



Cologne Institute for  
Renewable Energy

Institut für Elektrische Energietechnik

# Master – Thesis

## Simulation des Lastmanagements in einem PV – Diesel –Hybridnetz

von

Stefka Feridarova

Matrikel Nr.: 11094814

Fakultät für Anlagen, Energien und Maschinensysteme

Masterstudiengang: Erneuerbare Energien

Referent: Prof. Eberhard Waffenschmidt

Korreferent: Prof. Thorsten Schneiders

Ausgabe: 16. Juli 2015

Abgabe: 18. Dezember 2015

**Technology**  
**Arts Sciences**  
**TH Köln**

---

## Eidesstattliche Erklärung

Name, Vorname: Feridarova, Stefka

Matrikelnummer: 11094814

Thema der Abschlussarbeit: Simulation des Lastmanagements in einem PV – Diesel - Hybridnetz

Registrier-Nr.: MA EGM 15/15

## Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich meine Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen, als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

---

Stefka Feridarova

## Sperrvermerk

Hiermit erkläre ich, dass meine Abschlussarbeit ausgeliehen werden darf. Außerdem stimme ich der Veröffentlichung meiner Arbeit im Internet durch meinen Betreuer zu.

---

Stefka Feridarova

## Bildrechte

Die folgenden Abbildungen habe ich von anderen Autoren übernommen:

Abbildung 2.1: Grégoire Léna, Abbildung 2.8 Johannes Wiesinger, Abbildung 4.1 Wuppertal Institut, Abbildung 4.2 Arnusorn Saengprajak, Abbildung 4.3 Department of Energy.

Die Nutzungsrechte für die Veröffentlichung im Rahmen dieser Masterarbeit sind mir erteilt worden. Alle übrigen Abbildungen habe ich selbstständig angefertigt.



**Bestätigung**

Frau Stefka Feridarova, Matrikel Nr.: 11094814, wird hiermit bestätigt, dass sie ihre Abschlussarbeit heute bei mir abgegeben hat.

\_\_\_\_\_

Datum

\_\_\_\_\_

Unterschrift

---

## Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	VI
Kurzfassung .....	VII
Abstract .....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	X
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	X
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	3
1.3 Aufbau der Masterarbeit.....	3
2 Das autarke PV - Diesel Hybridnetz.....	4
2.1 Komponente eines PV – Diesel Hybridnetzes .....	6
2.2 Auswertung simulierter Lastverlauf.....	8
2.3 Der Dieselgenerator .....	10
2.3.1 Common Rail System.....	12
2.3.2 Der Dringlichkeitsfaktor .....	13
3 Eigenschaften elektrischen Verbraucher im Haushalt.....	14
3.1 Klassifizierung der Haushaltsverbraucher.....	15
3.1.1 Permanentverbrauch .....	15
3.1.2 Ein – Aus Verbraucher .....	15
3.1.3 Geräte mit begrenzter Anzahl an diskreter Schaltzustände .....	15
3.1.4 Geräte mit kontinuierlich variable Verbraucher .....	16
3.2 Untersuchungen der Betriebszustände der Hauslatsgeräte .....	16
3.3 Klassifizierung der Haushaltsverbraucher nach Steuerbarkeit .....	17
3.3.1 Nicht steuerbaren oder kritischen Lasten .....	17
3.3.2 Steuerbaren oder unkritischen Lasten .....	18



3.4	Bewertung der Haushaltsgeräte .....	19
4	Lastmanagement.....	22
4.1	Strategien des Lastmanagements .....	23
4.1.1	preisbasierte Programmen.....	24
4.1.2	anreizorientierte Programme .....	25
5	Algorithmus zum Lastmanagement .....	27
5.1	Blockdiagramm eines PV – Diesel Hybridnetzes .....	27
5.2	Laststeuerung.....	28
5.2.1	Fall 1: Auslastung des Dieselgenerators über 90 Prozent .....	29
5.2.2	Fall 2 : Auslastung des Dieselgenerators unter 50 Prozent.....	29
6	Simulationen .....	30
6.1	Ergebnisse für einen Wintermonat .....	30
6.2	Ergebnisse für einen Sommermonat.....	36
7	Zusammenfassung und Ausblick .....	41
	Literaturverzeichnis.....	43
	Anhang .....	46

---

## Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt für die interessante und aktuelle Themengebungen bedanken. Außerdem danke ich Herrn M.Sc. Evandro Dresch vom Institut für elektrische Energietechnik für seine umfangreiche Unterstützung, für die Zeit, die er sich auf Grund meiner Arbeit genommen hat und für die Gespräche, die mir stets geholfen haben. Herrn Prof. Dr. Thorsten Schneiders danke ich herzlich für die Übernahme des Korreferates. Bei Christian Brosig bedanke mich für die guten Gespräche und die sonstigen Hilfestellungen. Ich danke meinen Eltern und meinem Bruder für die moralische und finanzielle Unterstützung, ohne sie wäre die Anfertigung der Abschlussarbeit nicht möglich gewesen.

---

## **Kurzfassung**

Diese Masterabschlussarbeit befasst sich mit den Photovoltaik - Diesel Hybridnetzen und mit den Optimierungsmaßnahmen des Dieselgenerators, damit in Zukunft Kraftstoffverbrauch minimiert wird und die CO<sub>2</sub> Emissionen verringert werden. Es wird ein Algorithmus in MATLAB® implementiert. Es werden elektrische Haushaltsgeräte abgeschaltet und eingeschaltet, damit der Dieselgenerator wirtschaftlicher laufen kann. Durch die reduzierte Nutzung des Dieselgenerators kann der Dieselvebrauch dementsprechend minimiert werden. Es wird überprüft, inwiefern ein elektrischer Verbraucher im Haushalt ein Bezug auf Lastmanagement hat und wie dieser die Betriebszustände des Dieselgenerators reflektieren kann.

## **Abstract**

This master thesis is dedicated to the photovoltaic diesel hybrid mini grids. The objects of this work are to reduce fuel consumption and so the produced CO<sub>2</sub> emissions from the diesel engine. An implemented algorithm in MATLAB® refers to the context where the electrical household load is managed in order to optimize generator work and network performance. Basically, household electrical appliances are switched off and on, so the diesel generator to be more efficient and the fuel consumption could be accordingly minimized. The consumer influence of household's electricity has a reference to the Demand Side Management and how does it reflect on the operating states of the diesel engine.

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 Typisches Lastprofil in einem ländlichen Gebiet (8) .....	4
Abbildung 2.2 Hybridsystem mit DC Sammelschiene .....	7
Abbildung 2.3 Hybridsystem mit AC Sammelschiene .....	7
Abbildung 2.4 Hybridsystem mit AC/DC Sammelschiene .....	8
Abbildung 2.5 Jährliches Lastprofil für 25 Haushalten.....	9
Abbildung 2.6 Geräteprofil im Sommer .....	10
Abbildung 2.7 Geräteprofil im Winter .....	10
Abbildung 2.8 Diesel Common Rail System (17) .....	13
Abbildung 3.1 Ausstattung privater Haushalte mit Haushaltsgeräten nach DESTATIS .....	14
Abbildung 3.2 Verbraucherklassifikation nach Steuerbarkeit .....	18
Abbildung 4.1 Einsatz des Lastmanagements zum Ausgleich schwankenden Einspeisung erneuerbare Energien (27) .....	22
Abbildung 4.2 Möglichkeiten der Lastgangsmodifikation (29) .....	24
Abbildung 4.3 Einsatzpunkten des Demand Response Programmen (30) .....	26
Abbildung 5.1 Blockschema eines PV – Diesel Hybridsystems .....	28
Abbildung 6.1 PVprofil im Winter .....	31
Abbildung 6.2 Lastprofil imWinter .....	31
Abbildung 6.3 Auslastung des Dieselgenerators vor und nach DSM im Winter .....	32
Abbildung 6.4 Dieseldkraftstoffverbrauch vor und nach DSM im Winter .....	33
Abbildung 6.5 Bestimmung des Dringlichkeitsfaktors vor dem DSM im Winter .....	33
Abbildung 6.6 Dringlichkeitsfaktor nach DSM in Januar .....	34
Abbildung 6.7 Anzahl von elektrischen Geräte zur Laststeuerung bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Winter .....	34
Abbildung 6.8 Auslastungen bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Winter .....	35





Abbildung 6.9 Dieserverbrauch bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Winter ..... 35

Abbildung 6.10 Der Lastprofil im Sommer ..... 36

Abbildung 6.11 Der Pvprofil im Sommer..... 36

Abbildung 6.12 Dringlichkeitsfaktor vor DSM in Sommer ..... 37

Abbildung 6.13 Dringlichkeitsfaktor nach DSM im Sommer..... 37

Abbildung 6.14 Auslastung des Diesengenerators vor und nach DSM im Sommer ..... 38

Abbildung 6.15 Diesekraftstoffverbrauch vor und nach DSM im Sommer..... 38

Abbildung 6.16 Anzahl von elektrischen Geräte zur Laststeuerung bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Sommer ..... 39

Abbildung 6.17 Auslastungen bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Sommer..... 39

Abbildung 6.18 Dieserverbrauch bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Sommer ..... 40



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1 Klassifizierung der Haushaltsverbraucher ..... 16

Tabelle 3.2 Zugeordnete TG nach Haushaltsbereiche ..... 19

Tabelle 3.3 Zuordnung der Haushaltsgeräte (25) ..... 20

Tabelle 6.1 Verbrauch des Dieselgenerators beim verschiedenen Auslastungen ..... 32

## Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

AC	-	Wechselstrom
CO <sub>2</sub>	-	Kohlenstoffdioxid
CPP	-	Critical peak pricing
DC	-	Gleichstrom
DESTATIS	-	Statisches Bundesamt
DF	-	Dringlichkeitsfaktor
DoE	-	Department of Energy
DR	-	Demand Response
DSM	-	Demand Side Management
EE	-	Erneuerbare Energien
GW	-	Gewichtungsfaktor
LPG	-	Load Profile Generator
MATLAB®	-	Software MATLAB® Laboratory
P <sub>D</sub>	kW	Leistung der Dieselgeneratoren
P <sub>L</sub>	kWh	Leistung der elekt. Geräte
P <sub>PV</sub>	kWh	Leistung der PV - Anlagen
PV	-	Photovoltaik
PV Anlage	-	Photovoltaik Anlage
PV-Diesel-Hybridnetz	-	Photovoltaik – Diesel Hybridnetz
RTP	-	Real time pricing
t	-	Zeit
TOU	-	Time of Use
TG	-	Typ der Gewichtung

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Der Strommarkt entwickelt sich in einer Phase, in der die erneuerbaren Energiequellen mehr Verantwortung in der Stromversorgung übernehmen. Der Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie wird bis Ende des Jahres 2022 beschlossen sein und die europäischen Strommärkte wachsen immer weiter in Richtung der Erneuerbare Energien (EE). (1) Somit sollen die EE eine sichere, zuverlässige und kostengünstige Stromversorgung anbieten, daher ist der Umbau und die Modernisierung der Stromnetze eine wichtige Aufgabe des 21. Jahrhunderts.

Das Konzept "Smart Grid" fasst eine informationstechnisch vernetzte Stromerzeugung mit einem intelligenten Lastmanagement und einem integrierten Energiespeicher zusammen. (2) Unter Smart Grid wird auch intelligent geführte elektrische Netze verstanden. Die Erzeugung, Speicherung und der Verbrauch werden aktiv und flexible gesteuert. Zu den entwickelnden Smart Grids Lösungen ist bis heute gezielt viel erforscht und es wird auf die folgenden Konsequenzen so nachgedacht wie z.B. wird eine intelligente elektrische Infrastruktur weiter entwickelt und wie werden die politischen Ziele in Richtung Nachhaltigkeit erreicht. Der wesentliche Schlüsselausbau in dem Smart Grid ist die optimale Integrierung regenerativer Energieträger und dezentraler Erzeugung. Daraus erfolgt eine Steigerung der Effizienz in dem Energiesystem und Optimierung der Infrastruktur. Die Stromnachfrage wird flexibilisiert. Der Smart Grid bestimmt das Werdegang des Elektromobilitäts, aber auch andere intelligente Dienstleistungen werden möglich, es wird auch von Entwicklung von Energieregionen der Zukunft gesprochen. (2)

An diesem intelligenten Konzept beteiligen sich die Hybridnetze. Die wissenschaftliche Analyse dieser intelligenten Stromnetze konzentriert sich auf Länder oder netzferne Gebiete, in denen kein ausreichendes Stromnetz vorhanden ist oder eine Erweiterung des Netzes eine zu teure Investition darstellt. (3)

Hybridnetze dürfen als zukünftiger Trend in der Stromversorgung wahrgenommen werden. Trotz des stets sinkenden Ölpreises wird die weltweiten Nachfragen nach Strom aus Solaranlagen immer größer. (4)

---

So werden verschiedene regenerative Technologien wie PV/Wind oder PV/Wasserkraft zusammen betrieben oder kombiniert mit Mini-KWK oder Generatoren.

