Legende: $L_{x\text{ ges}}$... Summe aller Lastgänge der Phase x (x=1,2,3)
 L_{Summe} ... Summe aller Lastgänge aller drei Phasen

11.3.4 Impulsanzahlerkennung Kühlschränke

HH 1 Kühlschrank					
Tag	aus $L_{1\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$IA_{\text{tat.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$
	Stk.	Stk.	%	Stk.	%
Tag 1	30	30	100	26	87
Tag 2	29	26	90	24	83
Tag 3	31	29	94	28	90
Tag 4	31	30	97	21	68
Tag 5	32	32	100	28	88
Tag 6	31	31	100	30	97
Tag 7	31	28	90	24	77
Tag 8	22	23	105	21	95
Tag 9	21	16	76	15	71
Tag 10	21	18	86	16	76
Tag 11	20	18	90	16	80
Tag 12	23	23	100	23	100
Tag 13	23	23	100	22	96
Tag 14	25	24	96	22	88

HH 2 Gefrierschrank					
Tag	aus $L_{3\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$IA_{\text{tat.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$
	Stk.	Stk.	%	Stk.	%
Tag 1	50	50	100	46	92
Tag 2	49	46	94	44	90
Tag 3	52	52	100	38	73
Tag 4	57	54	95	46	81
Tag 5	54	49	91	38	70
Tag 6	53	52	98	45	85
Tag 7	50	50	100	43	86
Tag 8	52	51	98	44	85
Tag 9	50	50	100	44	88
Tag 10	52	49	94	39	75
Tag 11	52	52	100	49	94
Tag 12	54	52	96	37	69
Tag 13	47	46	98	45	96
Tag 14	49	49	100	43	88

HH 2 Kühlschrank					
Tag	aus $L_{1\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$IA_{\text{tat.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$
	Stk.	Stk.	%	Stk.	%
Tag 1	101	100	99	89	88
Tag 2	101	95	94	72	71
Tag 3	100	77	77	60	60
Tag 4	99	78	79	67	68
Tag 5	101	92	91	54	53
Tag 6	99	93	94	73	74
Tag 7	100	96	96	84	84
Tag 8	99	96	97	83	84
Tag 9	99	77	78	66	67
Tag 10	100	80	80	60	60
Tag 11	97	94	97	80	82
Tag 12	99	88	89	60	61
Tag 13	98	98	100	72	73
Tag 14	98	94	96	71	72

HH 4 Kühlschrank					
Tag	aus $L_{1\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$IA_{\text{tat.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$
	Stk.	Stk.	%	Stk.	%
Tag 1	20	20	100	20	100
Tag 2	22	19	86	19	86
Tag 3	20	18	90	15	75
Tag 4	21	20	95	18	86
Tag 5	20	20	100	17	85
Tag 6	20	18	90	16	80
Tag 7	21	18	86	20	95
Tag 8	22	20	91	18	82
Tag 9	22	21	95	21	95
Tag 10	21	21	100	19	90
Tag 11	20	20	100	19	95
Tag 12	20	20	100	20	100
Tag 13	20	20	100	19	95
Tag 14	21	20	95	19	90

HH 5 Kühlschrank					
Tag	aus $L_{1\text{ ges}}$			aus L_{Summe}	
	$IA_{\text{tat.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$	$IA_{\text{erk.}}$
	Stk.	Stk.	%	Stk.	%
Tag 1	14	6	43	0	0
Tag 2	13	8	62	2	15
Tag 3	15	11	73	2	13
Tag 4	14	8	57	0	0
Tag 5	15	8	53	2	13
Tag 6	17	11	65	0	0
Tag 7	17	14	82	0	0
Tag 8	19	17	89	0	0
Tag 9	18	15	83	2	11
Tag 10	16	13	81	2	13
Tag 11	16	16	100	3	19
Tag 12	16	14	88	0	0
Tag 13	15	13	87	0	0
Tag 14	15	14	93	2	13

Legende: $L_{x\text{ ges}}$... Summe aller Lastgänge der Phase x (x=1,2,3)
 L_{Summe} ... Summe aller Lastgänge der drei Phasen
 IA ... Impulsanzahl

11.4 Tabellen der Stromverbrauchsverteilung

	HH 1					
	geschätzte Erkennbarkeit		Stromverbrauch		geschätzte Erkennbarkeit bezogen auf Stromverbrauch	
	min.	max.			min.	max.
	%	%	kWh	%	%	%
Grundlast	100%	100%	11,80	11%	11,0%	11,0%
E-Herd mit Schaltstufen	40%	70%	3,24	3%	1,2%	2,1%
E-Herd mit Energieregler						
Waschmaschine	80%	100%	4,11	4%	3,2%	4,0%
Geschirrspüler	75%	95%	6,55	6%	4,5%	5,7%
Kühlschrank	65%	100%	6,80	6%	3,9%	6,0%
Warmwasser	90%	100%	46,50	44%	39,6%	44,0%
Bügeln						
TV	30%	40%	9,20	9%	2,7%	3,6%
Heizung						
Rest	10%	20%	17,69	17%	1,7%	3,4%
Summe	61%	78%	105,89	100%	68%	80%