Die Photovoltaik – Diesel Hybridsysteme bieten eine bestmögliche Integration der EE, eine dezentrale autarke Stromerzeugung und ersetzen die rein fossilen Stromerzeuger. (3) Durch den zusätzlichen Einsatz von Energiespeicher wird die Stabilität des Systems erhalten.

Die Hybridnetze haben eine große und wichtige Bedeutung für die Entwicklungsländer, denn diese gehören zu den ärmsten Ländern weltweit. Der Einsatz von Hybridsystemen wird das Leben tausender Menschen verbessern. Heutzutage leben noch immer Menschen ohne Zugang zum öffentlichen Stromnetz und das bedeutet: kein Licht in den Häusern, keine elektrischen Geräte, kein Zugriff weder auf Fernseher noch auf Computer, die gewöhnlichen Haushaltsaktivitäten können nicht geschafft werden. (5) Ein PV - Diesel - Hybridnetz fördert ein normales Leben und auch die kostengünstige Stromproduktion durch die Sonne mit PV Module ermöglicht eine Verminderung der Nutzungszeiten der Dieselgeneratoren. Somit folgt eine Einsparung von Dieselmotorkraftstoff. Die autarken erneuerbaren Energiesysteme besitzen verschiedene Vorteile, wie Umweltfreundlichkeit, Unabhängigkeit, dass die Energieverteilung mit niedrigen Verlusten begleitet ist, da die Energie direkt vor Ort produziert wird.

Vor dem Hintergrund der nationalen und internationalen Bemühung zur Verringerung der CO<sub>2</sub> Emissionen, der verstärkten Integration erneuerbarer Energieträger, Steigerung der Effizienz des Energiesystems und dem Wunsch nach einer erhöhten Energieunabhängigkeit gelten intelligente Systemlösungen als Schlüssel zur Entwicklung der Energieversorgung in Richtung Nachhaltigkeit.

---

## 1.2 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist durch Analyse des Lastmanagements in den Haushalten mit einem PV – Diesel Hybridnetz die Betriebszustände des Dieselgenerators zu optimieren. Es wird in MATLAB® untersucht wie die Arbeitszeiten des Dieselgenerators aufgrund der Stromproduktion durch eine Solaranlage vermindert werden können, damit er wirtschaftlicher betrieben wird.

## 1.3 Aufbau der Masterarbeit

Die Masterthesis ist in sieben Kapitel aufgeteilt. In dem Kapitel 2 ist die autarke Stromversorgung durch ein Photovoltaik – Diesel Hybridnetz dargestellt und deren Komponente werden veranschaulicht. Mit dem Programm Load Profile Generator wird ein Lastprofil mit 25 unterschiedliche Haushalten erzeugt, der zum Einsatz in den Simulation des Lastmanagements kommt.

In Kapitel 2 sind die zulässigen Betriebszustände des Dieselgenerators als auch die Common Rail Einspritzsystem beschrieben. Eine Klassifizierung der elektrischen Haushaltsgeräte und deren Potential zur Lastmanagement wird in Kapitel 3 analysiert. Das Lastmanagement als wichtiges Werkzeug zur Integration erneuerbarer Energien ist im Kapitel 4 präsentiert.

Ein Blockdiagramm zu Lastmanagement ist in Kapitel 5 geschildert und erscheint als Markstein, welche Kriterien berücksichtigt werden, um die Simulation zum Lastmanagement in MATLAB® durchzuführen. Die Ergebnisse werden in Kapitel 6 dargestellt.

## 2 Das autarke PV - Diesel Hybridnetz

Ein Hybridnetz kombiniert mindestens zwei Technologien zur Stromerzeugung und verteilt den Strom an mehreren Verbrauchern über ein unabhängiges Netz. Die erneuerbare Energiequellen wie Solar und Wind ermöglichen eine saubere, nachhaltige und günstige Stromerzeugung und können Dieselgeneratoren sowohl netzgekoppelt oder netzunabhängig in den Privathäusern oder in den kommerziellen Anwendungen ergänzen.

Ein hybrides Energiesystem, auch noch als Inselnetz betrachtet, integriert die erneuerbare Energietechnologien mit Dieselgeneratoren, Wechselrichtern und Batterien, um eine sichere und qualitativ hochwertige Stromversorgung anzubieten. (6) Zu einem Inselnetz werden nicht nur Orte, die von dem öffentlichen Stromnetz entfernt sind, sondern auch Gebiete in Industrieländern, Dörfern und Gemeinschaften in Entwicklungsländer angeschlossen. Die Hybridnetze kommen zum Einsatz in verschiedene Bereiche und je nach der Größe variiert ihr Leistungsbereich von wenigen Kilowatt bis zu tausenden Megawatt. (5)

Es ist eine ausgereifte und kostengünstige technologische Lösung, die für eine hohe Qualität und eine zuverlässige Elektrizität für Beleuchtung, Kommunikation, Wasserversorgung und andere Dienste sorgt. Ein hybrides Energiesystem, das als eine selbständige Einheit funktioniert, kann fast das gleiche Qualität und Dienstleistungen wie das öffentliche Stromnetz bereitstellen. (7) In einigen Ländern stellt das öffentliche Stromnetz nur einige Stunden Strom zur Verfügung und die Menschen leiden ständig unter Blackouts. Auf der Abbildung 2.1 wird ein typisches Lastprofil in einem ländlichen Gebiet dargestellt.

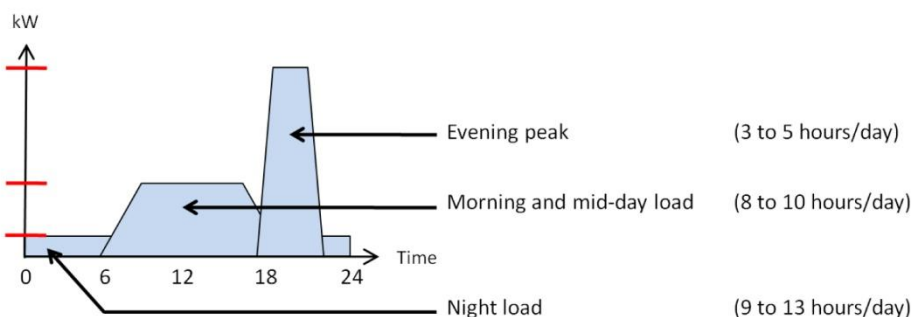


Abbildung 2.1 Typisches Lastprofil in einem ländlichen Gebiet (8)

---

Die typische Lastkurve in einem ländlichen Gebiet besteht allgemein aus einer starr ausgeprägten Lastspitze am Abend bei der Verwendung von Leuchtmitteln, Morgen-/Mittagslast und Grundlast. Der Grundlast ist generell morgens dargestellt und in einigen Fällen erstreckt sich bis auf den Nachtstunden. In vielen Fällen ist der Spitzenlast zwei bis fünf Mal höher als den höchsten Leistungspegel in der Grundlast. Die Energienachfrage in der Nacht in den ländlichen Gebieten ist deutlich gering (oder sie ist überhaupt nicht vorhanden in den kleinen Dörfern) und darum ist der Lastpegel in der Nacht sehr niedrig im Vergleich zu diesen morgens oder abends. Die Erzeugungssysteme bestehend nur von einem Dieselgenerator werden für kleine oder mehrstündige Lasten nicht laufen lassen, auf Grund des nicht zuverlässigen Betriebes und ineffizienten Kraftstoffverbrauches macht diese wirtschaftlich nicht sinnvoll. (8)

Die Hybridisierung einer PV-Anlage und einer Batteriebank bietet die Möglichkeit eine geringe Last für einige Nachtstunden mit der Batteriebank zu versorgen und je nach der installierten PV-Leistung teilweise oder ständig Morgens- oder Mittagslasten abzudecken. Der Dieselgenerator sorgt für eine Abdeckung der Abendspitzen und auch eine vollständige Aufladung der Batterie. Die PV-Anlagen und die Batteriebanken sind in der Lage zusätzliche Leistung zu liefern, um an die Stromnachfrage in den Spitzenzeiten zu beantworten und die Generatorleistung zu verringern, die kontinuierlich laufen würde. Jedoch sind die erneuerbaren Energiequellen nicht regelbar, das heißt, sie hängen von der Verfügbarkeit der Ressource zu einem vorgegebenen Zeitpunkt ab. Dieselaggregate sind dagegen steuerbar und können Strom planmäßig liefern. (8) Durch die Kombination dieser beiden Stromquellen kann die Lastprofile geglättet und auch der Verschleiß der Dieselgeneratoren reduziert werden. Ein anderer Vorteil des PV – Diesel Hybridnetzes ist die autarke Stromversorgung. Der Autarkiegrad ist das Verhältnis eigenverbrauchter Solarstroms zu dem Gesamtstromverbrauch.

$$\text{Autarkiegrad \%} = \frac{\text{eigenverbrauchter Solarstrom}}{\text{Gesamtstromverbrauch}} \quad (1)$$

Ein 100 Prozent Autarkiegrad widerspiegelt eine vollkommen unabhängige und von dem Netzbetreiber abgekoppelte elektrische Stromversorgung. Darüber hinaus macht die Kombination der verschiedenen erneuerbaren Energiequellen in vielen Szenarien einen Sinn.



---

So zum Beispiel ergänzen die Solaranlagen der Windkraft in den Monaten mit wenigen Wind und dort wo mehr Wind weht, operieren die Windkraftanlagen.

Wo täglichen Energieschwankungen betroffen sind, erzeugt die Solarenergie eine Spitze um die Mittagszeit, während die Windkraftanlagen dann betrieben werden, wenn der Wind weht. Die Batterien sorgen auch für die Stabilität in dem System und speichern den überschüssigen Strom und werden bei Bedarf entladen. Der Dieselgenerator wird dann benötigt, wenn die Batterie entladen ist und muss Energie an allen Verbrauchern bereitstellen. Der Generator muss so ausgelegt werden beim Notfall alle Prioritätslasten in einem Haus mit Strom zu versorgen. Der Strom wird in der Regel von Dieselgeneratoren mit relativ hohen Kosten zur Verfügung gestellt. Die Integration von erneuerbaren Energiequellen wie z.B. Photovoltaik hilft den Kraftstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub> Emissionen reduziert zu werden. (9)

## 2.1 Komponente eines PV – Diesel Hybridnetzes

Ein PV-Diesel Hybridnetz besteht aus einer PV Anlage, Dieselgeneratoren, Batterie, Solar Charger Controller, Bidirektional Inverter sowie einer intelligenten Steuerung, mit deren Hilfe eine optimale Stromversorgung je nach Verbrauchssituation möglich wird. Es wird immer als Ziel gesetzt genau so viel Sonnenenergie zu dem Verbraucher einzuspeisen, wie momentan benötigt wird. Die PV Anlage hat einen sonnvollen Beitrag zu der Energieerzeugung mit Dieselgeneratoren, denn es wird durch die Stromproduktion von der Sonne eine Verminderung der Nutzungszeiten der Dieselgeneratoren und somit Dieselkraftstoff eingespart. (10)

Ein Solar-Home-System im niedrigen Leistungsbereich repräsentiert ein typisches DC-gekoppeltes System und gewährleistet eine sichere Stromversorgung der Beleuchtung bei den Inseln. Die AC-Kopplung kommt bei Inselnetze im höheren Leistungsbereich zum Einsatz und versorgt alle konventionellen Wechselstromverbraucher. (3) Die Untersuchungen zur autarken Stromversorgung von Haushalten konzentrieren sich auf ein AC-gekoppeltes System.

Auf der unten gezeigten Abbildungen sind verschiedene Konfigurationen von Inseln repräsentiert. Auf der Abbildung 2.2 ist zu erkennen, dass das Inselnetz mit einer Gleichstrom-Sammelschiene konfiguriert wird.

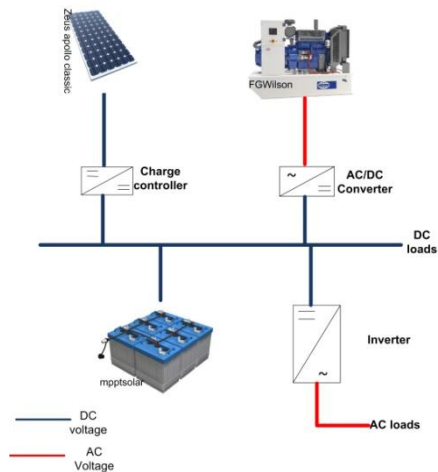


Abbildung 2.2 Hybridsystem mit DC Sammelschiene

Alle Stromerzeugungskomponenten und die Batterie werden an der Gleichstrom-Sammelschiene, angeschlossen. Wechselströme erzeugende Komponente benötigen einen AC/DC-Wandler. Die Batterie wird durch einen Laderegler von Überlastung und Entladung gesteuert und geschützt und dann liefert Strom an den DC Lasten als Antwort auf der Nachfrage. Die Wechselspannungslasten können optional durch einen Inverter versorgt werden. Auf der Abbildung 2.3 ist eine Konfiguration mit Wechselstrom – Sammelschienen dargestellt.

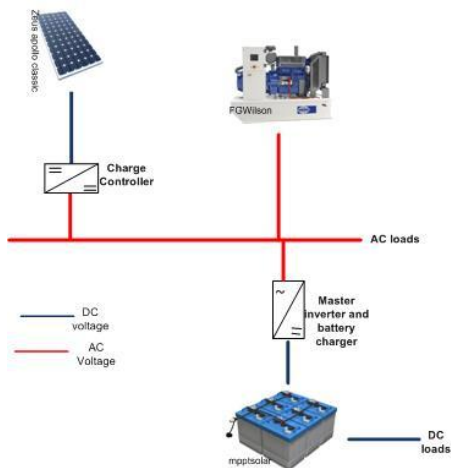


Abbildung 2.3 Hybridsystem mit AC Sammelschiene

Alle Stromerzeugungskomponenten werden an den Wechselstrom - Sammelschiene angeschlossen. Einen bidirektionalen Master-Wechselrichter steuert die Energieversorgung für die AC-Lasten und die Batterieladung. Die DC-Lasten können optional durch die Batterie versorgt werden.

Die Abbildung 2.4 veranschaulicht die Konfiguration eines Hybridnetzes mit einer AC/DC busbar.

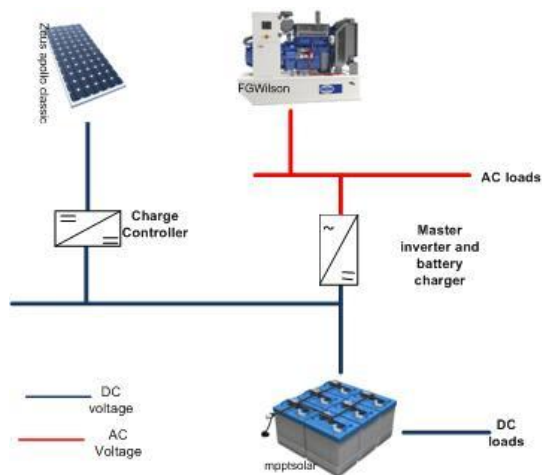


Abbildung 2.4 Hybridsystem mit AC/DC Sammelschiene

Die Gleich- und Wechselstrom generierende Komponenten sind an beiden Seiten des Master-Wechselrichters angeschlossen, der die Energieversorgung der Wechselstromverbraucher steuert. Die DC-Lasten können optional durch die Batterie versorgt werden. An dem Wechselstrom - Schienensystem können die AC Komponenten direkt oder durch einen AC/AC Wandler, der für eine stabile Verbindung sorgt, angeschlossen werden. (11)

## 2.2 Auswertung simulierter Lastverlauf

Im Rahmen dieser Masterarbeit wird das Simulationstool Load Profile Generator (LPG) in Betracht genommen. Dieses Tool ist von Noah Pflugradt an der TU Chemnitz entwickelt worden. Mittels dieses Tools ist es möglich, verschiedene Lastprofile auf der Basis des täglichen Verhaltens des Menschen zu Hause zu simulieren. Es ist möglich außer die vorgegebene in dem Tool Haushalten, eigene definiert und implementiert zu werden. Die Erstellung von Lastprofile basiert sich auf den Zufallszahlengenerator, mit denen jedes Mal unterschiedliche Lastprofile erzeugt werden können. (12)

Mit diesem Tool wird ein Lastprofil mit 25 Haushalten erzeugt auf der Basis folgenden Haushaltstypen:

- H02 Couple, 30 -64 age, with work ;
- H03 Couple, 30 -64 years, 1 at work, 1 at home ;
- H04 Family, 1 child, both at work ;
- H05 Family, 3 children, both with work ;

- H08 Single woman, 2 children, with work ;
- H15 Multigenerational home working couple, 2 children, 2 seniors ;
- H16 Couple over 65 years ;
- H18 Family, 2 children, parents without work ;
- H19 Couple, 30 -64 years, both at work, with home help;

Auf der folgenden Abbildung 2.5 ist der Lastprofil dargestellt. Er weist eine Lastspitze im Winter mit 49,4kW auf. Auf Grund diese Maximallast wird die Größe der Dieselgenerator ausgesucht.

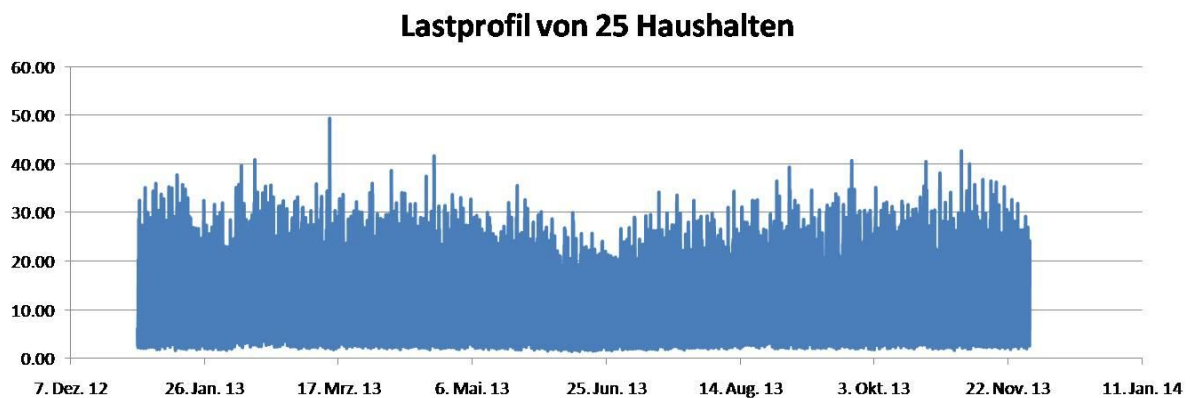


Abbildung 2.5 Jährliches Lastprofil für 25 Haushalten

Mit dem LPG ist es möglich nicht nur Lastprofile, sondern auch Geräteprofile zu erzeugen und diese werden in einem späteren Moment für das Algorithmus zum Lastmanagement von großer Bedeutung. Bei der Laststeuerung von elektrischen Geräten ändert sich auch der Geräteprofil und es wird möglich auf Grund hohen Anzahl von einschaltbaren Geräten neue Lastspitzen zu verursachen. Es werden Geräteprofile für den Monaten Januar und Juli nur für einen Intervall von 2 Tagen erzeugt.

Von dem einzelnen erzeugten mit dem Programm LPG Geräteprofile wurde in MATLAB® eine gesamte Tabelle für den entsprechenden Monate Januar (Deviceprofil\_Jun ) und Juli (Deviceprofil\_Jul) erstellt. Jede Tabelle hat 1737 Spalten. Diese Zahl entspricht der gesamten Anzahl von elektrischen Geräten für alle 25 Haushalte. Es ist unübersichtlich das Geräteprofil für einen ganzen Monat darzustellen und auf diesem Grund ist er nur für 2 Tagen abgebildet. Es werden alle Geräte aufeinander gestapelt, so dass sich das Gesamtprofil zeigt. Auf der Abbildung 2.6 ist der Geräteprofil von 1. Juli bis 3. Juli abgebildet.

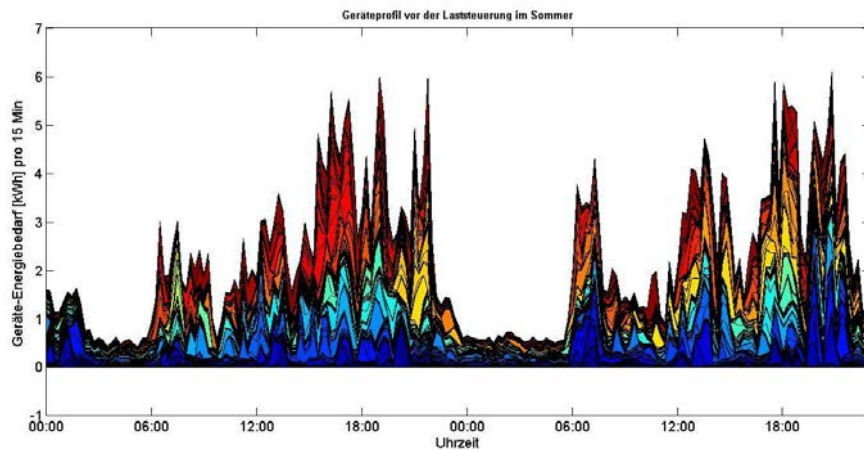


Abbildung 2.6 Geräteprofil im Sommer

Die Abbildung 2.7 stellt den Geräteprofil in der ersten zwei Tagen von Januar dar.

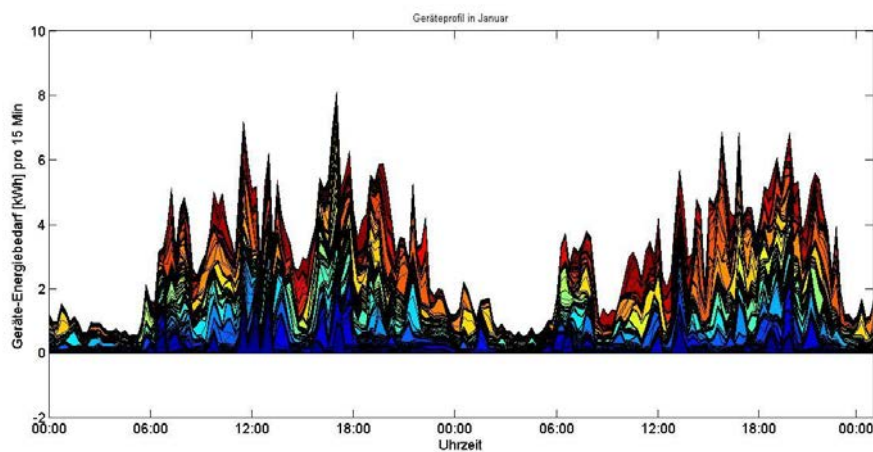


Abbildung 2.7 Geräteprofil im Winter

## 2.3 Der Dieselgenerator

Die Dieselgeneratoren kommen vorzugsweise zum Einsatz zur Stromerzeugung in Hybridnetze, weil sie viele Haupteigenschaften und Vorteile besitzen wie:

- Niedrige Investitionskosten
- Hohe Zuverlässigkeit - Dieselmotoren sind robuste und bewährte Maschinen

- 
- Schneller Start und Aufladen – nach Bedarf können online schnell gefahren werden und benötigen nur minimale Aufwärmzeit
  - Gute Teillastwirkungsgrade
  - Hohe Energiedichte des Kraftstoffs
  - Schnelle Installation.

Als Nachteil kann erwähnt werden, dass die Dieselgeneratoren laut arbeiten und dass, sie sehr teuer aufgrund ihres hohen Kraftstoffverbrauchs und geringen Wirkungsgrades sind. Im Grunde ist der Dieselgenerator als Aggregat bezeichnet und besteht aus einem selbsterregenden Synchrongenerator, der von einem Dieselmotor über eine Kupplung angetrieben wird. (13)

Der Dieselgenerator ist als Herzstück des Hybridsystems bezeichnet. Die präzise Auslegung des PV - Diesel - Hybridsystems ist mit der Ausführung der unten aufgelistete Voraussetzungen verbunden: (14)

- Minimierung des Betriebszustände des Dieselgenerators
- synchrones Stabilität der Stromversorgung und der Lasten
- die Arbeitsbereiche des Dieselgenerators gehalten zu werden.

In einem Hybridnetz kommt der Dieselgenerator zum Einsatz, wenn die Energie aus den erneuerbaren Energiequellen zur Versorgung der elektrischen Lasten nicht ausreicht, oder die gespeicherte Energie in der Batterie nicht vorhanden ist. Der Dieselgenerator muss im Notfall vor allem die Prioritätslasten mit Energie versorgen. Wenn viel Energie von der PV - Anlage fließt, dann laufen die Dieselgeneratoren im Niedrig - Lastbereich, aber der Mindestlast darf nicht unterschritten werden. Bei niedrigen Lasten arbeiten die Dieselgeneratoren nicht effizienter und das führt zu einem Motorenverschleiß und einem erhöhten Wartungsbedarf durch Ablagerungen im Abgassystem und in den Kolben. (14)

Wenn eine PV - Anlage mit einem Dieselgenerator kombiniert wird, dann muss es ein Kontroller dafür sorgen, dass die Mindestlast von 30 % nicht unterschritten wird. (14) Die neue moderne Dieselgeneratoren sind mit einem integrierten Common Rail System ausgestattet.

In der Quelle (15) schreiben die Autoren, dass der Dieselgenerator für einen zuverlässigen Betrieb nicht unter 30 % bis 40 % von seiner Nennleistung betrieben werden soll, um Kohlestoffablagerung zu vermeiden, da diese die Wartungskosten erhöhen.

---

Aber er soll auch nicht über 80% bis 90% von seiner Nennleistung im Fall eines plötzlichen Anstiegs der elektrischen Nachfrage betrieben werden. Auf dieser Weise kann eine Überleistung des Dieselgenerators vermieden werden.