	HH 2					
	geschätzte Erkennbarkeit		Stromverbrauch		geschätzte Erkennbarkeit bezogen auf Stromverbrauch	
	min.	max.			min.	max.
	%	%	kWh	%	%	%
Grundlast	100%	100%	10,50	10%	10,0%	10,0%
E-Herd mit Schaltstufen						
E-Herd mit Energieregler	55%	90%	6,85	7%	3,9%	6,3%
Waschmaschine	80%	100%	4,95	5%	4,0%	5,0%
Geschirrspüler	75%	95%	3,50	3%	2,3%	2,9%
Kühlschrank	65%	100%	21,30	21%	13,7%	21,0%
Warmwasser						
Bügeln	60%	80%	10,89	11%	6,6%	8,8%
TV	30%	40%	10,30	10%	3,0%	4,0%
Heizung						
Rest	10%	20%	33,26	33%	3,3%	6,6%
Summe	59%	78%	101,55	100%	47%	65%

	HH 3					
	geschätzte Erkennbarkeit		Stromverbrauch		geschätzte Erkennbarkeit bezogen auf Stromverbrauch	
	min.	max.			min.	max.
	%	%	kWh	%	%	%
Grundlast	100%	100%	24,80	23%	23,0%	23,0%
E-Herd mit Schaltstufen						
E-Herd mit Energieregler	55%	90%	5,86	5%	2,8%	4,5%
Waschmaschine	80%	100%	2,29	2%	1,6%	2,0%
Geschirrspüler	75%	95%	4,28	4%	3,0%	3,8%
Kühlschrank	65%	100%	18,20	17%	11,1%	17,0%
Warmwasser						
Bügeln						
TV	30%	40%	8,26	8%	2,4%	3,2%
Heizung	50%	60%	9,40	9%	4,5%	5,4%
Rest	10%	20%	35,31	33%	3,3%	6,6%
Summe	58%	76%	108,40	100%	52%	66%

	HH 4					
	geschätzte Erkennbarkeit		Stromverbrauch		geschätzte Erkennbarkeit bezogen auf Stromverbrauch	
	min.	max.	kWh	%	min.	max.
	%	%			%	%
Grundlast	100%	100%	2,50	5%	5,0%	5,0%
E-Herd mit Schaltstufen	40%	70%	8,29	16%	6,4%	11,2%
E-Herd mit Energieregler					0,0%	0,0%
Waschmaschine	80%	100%	3,04	6%	4,8%	6,0%
Geschirrspüler	75%	95%	6,10	12%	9,0%	11,4%
Kühlschrank	65%	100%	15,10	30%	19,5%	30,0%
Warmwasser					0,0%	0,0%
Bügeln					0,0%	0,0%
TV	30%	40%	6,49	13%	3,9%	5,2%
Heizung					0,0%	0,0%
Rest	10%	20%	8,88	18%	1,8%	3,6%
Summe	57%	75%	50,40	100%	50%	72%

	HH 5					
	geschätzte Erkennbarkeit		Stromverbrauch		geschätzte Erkennbarkeit bezogen auf Stromverbrauch	
	min.	max.	kWh	%	min.	max.
	%	%			%	%
Grundlast	100%	100%	11,16	6%	6,0%	6,0%
E-Herd mit Schaltstufen					0,0%	0,0%
E-Herd mit Energieregler	55%	90%	16,56	8%	4,4%	7,2%
Waschmaschine	80%	100%	26,40	13%	10,4%	13,0%
Geschirrspüler	75%	95%	17,70	9%	6,8%	8,6%
Kühlschrank	65%	100%	18,93	10%	6,5%	10,0%
Warmwasser	60%	85%	52,00	27%	16,2%	23,0%
Bügeln					0,0%	0,0%
TV					0,0%	0,0%
Heizung					0,0%	0,0%
Rest	10%	20%	52,95	27%	2,7%	5,4%
Summe	64%	84%	195,70	100%	53%	73%