In einem Interview mit einem Vertreter des Unternehmens MWH GmbH wird darüber gesprochen, dass es wirtschaftlicher ist, ein Dieselgenerator bei 90% laufen zu lassen. Bei einer Konfiguration mit zwei Generatoren ist es rationeller den zweiten abzuschalten, als zwei Generatoren bei 50% laufen zu lassen. Somit lässt sich der Motorverschleiß am zweiten Generator vermeiden, aber solange nur ein Dieselgenerator die gesamte Last versorgen kann. Bei konventionellen Dieselmotoren ist die beste Auslastung bei 90%. Unter diese Randbedingungen werden die Betriebszustände des Dieselgenerators im MATLAB® analysiert. Vorschriften von Deutz AG zeigen, dass ein Dieselmotor bei 20% nicht mal 24 Stunden laufen kann. Die Lager würden durch die ungünstigen Schwingungen defekt werden. Mit Hilfe eines Common Rail Einspritzsystem können die Dieselgeneratoren mit niedriger Last von 30% betrieben werden. (16)

### **2.3.1 Common Rail System**

Das Common Rail System ist ein Speichereinspritzsystem für Verbrennungsmotoren. Die Druckerzeugung und die Kraftstoffeinspritzung sind beim Common Rail System im Vergleich zu den konventionellen Direkteinspritzern entkoppelt. Prinzipiell bringt eine Hochdruckpumpe den Kraftstoff auf ein hohes Druckniveau. Der unter Druck stehende Kraftstoff füllt ein Rohrleitungssystem (wird in der sog. Rail gespeichert), über kurze Einspritzleitungen den Injektoren einer Zylinderbank zur Verfügung gestellt, die die konventionellen Einspritzdüsen klassischer Dieselaggregate ersetzt. Einspritzzeitpunkt und Einspritzmenge werden durch eine elektronische Motorsteuerung geregelt. Auf der Abbildung 2.8 sind die Hochdruckpumpe, die Rail und die Injektoren gut zu erkennen. Die Injektoren erhalten ein Magnetventil, das die Öffnung und das Schließen der Einspritzdüse ermöglicht. (17)

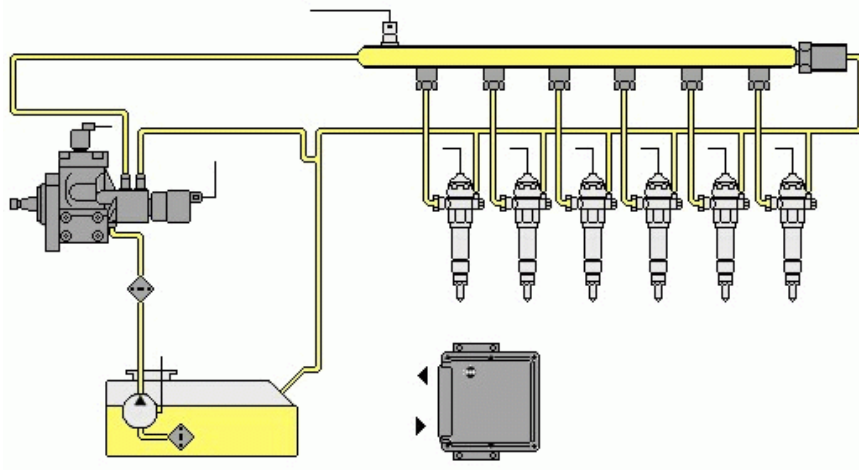


Abbildung 2.8 Diesel Common Rail System (17)

Das Common Rail Einspritzsystem in dem Dieselgenerator ermöglicht eine genaue Steuerung der Einspritzparameter und somit kann es sichergestellt werden, dass der Dieselgenerator auch im Teillastbereich hohe Temperaturen im Zylinderkopf erreicht und somit auch bei ungünstigen Lastverhältnisse effizienter läuft. (16)

Das Common Rail Einspritzsystem gewährleistet Vorteile wie Erhöhung der spezifischen Leistung, Reduzierung des Schadstoffausstoßes, der Geräuschemission und Senkung des Kraftstoffverbrauchs der Dieselmotoren.

### 2.3.2 Der Dringlichkeitsfaktor

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff „Dringlichkeitsfaktor“ (DF) bestimmt, der mit der Optimierung der Betriebszustände des Dieselgenerators verbunden ist. Er bezeichnet die verschiedenen Auslastungen des Dieselgenerators in MATLAB®.

Es ist angenommen, dass wenn die Auslastung des Dieselgenerators Werte unter 50% seiner Nennleistung erreicht, wird der DF gleich -1. Bei einer Auslastung des Dieselgenerators zwischen 50% und 90% ist der DF gleich 0, und wenn diese größer als 90% ist, dann ist gleich 1.



### 3 Eigenschaften elektrischen Verbraucher im Haushalt

In der Quelle 19 aufweisen, dass der Haushaltssektor in der Optimierung des Energieverbrauchs eine wesentliche Rolle spielt. Außer der ökonomischen Faktoren ergeben sich viele andere Einflussfaktoren auf der Energienachfrage wie das Wetter, die thermische Gebäudestruktur und die Energieeffizienz. Die Stromnachfrage hängt von verschiedenen Faktoren wie Haushaltstypen, Einkommen der Einwohner, Wohnungsgröße, Nutzerverhalten u.a. und wird in wesentlicher Größe von der Lage des Haushalts beeinflusst, ob es sich in einer Wohnung befindet oder in einem Einfamilienhaus. (18) Das Nutzerverhalten wird von der gewünschten Raumtemperatur, von der Verwendung von Energiesparlampen betroffen und bestimmt den Haushaltskomfort.

In diesem Kapitel folgt eine Unterscheidung der Haushaltsbereiche, die mit energieverbrauchenden Geräten wie Unterhaltungselektronik, Informations- und Kommunikationstechnik, Haushalts- und sonstige Geräte ausgestattet sind. Eine Untersuchung der Energienachfrage in den privaten Haushalten zeigt die Ergebnisse, dass in den Bereichen Unterhaltung, Kommunikation und Datenverarbeitung eine zunehmende Anzahl an Geräten zu beobachten ist. (18)

Die folgende Abbildung 3.1 nach dem statistischen Bundesamt gibt Auskunft über Ausstattung der Haushaltsgeräte in Deutschland für das Jahr 2014 in Prozenten. Die Ergebnisse sind von den laufenden Wirtschaftsrechnungen. (19)

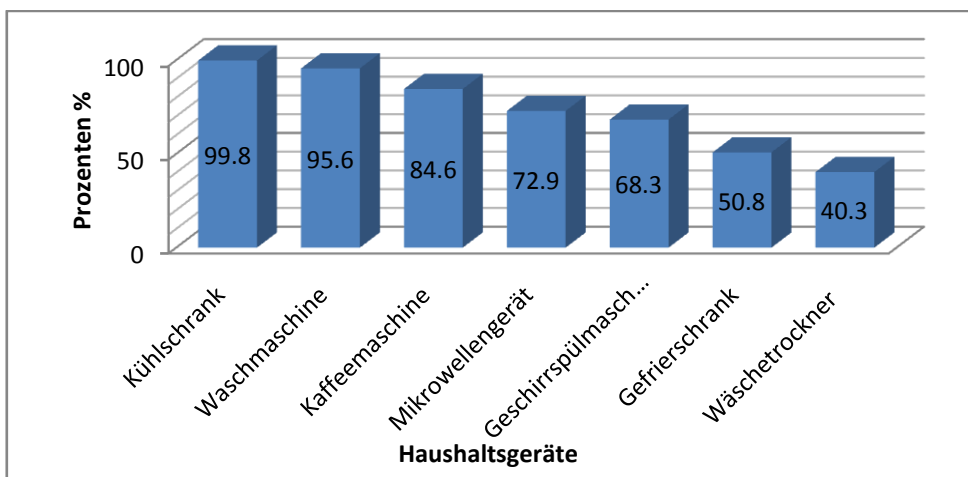


Abbildung 3.1 Ausstattung privater Haushalte mit Haushaltsgeräten nach DESTATIS

---

Als alltägliche Ausstattungen in den Haushalten zählen die Geräte für Kochen und Waschen. Der Kühlschrank ist eine Prioritätslast, verfolgt von der Waschmaschine, der Kaffeemaschine, der Mikrowelle und der Geschirrspülmaschine. Eine Klassifizierung der elektrischen Lasten nach ihrer Betriebsart und Steuerbarkeit ermöglicht weitere Schritte zur Optimierung der Verbraucherseite.

### **3.1 Klassifizierung der Haushaltsverbraucher**

Eine Klassifizierung der elektrischen Haushaltsgeräte nach ihrem Einsatzmodus und dem damit einhergehenden Lastverschiebepotenzial ist bedeutend für die Lastmanagementstrategien. Die Analyse der Gerätenutzung gibt Auskunft darüber, welche Haushaltsgeräte bevorzugt verschoben werden können. Die Haushaltsverbraucher kategorisieren sich nach dem Verwendungszweck, dem Anteil an gesamten Energiebedarf, nach Steuerbarkeit.

Die Haushaltsgeräte unterscheiden sich nach dem Einsatzmodus und in der Abbildung 3.1 sind einige Haushaltsgeräte nach ihrem Einsatzmodus aufgelistet. (20)

#### **3.1.1 *Permanentverbrauch***

Die elektrischen Haushaltsverbraucher weisen über 24 Stunden eine nahezu konstante elektrische Wirkleistung aus dem Netz auf. Die Summe aller Permanentverbraucher in dem Haushalt bildet die Grundlast der Wirkleistungsaufnahme. (20)

#### **3.1.2 *Ein – Aus Verbraucher***

In den eingeschalteten Zustand besitzt eine nahezu konstante Wirkleistungsaufnahme.

#### **3.1.3 *Geräte mit begrenzter Anzahl an diskreter Schaltzustände***

Diese elektrischen Haushaltsgeräte haben verschiedene Schaltzustände und die einzelnen Schaltstufen werden jeweils zyklisch wiederholt durchlaufen. Die Anzahl der Schaltzustände kann gerätebedingtvaryieren. Der gesamte Ablauf wird oft manuell gestartet. Der Bediener entscheidet mit welcher Leistung und welche Schaltstufe ein Gerät ein – und ausschaltet. (20)

### 3.1.4 Geräte mit kontinuierlich variable Verbraucher

Zu dieser Klasse gehören Geräte mit kontinuierlichen Wirkleistungsspektrum und begrenzten Maximalwert. Die Leistungsaufnahme variiert kontinuierlich über den gesamten Wertebereich und dabei wechselt.

Tabelle 3.1 Klassifizierung der Haushaltsverbraucher

	Manuell gesteuert	Autonom gesteuert
<b>Permanentverbrauch</b>	PC im Dauerbetrieb; nicht ausgeschaltete Leuchtmittel (z.B. im Keller)	HI-FI Geräte im Standby; PC im Standby inkl. Modem, Lautsprecher; elektr. Uhren; stationäre Umlaufpumpen(Heizung, Aquarium);
<b>Ein – Aus Verbraucher</b>	TV; PC-Monitor; Leuchtmittel; Toaster; Durchlauferhitzer; Wasserkocher;	Kühlschrank; Gefriertruhe; elektrische Zusatzheizung;
<b>Endliche Zustandsautomaten</b>	Wäschetrockner; Haartrockner; Rasierer; Staubsauger; elektr. Herd; elektr. Ofen; Waschmaschine; Kaffeemaschine	Wasserboiler; Klimaanlage;
<b>Kontinuierlich variable Verbraucher</b>	HI-FI Anlage; steuerbare Leuchtmittel;	Stufenlose oder geregelte Verbraucher (elektr. Heizung, Lüftung);

## 3.2 Untersuchungen der Betriebszustände der Haushaltsgeräte

Bei der Analyse des Lastmanagements lassen sich die Leistungsaufnahme in den verschiedenen Betriebszuständen der Haushaltsgeräte, sowie die jeweiligen Nutzungszeiten der Geräte betrachten. Die Nutzungszeiten sind eine Komponente, die den Strombedarf der Geräte bestimmt. Elektrogeräte im Normalbetrieb erfüllen ihre Hauptfunktion 100%, aber einige verbrauchen dann Strom, wenn ihre Funktion nicht erfüllt ist. Dabei unterscheidet man die Betriebszustände wie Normalbetrieb, Bereitschaftsbetrieb, Schein-Aus-Betrieb, Aus-Zustand. (21) Der Begriff "Leerlauf" beschreibt den Bereitschafts- und Scheinausbetrieb.

---

Nach einer Abschätzung des Fraunhofer - Instituts für System- und Innovationsforschung lag der Strombedarf von Haushaltsgeräten im Leerlauf für das Jahr 2001 auf rund 15TWh. (21) Geräte in der Bereitschaftsbetrieb haben einen von dem folgenden Modus – ready, standby oder sleep. Diese Geräte warten permanent auf Signale.

- ready mode - Geräte mit kaum Energieverbrauch
- standby mode – Geräte mit einem verminderten Energieverbrauch wie Backofen, Büroausstattungen, TV, DVD, usw.
- sleep mode – Geräte mit stark vermindertem Energieverbrauch.

Geräte mit Schein - Aus - betrieb sind ausgeschaltet, aber trotzdem verbrauchen noch Energien, weil die aus dem Netz nicht getrennt sind. Geräte mit Aus – Betriebszustand verbrauchen keine Energie und erfüllen keine Funktion.

### **3.3 Klassifizierung der Haushaltsverbraucher nach Steuerbarkeit**

Die Laststeuerung im Haushalt in einem PV - Diesel - Hybridnetz kommt in Hinblick auf Spitzenlastvermeidung, Effizienzsteigerung, Einsparpotentialen und der daraus erwarteten Energie- und Kostenersparnis für den Verbrauchern und hat immer höher werdender Stellenwert. Der Schlüssel zum erfolgreichen Lastmanagement liegt in der Unterteilung der Haushaltslasten in wesentlicher und nicht wesentlicher Hinsicht. Die elektrischen Geräte können von dem Bediener (manuell) oder von sich selbst (autonom) gesteuert werden. Die Haushaltslasten können nach ihrer Steuerungsvermögen klassifiziert werden und wie folgt nach: (22) (23)

#### **3.3.1 Nicht steuerbaren oder kritischen Lasten**

Es ist unmöglich oder unerwünscht das Fahrprofil dieser elektrischen Geräte zu verändern. In dieser Anwendung haben diese Lasten ein Priorität. Zu den nicht kontrollierbaren Lasten schließen sich Beleuchtung, Herd, Backofen, Büroausstattung, Musikanlage, TV, DVD, Computer und andere ein.

### 3.3.2 Steuerbaren oder unkritischen Lasten

Es ist möglich die Startzeiten der Haushaltslasten oder sogar den Betriebsollwert zu kontrollieren wie Zeitverschiebung, Amplitudenmodulation oder Betriebsunterbrechung. Zu den steuerbaren Lasten gehören Kühlschrank, Gefrierschrank, Klimaanlage, Waschmaschine, Bügelleiser, Wäschetrockner, Geschirrspülmaschine, Warmwasserbereiter wie Boiler, Speicherheizung u.a. Da alle diesen Lasten einen wesentlichen Prozentanteil von der gesamten Stromnachfrage der privaten Haushalte besitzen, ist deren Steuerung während der Spitzenzeiten von großer Bedeutung, damit die Spitzennachfrage in dem Haushalt reduziert werden kann.

Vor allem das Licht in einem Haushalt ist am häufigsten eingeschaltet und damit ist die induzierte Stromnachfrage für eine Lastverschiebung nicht geeignet. (24) Zu den intensiv genutzten Hausgeräten beteiligen sich auch TV, Kaffeemaschinen, Wasserkocher. Diese eignen sich aus einer komfortablen Sicht nicht zur Lastverschiebung. (24) Die Geräte im permanenten Betrieb wie Gefrierschrank oder Kühlschrank lassen sich manuell nicht steuern. Der Grund dazu ist ihrer autonomen Betriebsart.

Zu dem Haushaltsverbraucher mit einem nachfragebedienten Einsatz gehören die Geräte mit terminiertem, routinebasiertem und stochastischem Betrieb. Die Geschirrspüler, Trockner, Waschmaschine mit einem terminierten Betrieb sind zur Lastverschiebung vorhanden. Die unten dargestellte Abbildung 3.2 gibt Auskunft über die Klassifizierung der Haushaltsgeräte nach ihrer Steuerbarkeit. Die Haushaltsgeräte mit permanenter und planbarer Betrieb sind steuerbar. (24)

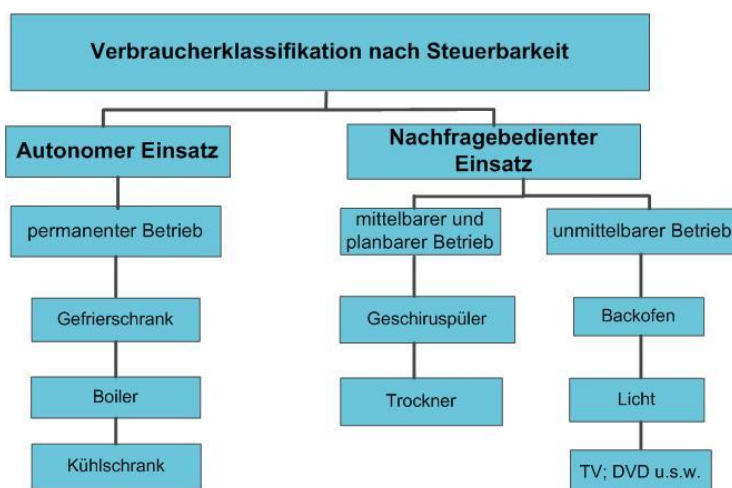


Abbildung 3.2 Verbraucherklassifikation nach Steuerbarkeit

### 3.4 Bewertung der Haushaltsgeräte

Die Bewertung der Haushaltsgeräte hilft bei der Ermittlung des Potentials zum Lastmanagement in einem PV – Diesel Hybridnetz. Nach verschiedenen Kriterien werden die Geräte in den Simulationen ausgeschaltet oder eingeschaltet, damit die Betriebsbereiche des Dieselgenerators optimiert werden können.

In der Quelle (25) geht es um suffiziente Maßnahmen und die Steigerung von Autarkie durch Suffizienz. Der Autor führte eine online anonyme Umfrage mit dem Ziel eine Einschätzung der Haushaltsgeräte durch und es wurden die Verschiebungsgrenzen für verschiedene Typen von Geräten abgefragt. An der Umfrage haben 150 Personen teilgenommen und in fünf Teilbereiche aufgeteilt, wobei es nur die Gerätebewertung in der Simulationen zum Lastmanagement implementiert wird. Dieser Bereich beurteilt die Geräte mit einem Gewichtungsfaktor (GW) von 1 (als unwichtig) bis 5 (sehr wichtig). Es wurden 41 Geräte eingeschätzt, aber nicht alle Geräte zeigen eine klare Tendenz, und einige gröbere Verteilungen. (Siehe Tabelle 3.2) Für die Simulationen ist eine Rangordnung der implementierten Geräte sinnvoll.

In seiner Arbeit schreibt der Autor, dass physisch die wichtigen Geräte eher zufällig eine niedrige Rangordnung bekommen. Auf diesem Grund wird ein unabhängiger Faktor, die Typen-Gewichtung TG, eingeführt. Da dieser nur die Rangordnung innerhalb der GW ändern soll, kann er lediglich Werte zwischen 8 und 10 annehmen. Die Haushaltsbereiche sind festgelegt und nach Typen-Gewichtung (TG) zugeordnet und in der Tabelle 3.3 aufgelistet. (25)

Tabelle 3.2 Zugeordnete TG nach Haushaltsbereiche

Haushaltsbereich	TG
Kühl-/Gefrierschrank	10
Licht	10
Arbeit	9
Bad	9
Küche	9
Spülmaschine	9
Waschmaschine	9
Entertainment	8
Garten	8

Tabelle 3.3 Zuordnung der Haushaltsgeräte (25)

	Gerätename	GW	Hausbereich	TG
1	Bad Licht	4	Licht	10
2	Schlafzimmer	4	Licht	10
3	Küche	4	Licht	10
4	Wohnzimmer	4	Licht	10
5	Elektrische Zahnbürste	3	Bad	9
6	Fön	3	Bad	9
7	Elektrischer Rasierer	2	Bad	9
8	SAT-Receiver	2	Entertainment	8
9	Fernseher	3	Entertainment	8
10	Häcksler	2	Garten	8
11	Rasenmäher	2	Garten	8
12	Gefriertruhe	4	Kühl-/Gefrierschrank	10
13	Kühlschrank	5	Kühl-/Gefrierschrank	10
14	Bügeleisen	3	Arbeit	9
15	Staubsauger	4	Arbeit	9
16	Waschmaschine	4	Waschmaschine	9
17	Küchenradio	3	Entertainment	8
18	Ofen	4	Küche	9
19	Kaffeemaschine	3	Küche	9
20	Spülmaschine	4	Spülmaschine	9
21	Wasserkocher	4	Küche	9
22	Multifunktionsküchengerät	3	Küche	9
23	Dunstabzugshaube	3	Küche	9
24	Herd	4	Küche	9
25	Mikrowelle	4	Küche	9
26	Toaster	3	Küche	9
27	PC	4	Arbeit	9
28	Multifunktionsdrucker	3	Arbeit	9
29	Scanner	3	Arbeit	9
30	PC Monitor	4	Arbeit	9
31	Drucker	3	Arbeit	9
32	Router /Internet	4	Arbeit	9
33	Telefon	3	Arbeit	9
34	Home Cinema System	3	Entertainment	8
35	Küchenradio	3	Entertainment	8
36	Playstation	2	Entertainment	8

Nach Tabelle 3.3 sind in zwei anderen Tabelle die elektrischen Haushaltsgeräte, die in dem Lastmanagement teilnehmen, aufgeteilt. Die Geräte mit GW 5 und 4 finden in der Tabelle mit ausschaltbare Geräte nicht statt. Diese Geräte sind als sehr wichtig für den Komfort des Menschens bezeichnet. (25)



Zu dem einschaltbare Geräte sind die Prioritätslasten zugeordnet. Haushaltsgeräte wie Waschmaschine, Spülmaschine kommen auch in der Tabelle mit einschaltbaren elektrischen Haushaltsgeräten.



## 4 Lastmanagement

Lastmanagement auch Demand Side Management (DSM) genannt stellt ein Portfolio von Maßnahmen dar, die bei dem Energiekonsum der Verbraucher in den Haushalten oder in der Industrie beeinflusst. DSM bezieht sich auf der Energieeffizienz und Energiesparmaßnahmen durch Verwendung bessere Materialien, durch intelligente Energietarife, anspruchsvolle real-time Steuerung von dezentralen Energieressourcen. (26)

Aufgrund der starken Einspeisung aus erneuerbaren Energien wie Wind und Solar in dem Stromnetz herantritt der Lastmanagement langfristig einen neuen Sinn. (27) Gezielt wirkt der Lastmanagement auf eine Anpassung der Zeiten der Energienutzung und Erzeugung, damit die starke Schwankungen der Einspeisung und die begleitenden Lastspitzen in der verbleibenden Restlastausgeglichen zu werden. Der Residuallast ist der Differenz zwischen den Verbraucherlast und der Einspeisung. Auf der Abbildung 4.1 ist der Einsatz von Lastmanagement deutlich aufgezeichnet.

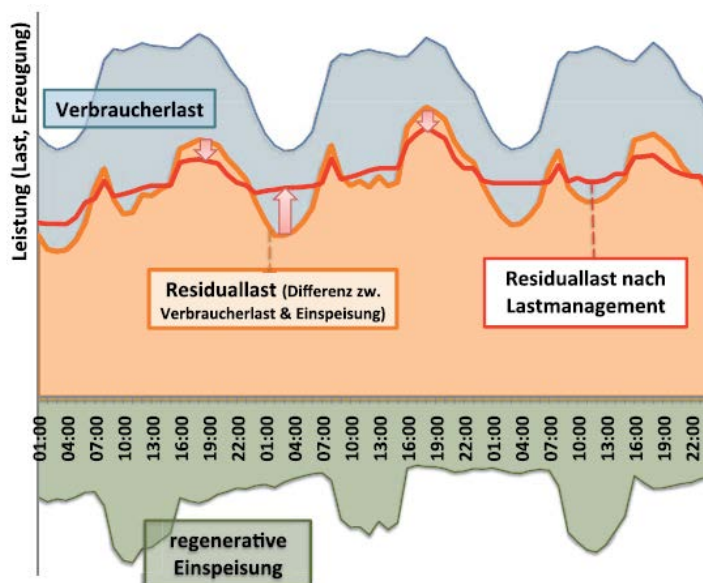


Abbildung 4.1 Einsatz des Lastmanagements zum Ausgleich schwankender Einspeisung erneuerbare Energien (27)

Der Beitrag des Lastmanagements ist die Prognosefehler bei der Einspeisung von EE aufzuheben oder Bereitstellung von Regelleistung. Der Lastmanagement besitzt Maßnahmen mit dem Ziel eine Änderung der Lastkurve auf der Basis direkte oder indirekte Steuerung der elektrischen Last.

---

## 4.1 Strategien des Lastmanagements

Das Lastmanagement sorgt um eine effiziente Ausführung der Energieversorgung durch Vermeidung großen Nachfragespitzen. Da die Energie nicht gespeichert ist, wird die Nachfrage von Spitzenlastzeiten zu Schwachlastzeiten verschoben. Lastmanagement kann täglich durchgeführt werden, durch eine Begrenzung der Lasten von Spitzen- zu Schwachlastzeiten oder sogar wöchentlich durch Verlagerung des Einsatzes von einem Wochentag zur Wochenende. (28) Die Hauptmotivation der Nachfrageseite um an dem Spitzenlastmanagement teilzunehmen ist ein zeitvariabler Stromtarif (TOU). Diese Umsetzung erfordert Geräte mit geringem Energiebedarf.