11.5 Formulare

11.5.1 Übersichtsformular

Diplomarbeit	
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Liegenschaftskürzel: <input style="width: 100%;" type="text"/> Tag/Datum: <input style="width: 100%;" type="text"/> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <h3>Arbeitsplan für Abwicklung der Messung</h3> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> Vorgespräch <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Beschreibung des Ziels der DA <input type="checkbox"/> Aufklärung über anfallende Arbeiten (spez. über notwendige Mitarbeit der Bewohner) <input type="checkbox"/> Kurze Übersicht der Mitschreibsysteme </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> Ermittlung ob Pläne (Verteilerplan/Installationsplan usw.) vorhanden sind <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Folgende Pläne vorhanden: _____ _____ _____ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Ausfüllen des Formulars Geräteausstattung mit Hilfe der vorhandenen Pläne </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Keine Pläne vorhanden <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Ermittlung der Stromaufteilung und Ausfüllen des Formulars Geräteausstattung </div> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> Anschließen & Einstellen des Messgerätes und Ausfüllen des Formulars Verteileranschlussliste </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> Auswahl des Mitschreibsystems durch Bewohner unter Erklärung <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Mitschreibsystem anhand des Formulars Geräteausstattung so weit wie mögl. vorbereiten </div> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> Testmessung durchführen; Kontrolle der Messgeräteeinstellungen <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Spannungszuweisung für Leistungen </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Lieferung von Messwerten aller Kanäle </div> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> Einstellen & Kontrolle des automatischen Messstarts </div>	
Arbeitsplan	 Institut für Elektrische Anlagen
Mallits Thomas	

11.5.2 Geräteausstattung

Diplomarbeit



TUG Institut für Elektrische Anlagen
Bearbeiter: Mallits Thomas
Telefon: 0699 10748744
e-mail: thomas.mallits@drei.at

Bogen zur Erfassung der Geräteausstattung

Liegenschaftskürzel:
Tag/Datum:

Hinweis:

Welche Geräte erfasst werden kann von Haushalt zu Haushalt variieren, Hauptentscheidungskriterium ist die elektrische Energie (Leistung, Zeitdauer bzw. Häufigkeit der Verwendung). Das Ausfüllen erfolgt immer in Zusammenarbeit von Herrn Mallits Thomas mit den entsprechenden Bewohnern.

Geräteausstattung



Mallits Thomas

Diplomarbeit



Allgemeines:

A1: Familienname: Telefonnummer:
 Anzahl der Personen im Haushalt:
 Typ der Liegenschaft: Einfamilienhaus Mehrfamilienhaus
 Mehrparteienwohnung

A2: Gasanschluss vorhanden ?
 Ja --> Bitte weiter zu A3: Nein

A3: Welche Verbraucher werden mit Gas betrieben?
 1.)
 2.)
 3.)
 4.)
 5.)

Heizungssystem & Warmwasser:

H1: Welches Heizungssystem wird als Hauptheizung verwendet?
 Gas Öl Fernwärme
 Elektrisch --> Bitte weiter zu H2: Nachtstrom: Tagstrom:
 Sonstige:

H2: Welche Art der elektrischen Heizung wird verwendet (Hauptheizung bzw. Zusatzheizung):

Art:	Leistung in W	Phasenanzahl	H/Z	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/> elektrische Zentralheizung	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Heizstrahler 1:	Stufe 1: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Stufe 2: <input type="text"/>			
	Stufe 3: <input type="text"/>			
<input type="checkbox"/> Heizstrahler 2:	Stufe 1: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Stufe 2: <input type="text"/>			
	Stufe 3: <input type="text"/>			

Geräteausstattung



Mallits Thomas

Diplomarbeit



Leistung in W				Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/>	Sonstige	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonstige	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

H3: Elektrische Warmwassererzeuger:

		Leistung in W	Phasenanzahl	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/>	Kleinspeicher/Durchlauferhitzer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Warmwasserboiler	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

H4: Umweltpumpen:

Verwendung für:	Leistung in W	Typ	gesch. Stufe	Stromk.Nr.
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				
<input type="text"/>				

Kühl- und Gefriergeräte

KG1: Kühl- u. Gefriergeräte

Typ:	Leistung in W	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/> Kühlschrank	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Gefrierschrank/Kühltruhe 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Gefrierschrank/Kühltruhe 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

KG2: Klimaanlage

	Leistung in W	Phasenanzahl	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/> Klimaanlage	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Geräteausstattung



Mallits Thomas

Diplomarbeit



Küchenausstattung

K1:	Typ	Leistung in W	Phas.	Info	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/>	E-Herd	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Dunstabzug	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Mikrowelle	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Geschirrspüler	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Handmixer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Stabmixer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Kaffeefiltermaschine	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Pads-/Espresso-, Kaffeevollautomat	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Elektrischer Wasserkocher	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Toaster	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Küchenmaschine	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Brotbackmaschine	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Fritteuse	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Back-/Grillautomat/Kompaktbackofen	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Elektrogriller	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Standmixer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Dampfgarer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Zusatz-Kochplatte	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Geräteausstattung



Mallits Thomas

Diplomarbeit



Haushaltsgeräte

H1:	Typ.:	Leistung in W	Info:	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/>	Bügeleisen/Bügelstation	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Staubsauger	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Waschmaschine 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Waschmaschine 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Wäschetrockner	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Bügelpresse	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bürogeräte