Die Strategien des Lastmanagements sind entwickelt, um die Stromnachfrage von Spitzenlast- zu den Schwachlastzeiten zu reduzieren oder zu verschieben, während die energieeffiziente Lastabsenkung (conservation strategies) den Verbrauch über den gesamten 24 Stunden Belastungsdauer reduziert. (29)

Die typischen Strategien des Lastmanagements sind:

- peak clipping (Spitzenlastkappung) - Vermeidung von Lasten in Spitzenzeiten
- valley filling (Auffüllen von Lasttälern) – Erhöhung der Nachfrage in Schwachlastzeiten
- load shifting (Lastverlagerung) – Verschiebung von Lasten weg von den Spitzenlasten oder kombiniert die Vorteile von peak clipping und valley filling
- strategic conservation - eine Energieeffiziente Lastabsenkung
- strategic load growth - strategische Lasterhöhung
- flexible load shape - Flexibilisierung des Lastkurve

Die folgende Abbildung 4.2 zeigt graphisch die oben beschriebenen Strategien.

Das Lastmanagement bezieht sich auf Effizienz- und Energieeinsparmaßnahmen zur Entwicklung des Energieverbrauchs, und Demand Response sorgt für eine Flexibilisierung des Verbrauchs.

Unter dem Begriff Demand Response (DR) wird Maßnahmen zur Beeinflussung auf das Lastprofil von Verbrauchern verstanden. (30) Und er ist auch als kurzfristige und planbare Veränderung der Verbraucherseite bezeichnet. Der Endverbraucher beteiligt sich freiwillig, unfreiwillig oder aktiv und kann einige Komforteinschränkungen akzeptieren oder er verzichtet freiwillig auf einige Energiedienstleistungen. (30)

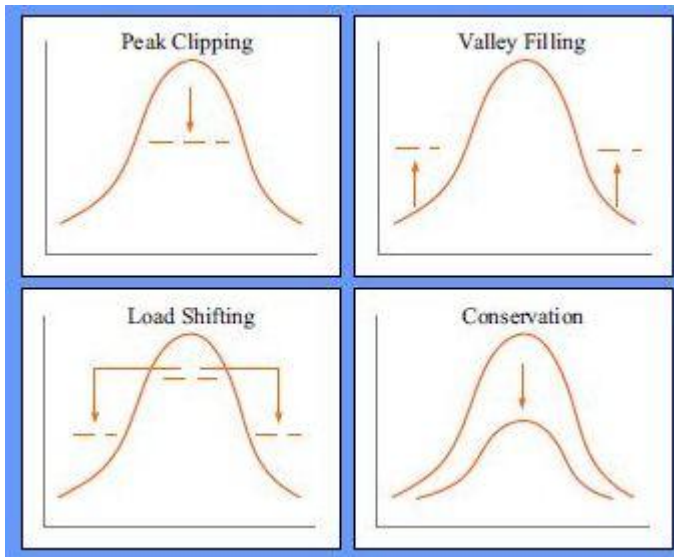


Abbildung 4.2 Möglichkeiten der Lastgangsmodifikation (29)

Im Rahmen des Demand Response werden zwei Tarifmodelle nach dem Department of Energy (DoE) angeboten. (30) (31)

Man unterscheidet preisbasierte und anreizorientierte Maßnahmen:

#### 4.1.1 preisbasierte Programmen

Die preisbasierten Programme beeinflussen indirekt das Verbraucherverhalten. Hie sind die Wichtigsten aufgelistet:

- Time of use pricing – zeitvariabler Tarif – Es werden im Tages- oder Wochenverlauf sowie nach Saison unterschiedliche Preise berechnet. TOU Tarif wird als zeitabhängig bezeichnet, dem der Tag in unterschiedliche Zeitblöcke von mehreren Stunden eingeteilt wird. Als Beispiel wird der Nieder- und Hochtarif mit zwei Zeitzonen und zwei Preisstufen aufgeteilt: Tageszeitabhängig, 2 Preisstufen Bsp. Stufe 1: 8 bis 22 Uhr, Stufe 2: 22 bis 8 Uhr., Mo -So.; Wochentagsabhängig, 2 Preisstufen Stufe 1: Mo – Fr; Stufe 2: Sa – So.; Saisonabhängig: 2 Preisstufen mit Stufe 1: April – September, Stufe 2: Oktober – März.
- Real time pricing (RTP) – dynamischer Tarif – es handelt sich um die tagesaktuellen Preisstufen und sie werden einen Tag im Voraus bekannt gegeben. Anpassung an den Börsenpreise durch Day Ahead und Hour Ahead Tarife. Der Preis wird nur eine Stunde gültig.

- 
- Critical peak pricing (CPP) – zeitvariabler Tarif mit Eventspreisstufen verbindet die obengenannten Tarife, wobei die Basis TOU bildet. Als Events bezeichnet man die Netzengpässen oder unerwartet hohen Stromeinkaufspreise durch Kraftwerksausfälle. (32)

#### **4.1.2 anreizorientierte Programme**

Diese Maßnahmen sind auf klassisch und marktbasierend aufgeteilt. Die klassischen Anreizorientierte Programmen basieren auf schaltbare, unterbrechbare oder direkt kontrollierbare Lasten.

- Direkte Laststeuerung – der Netzbetreiber oder Dienstleister kann einzelne Lasten einschalten, abschalten oder fernsteuern. Es können Einzelgeräte und Gerätegruppen gesteuert werden. Am besten ist diese Maßnahme zur kurzzeitigen Lastreduktion geeignet. (30)
- Lastbegrenzung und unterbrechbare Lasten (interruptible/ curtailable Programms)
- Demand Sidebidding - gibt den Endverbraucher die Möglichkeit, selbst die Zeit, der Art und Weise bei der Teilnahme an der Day Ahead Spotmarkt und der real time auszusuchen. (28)
- Emergency demand Response – Notfallprogramme

Die direkte Laststeuerung basiert auf eine direkte Beeinflussung der Netzbetreiber auf der Verbraucherseite und kann verschiedene Geräte direkt einschalten, ausschalten oder fernsteuern reduzieren. Indirekte Laststeuerung basiert sich auf regulatorische oder wirtschaftliche Maßnahmen. Es werden verschiedene Tarife und preisbasierte Maßnahmen entwickeln, um den Kunden zu ermutigen, den Lastbedarf in Spitzenlastzeiten zu reduzieren. Es werden verschiedene Preise von festgelegten Preissteuerungsprinzipien für verschiedene Tageszeiten, Wochentage, Jahreszeiten ermittelt. Preise bilden sich am Vortage oder in Echtzeit und die basieren auf der realen vorhersehenden Netzsituation. (27) Die Demand Response Programmen unterscheiden sich auch nach Wirkungszeiten und die Abbildung 4.3 verdeutlicht die Einsatzpunkten. (30)

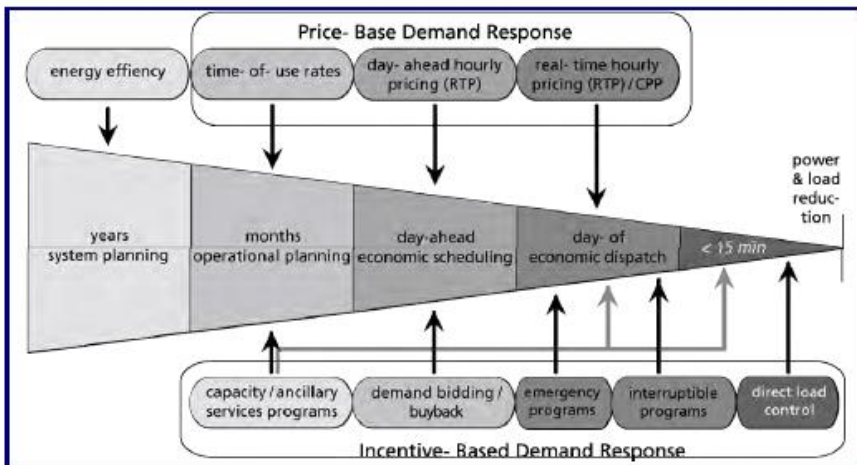


Abbildung 4.3 Einsatzpunkten des Demand Response Programmen (30)

---

## 5 Algorithmus zum Lastmanagement

Ziel des Algorithmus zum Lastmanagement in einem PV – Diesel Hybridnetz ist eine Optimierung der Betriebszustände des Dieselgenerators und Einsparung von Dieselmotorkraftstoff in einem PV - Diesel Hybridnetz. In diesem Kapitel 5 wird die Methodik zur Laststeuerung als Blockdiagramm dargestellt, die in MATLAB® implementiert wird. In dem nächsten Kapitel 6 werden die Simulationen und die Ergebnisse beschrieben.

### 5.1 Blockdiagramm eines PV – Diesel Hybridnetzes

Der Algorithmus wird in dieser Arbeit sehr vereinfacht dargestellt. Es wird die Funktion der Batteriebank nicht betrachtet. Die Inputs für die Simulation sind die momentane Leistung der PV – Anlage " $P_{pv}$ ", die Leistung der Haushaltsgeräte zum Zeitpunkt " $t$ " und die Leistung des Dieselgenerators " $P_D$ ".

Als erster Schritt vergleicht der DSM Algorithmus den Einspeiseprofil einer PV – Anlage mit dem von dem 25 Haushalten erzeugten Lastprofil zu dem Zeitpunkt  $t$ , in diesem Fall wird ein Zeitschritt von 15 Minuten Takt veranschaulicht. Wenn die generierte Leistung von der PV – Anlage größer oder gleich der Gesamtverbrauch der Haushaltgeräte ist, dann wird ein normaler Betrieb durchgeführt und alle elektrischen Geräte werden mit Energie versorgt. Wenn nicht genug Energie von der PV - Anlage zur Verfügung steht, dann muss der Dieselgenerator gestartet werden. Diese Simulationen sind mit dem Programm MATLAB® durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Kapitel 6 gezeigt. Die Abbildung 5.1 stellt den entwickelten Algorithmus dar.

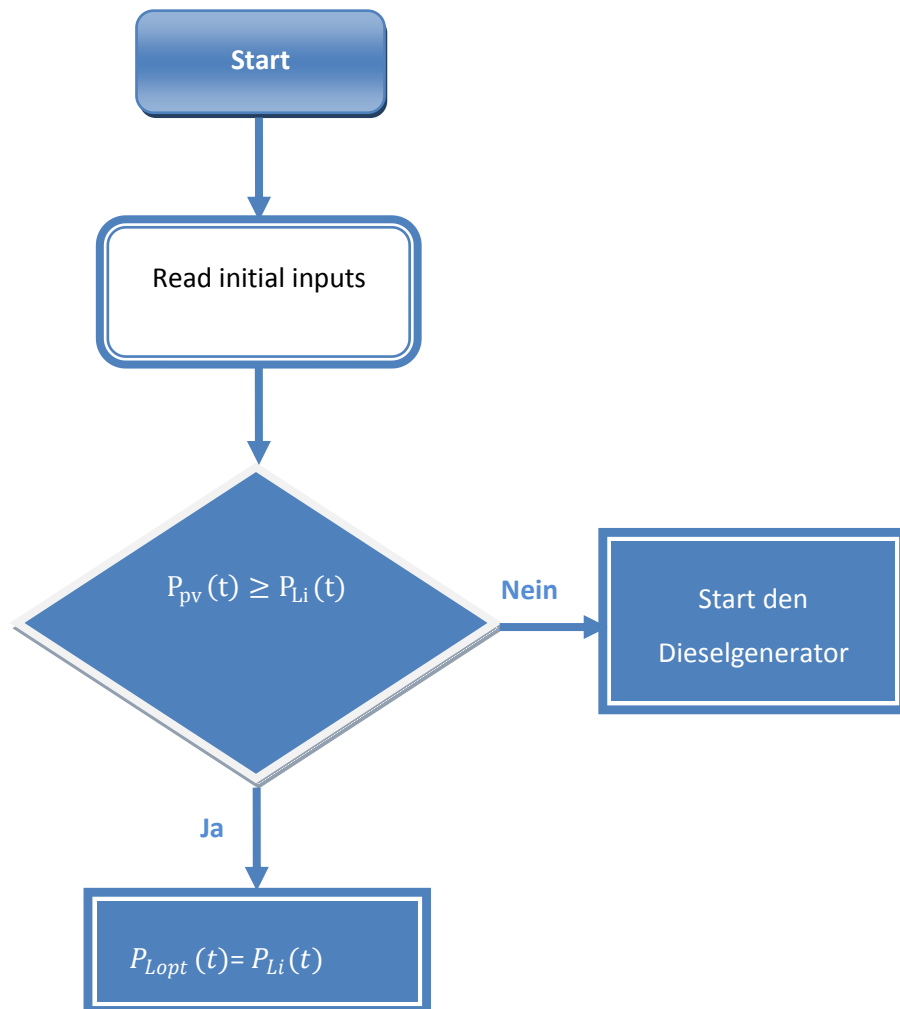


Abbildung 5.1 Blockshema eines PV – Diesel Hybridsystems

## 5.2 Laststeuerung

Die elektrischen Geräte sind auf einem Zufallszahlen (random) Prinzip gesteuert, um so von allen Haushalten verschiedene elektrischen Geräte aus- und eingeschaltet werden zu können. Die optimierten Parameter nach der Laststeuerung sind der Dringlichkeitsfaktor, der Verbrauch und die Auslastung des Dieselgenerators. Es werden zwei Fälle bei der Laststeuerung während der Simulation in Betracht genommen und diese sind mit der Auslastung des Dieselgenerators verbunden. Der erste Fall ist wenn der Dieselgenerator über 90 Prozent und der zweite Fall wenn er unter 50 Prozent läuft. Diese beiden Fälle sind als kritische für den Dieselgenerator bezeichnet. (Siehe Seite 10)

---

### **5.2.1 Fall 1: Auslastung des Dieselgenerators über 90 Prozent**

Dieser Fall führt zu einer zufälligen Ausschaltung von elektrischen Geräten. Es wurde die Anzahl von Gerätetypen bestimmt, die abgeschaltet werden können. Die gesamte Anzahl von Haushaltsgeräten wurde in einer Tabelle konvertiert und während der Simulation ist überprüft worden, ob das Gerät von dieser Tabelle eingeschaltet ist und wenn ja wurde es ausgeschaltet. Auf diesem Grund wird ein Vektor festgelegt, der die Entscheidung trifft, welches Gerät ausgeschaltet wird. Es wurden verschiedene Geräte solange abgeschaltet bis sich der Dringlichkeitsfaktor verringert und die Auslastung des Dieselgenerators zwischen 50% und 90% wird. Die Tabelle mit den ausschaltbaren Geräten befindet sich in dem Anhang A 1.

### **5.2.2 Fall 2 : Auslastung des Dieselgenerators unter 50 Prozent**

Mit der Bestimmung der Anzahl von eingeschalteten Geräte ist eine durchschnittliche Energie berechnet, mit denen jedes bestimmte Gerät eingeschaltet wird. Hier wird auch ein Vektor festgelegt, der für das Einschalten von Geräten sorgt. Es wird überprüft, ob das Gerät abgeschaltet ist, und wenn ja wird es eingeschaltet. Es werden solange Geräte eingeschaltet bis die Auslastung zwischen 50% und 90% ansteigt. Die Tabelle mit der eingeschaltete Geräte befindet sich im Anhang A 2.



---

## 6 Simulationen

MATLAB® ist beliebiger Ingenieurtool und umfasst Berechnung- und Simulationsumgebung. Mit dem Programm sind numerische Berechnungen, komplexe Visualisierungen und auch noch Programmierung möglich.

Die Algorithmen zur Lastmanagement sind in MATLAB® durch Erstellung von Programmierstrukturen, relationale Operationen und Matrizen implementiert. Mit der Hilfe dieses Programms werden die Funktionen des Algorithmus überprüft.

Der Algorithmus zum Lastmanagement ist für die Monate Januar und Juli durchgeführt. Auf Grund der hohen Anzahl an Simulationsschritte für das ganze Jahr (35040) in 15 - Minuten - Takt, hat das Programm MATLAB® viel mehr Zeit für die Berechnungen gebraucht. Darum sind die Simulationen auf einen Monat reduziert.

Die Verbräuche werden in kWh angegeben. In MATLAB® ist die folgende Formel benutzt, um diese in die Leistung kW umzurechnen nach Quelle (25):

$$P = E \cdot \frac{1}{t_{\text{smin}}} \cdot 60 \quad (2)$$

wobei

E ist die Leistung [kWh];

$t_{\text{smin}}$  - die Zeitauflösung 15 min;

P - die berechnete Leistung [kW].

### 6.1 Ergebnisse für einen Wintermonat

Ein Simulationstool ist in dieser Arbeit als Hilfsmittel zur Erstellung des Einspeiseprofiles benutzt. Es ist ein gemessener PV Anlage in kWh aus diesem Simulationstool genommen.

Allgemein besteht dieses Tool aus 7 Bereiche. (25) Durch eine Auswahl an Speicher, PV Anlage und Lastprofil können Outputs wie Eigenverbrauch, Autarkiegrad, Suffizienz – Kenngröße und Stromkosten berechnet werden. Diese wurden in der Arbeit nicht in Betracht genommen.

Die PV Anlage hat für den Monat Januar eine Größe von 18,8 kW und wird graphisch auf der Abbildung 6.1 dargestellt.

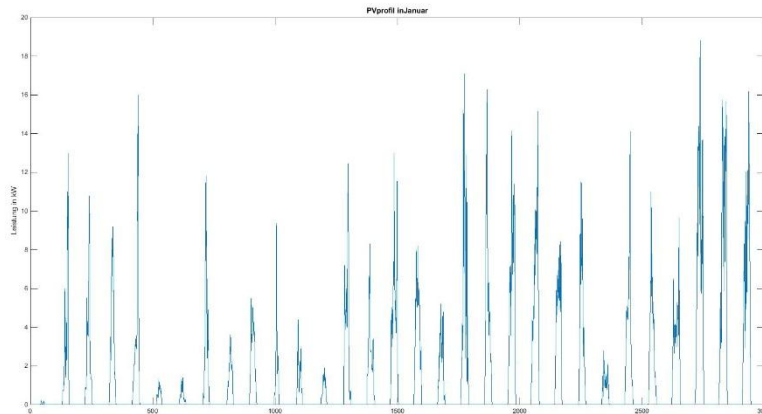


Abbildung 6.1 PVprofil im Winter

Das Lastprofil ist mit dem Load profile generator erzeugt und ist auf der folgenden Abbildung 6.2 dargestellt. Es ergibt sich eine Spitzenlast von 37.7 kW in Januar.

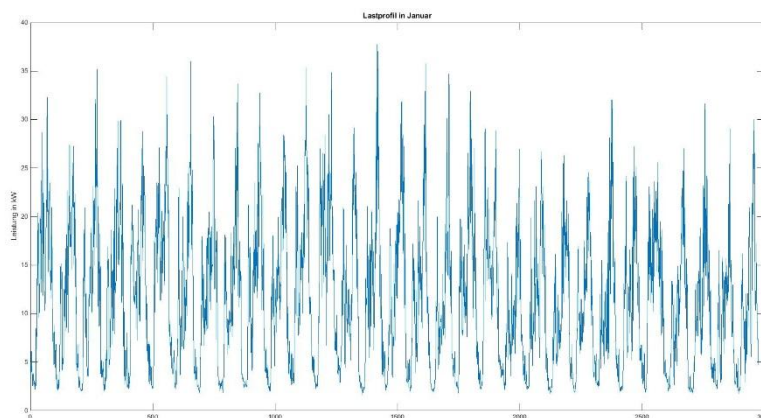


Abbildung 6.2 Lastprofil im Winter

Obwohl die Last 37.7 kW ist, wurde ein kleiner Generator mit einer Nennleistung von 28 kW gewählt, um Zustände zu erzeugen, in denen der Dieselgenerator überlastet ist. Dies dient zur Überprüfung des Algorithmus. (33) Laut der Spezifikation von dem Hersteller wird ein Dieserverbrauch in Liter pro Stunde bei 25%, 50%, 75% und 100% Auslastung angegeben. (Siehe Tabelle 6.1)

Tabelle 6.1 Verbrauch des Dieselgenerators beim verschiedenen Auslastungen

Auslastung	Verbrauch in [l/h]
25	2.9
50	5.0
75	7.3
100	9.8

Diese Daten sind bei der Berechnung der aktuellen Auslastung des Dieselgenerators in g/kWh benutzt. Die Analyse bezüglich der Berechnungen des Dieselgeneratorverbrauchs bezieht sich auf der Recherche von Prof. Deußen von der Technischen Hochschule in Köln.

Es ist ein Array „referenzverbrauch“ bestimmt, dieses stellt das spezifisches Kraftstoffverbrauch in g/kWh bei einer Auslastung von 6% in 1%-Schritten bis 100% des Dieselgenerators dar. So wird ein Kennlinienfeld erzeugt. Die Auslastung ergibt sich durch die Residuallast und die Größe des Generators und auf diese Weise wird der aktuelle Dieselverbrauch mit einer linearen Interpolation berechnet. Die Abbildung 6.3 zeigt die Auslastung des Dieselgenerators vor und nach der Laststeuerung. Die rote Kurve ist die Auslastung nach dem DSM. Es ist deutlich klar zu erkennen, dass es eine Erhöhung der Auslastung erreicht ist. Aber die großen Spitzen vor dem DSM sind reduziert.

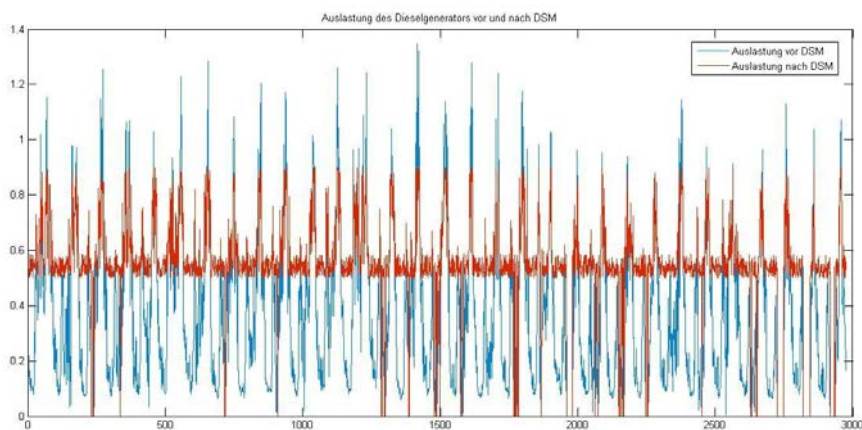


Abbildung 6.3 Auslastung des Dieselgenerators vor und nach DSM im Winter

Die Abbildung 6.4 gibt Auskunft über den Dieselkraftstoffverbrauch vor und nach der Laststeuerung. Die rote Kurve stellt den Verbrauch vor und die blaue Kurve nach der Laststeuerung dar. Aufgrund der Einschaltung elektrische Geräte hat sich der Dieserverbrauch deutlich erhöht, wobei er nicht so hohe Spitzen wie vor dem DSM erreicht.

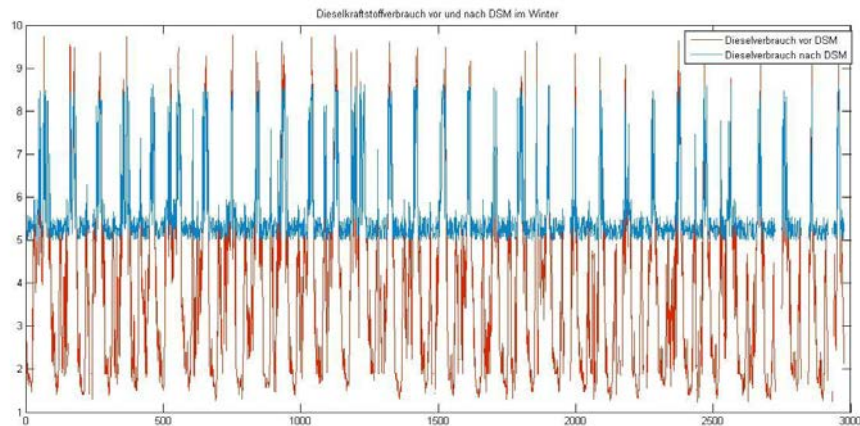


Abbildung 6.4 Dieselkraftstoffverbrauch vor und nach DSM im Winter

Die folgende Abbildung 6.5 stellt den Dringlichkeitsfaktor vor der Laststeuerung dar. Der Auslastung des Dieselgenerators ist unter 50% und über 90%.

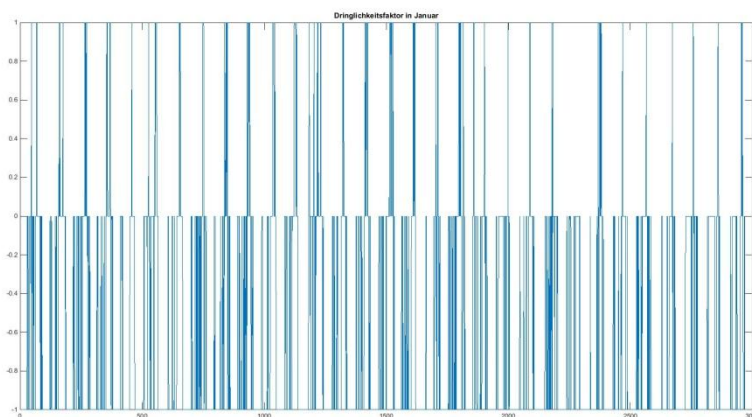


Abbildung 6.5 Bestimmung des Dringlichkeitsfaktors vor dem DSM im Winter

Nach der Ausführung von Laststeuerung von elektrischen Geräten ergibt sich eine optimierte Arbeit des Dieselgenerators. Auf der folgenden Abbildung 6.6 sind die Betriebszustände des

Dieselgenerators nach dem DSM von elektrischen Geräten abgebildet.