B1:	Typ.:	Leistung in W	Info:	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/>	PC	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Laptop/Notebook	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Röhrenmonitor	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Flat Screen (TPF)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Multigerät (Scanner/Drucker/Kopierer)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Ducker	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Kopierer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Scanner	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Aktive Lautsprecherboxen	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Anrufbeantworter	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Fax	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Telefon am Stromnetz	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Geräteausstattung



Mallits Thomas

Diplomarbeit



<input type="checkbox"/>	Sonst.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Unterhaltungselektronik

U1:	Typ.:	Leistung in W	Info:	Stromk.Nr
<input type="checkbox"/>	Radio/Portables Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Radiowecker	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	HIFI/Stereoanlage	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Fernseher - Bildröhre	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Fernseher - LCD	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Fernseher - Plasma	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	TV-Beamer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	DVB-T Box	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Satellitenempfänger	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Antennenverstärker/Digitale Antenne	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Videorecorder	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	DVD Recorder, DVD Player	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Spielkonsole (z.B. Playstation)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Weitere relevante Stromverbraucher

W1:	Typ.:	Leistung in W	Info:	Stromk.Nr.
<input type="checkbox"/>	Wasserbett	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Aquarium	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Zimmerbrunnen	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Geräteausstattung



Mallits Thomas

Diplomarbeit



<input type="checkbox"/>	Haarfön	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Elektrischer Rasenmäher	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sauna	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Solarium	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Infrarotkabine	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Dampfkabine	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Swimmingpool	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Sonst.: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Beleuchtung:

B1:			Stromk.Nr.		Stromk.Nr.		
<input type="checkbox"/>	Küche	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
		Schalter 3	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 4	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Wohnzimmer	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
		Schalter 3	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 4	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
					Halogen Deckenfluter	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Schlafzimmer	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Bad	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Vorraum	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Keller	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Außenraum	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>

Geräteausstattung



Mallits Thomas

Diplomarbeit



<input type="checkbox"/>	Zimmer 1	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Zimmer 2	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Zimmer 3	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Zimmer 4	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Zimmer 5	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Zimmer 6	Schalter 1	<input type="text"/> W	<input type="text"/>	Schalter 2	<input type="text"/> W	<input type="text"/>

Geräteausstattung



Mallits Thomas

11.5.3 Verteileranschlussliste

Diplomarbeit



Liegenschaftskürzel: _____
 Tag/Datum: _____
 Verteilerbezeichnung: _____
 Blatt: _____ von: _____

Kl.Nr.	Stromk.Nr.	Sp.Zuord.	Stromz.Nr.	Stromz.Bez.Soft	Zimmer
1	41				
2	42				
3	43				
4	44				
5	45				
6	46				
7	47				
8	48				
9	49				
10	50				
11	51				
12	52				
13	53				
14	54				
15	55				
16	56				
17	57				
18	58				
19	59				
20	60				
21	61				
22	62				
23	63				
24	64				
25	65				
26	66				
27	67				
28	68				
29	69				
30	70				
31	71				
32	72				
33	73				
34	74				
35	75				
36	76				
37	77				
38	78				
39	79				
40	80				

Legende: Stromk.Nr..... Stromkreisnummer
 Sp.Zuord..... Zugeordnete Spannung
 Stromz.Nr..... Stromzangennummer
 Stromz.Bez.Soft..... Bezeichnung der Stromzange
 in der Software

Verteileranschlussliste



Mallits Thomas

11.5.5 Gerätetagebuch 2

Diplomarbeit

 TU Graz

Mitschreibsystem

Liegenschaftskürzel: _____

Tag/Datum: _____

Raumname: _____

Ausfüllhilfe:

Gerätenamen	1	2	3
Start	08:00	20:15	
Stopp	10:00	22:00	
Bemerkung			

Bitte tragen Sie die Startzeit sowie die Stoppzeit ein. Im untersten Feld finden Sie Platz für zusätzliche Bemerkungen wie z.B.: für die Bezeichnung des gewählten Waschprogrammes. Bitte scheuen Sie sich nicht, sich bei Fragen an Herrn Mallits Thomas zu wenden!

Bitte wenden Sie sich bei Fragen jederzeit an Herrn Mallits Thomas Tel:0699/10748744

Gerätenamen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Start										
Stopp										
Bemerkung										
Start										
Stopp										
Bemerkung										
Start										
Stopp										
Bemerkung										
Start										
Stopp										
Bemerkung										
Start										
Stopp										
Bemerkung										
Start										
Stopp										
Bemerkung										
Start										
Stopp										
Bemerkung										

Mitschreibsystem

 Institut für Elektrische Anlagen

Mallits Thomas