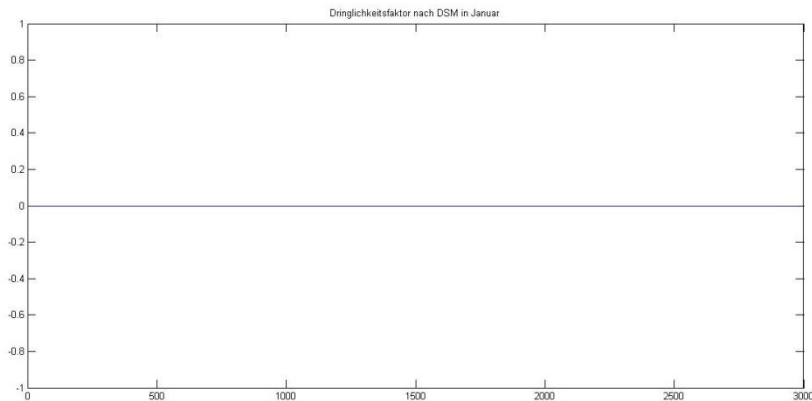


Abbildung 6.6 Dringlichkeitsfaktor nach DSM in Januar

Die Auslastung des Dieselgenerators ist geregelt. Es wird eine Belastung unter 90 % und über 50% aufgewiesen. Mit der Hilfe von präferierten Ausschalten und Einschalten von elektrischen Geräten für den Monat Januar werden nur die Betriebszustände des Dieselgenerators optimiert.

Es wurden einige Simulationen für die Monate Januar und Juli mit unterschiedelchen Größen der PV - Anlage durchgeführt, um festzustellen, wie sich die Anzahl an aus- und einschaltbaren elektrischen Geräte bei der Laststeuerung ändert. Es werden auch noch die Auslastung und der Verbrauch des Dieselgenerators unter diesen Umständen untesucht. Abbildung 6.7 gibt Auskunft darüber, wie viele elektrischen Geräten bei drei verschiedenen Größen der PV - Anlage ein- und ausgeschaltet werden. Maximal 40 Geräte sind eingeschaltet bei der PV Anlage mit Nennleistung 4,7kWh. Bei der abgeschalteten Geräte ist keine große Abweichung beobachtet.

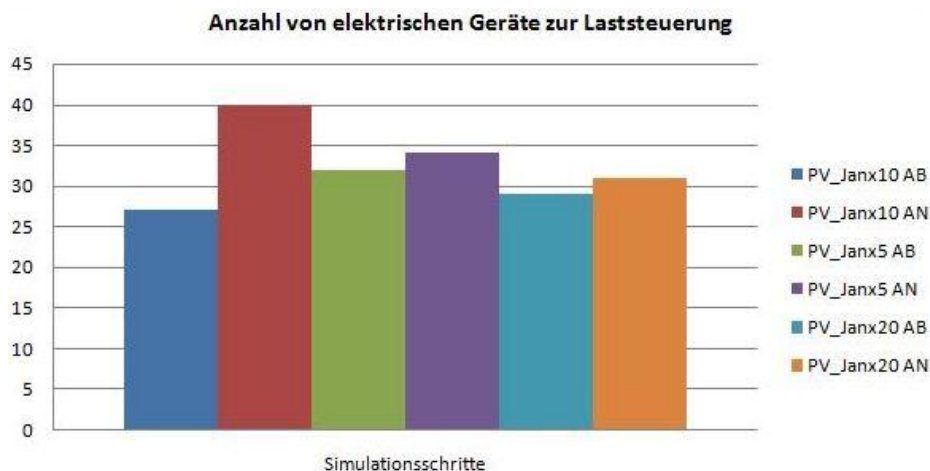


Abbildung 6.7 Anzahl von elektrischen Geräte zur Laststeuerung bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Winter

Trotz unterschiedlicher Anzahl an beteiligten Geräte bei der Laststeuerung ergeben sich keine große Abweichungen bei der Auslastung und dem Dieserverbrauch für die drei simulierten PV - Anlagen.

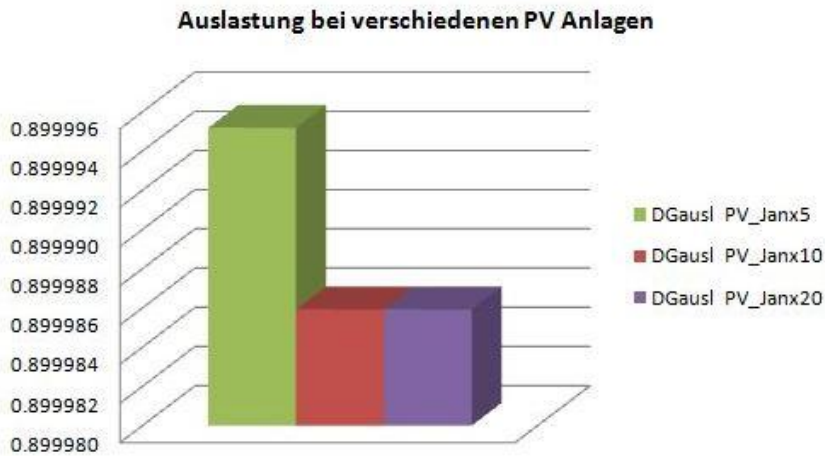


Abbildung 6.8 Auslastungen bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Winter

Der Dieserverbrauch ist auf der Abbildung 6.9 gezeigt und er ist fast gleich bei den unterschiedlichen PV - Anlagen.

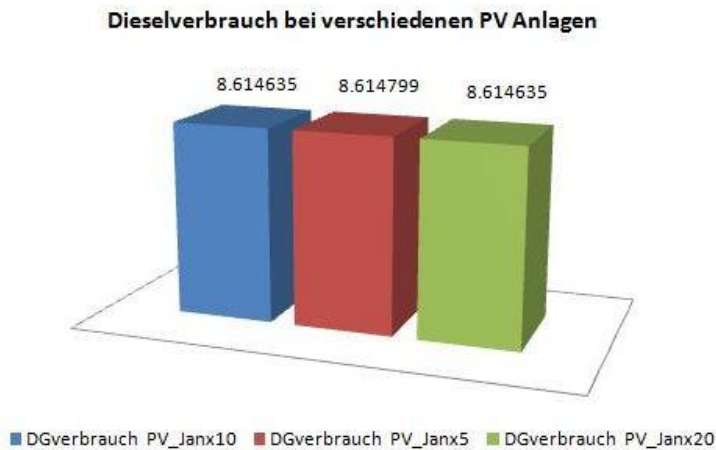


Abbildung 6.9 Dieserverbrauch bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Winter

Aufgrund der kleinen Dieselgenerator beteiligt sich eine große Anzahl an vielen elektrischen Haushaltsgeräte zur Laststeuerung.

## 6.2 Ergebnisse für einen Sommermonat

Das Algorithmus zum Lastmanagement in einem PV - Diesel Hybridnetz ist für den Sommermonat Juli durchgeführt. Auf der gleichen Methodik werden die Einspeiseprofile und das Lastprofil verglichen.

Der Lastprofil im Juli hat einen Spitzenlast von 33.9 kW und ist auf der folgende Abbildung 6.10 dargestellt.

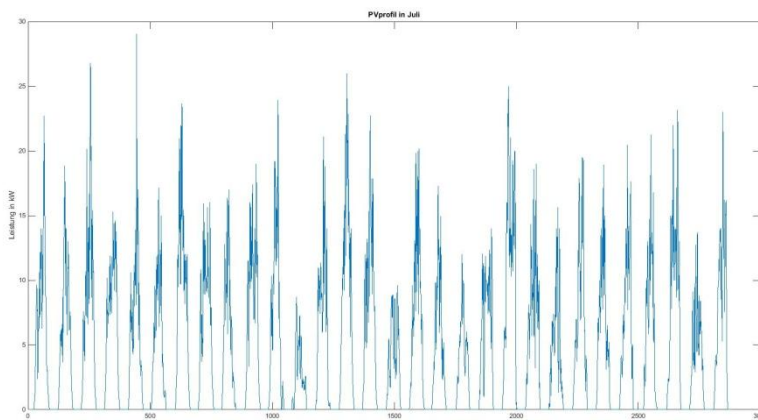


Abbildung 6.10 Der Lastprofil im Sommer

Der PV - Anlage hat einen hohen Ertrag im Sommer und der Pvprofil wird auf der Abbildung 6.11 veranschaulicht.

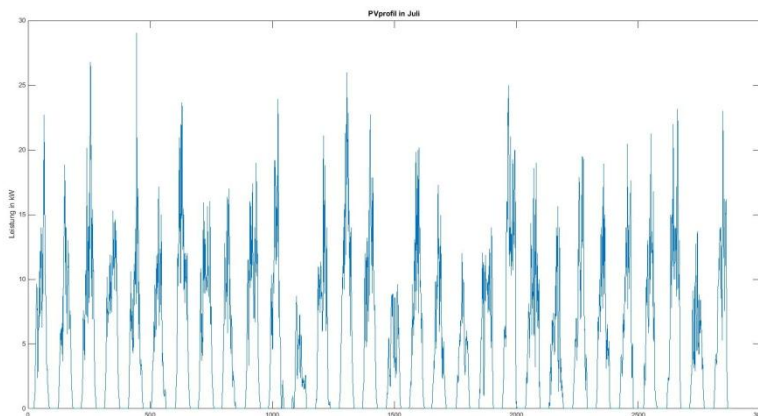


Abbildung 6.11 Der Pvprofil im Sommer

Im Vergleich zu den Winterzeiten ist auf der Abbildung 6.12 deutlich klar zu erkennen, dass der Dringlichkeitsfaktor vor der Laststeuerung sehr selten über 90% überspringt, das heißt dass die Auslastung des Dieselgenerators nicht so hoch wird, aber im Vergleich dazu läuft der Dieselgenerator ständig unter 50%.

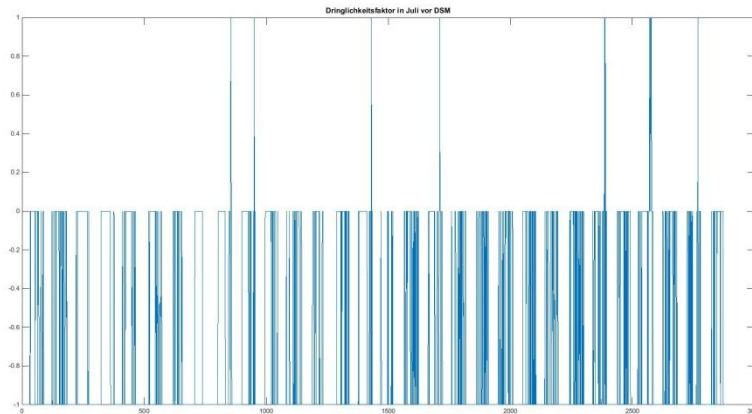


Abbildung 6.12 Dringlichkeitsfaktor vor DSM in Sommer

Nach dem präferierten Abschalten und Einschalten von elektrischen Geräten wird der Dringlichkeitsfaktor auf 0 gesetzt.

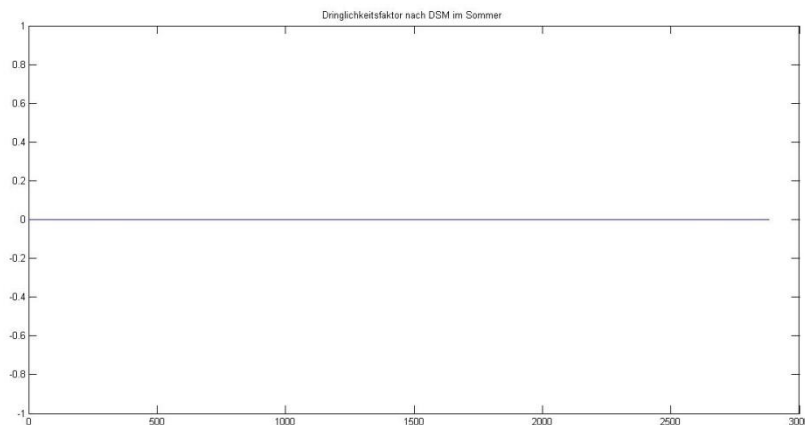


Abbildung 6.13 Dringlichkeitsfaktor nach DSM im Sommer

Die Auslastung des Dieselgenerators vor der Laststeuerung im Sommer ist deutlich gering als im Winter. Dennoch weist die Auslastung in Juni hohe Spitzen nach der Laststeuerung auf.



Die Abbildung 6.14 stellt die Auslastung des Dieselgenerators vor und nach DSM dar. Die rote Kurve stellt die Auslastung nach DSM und die blaue vor DSM.

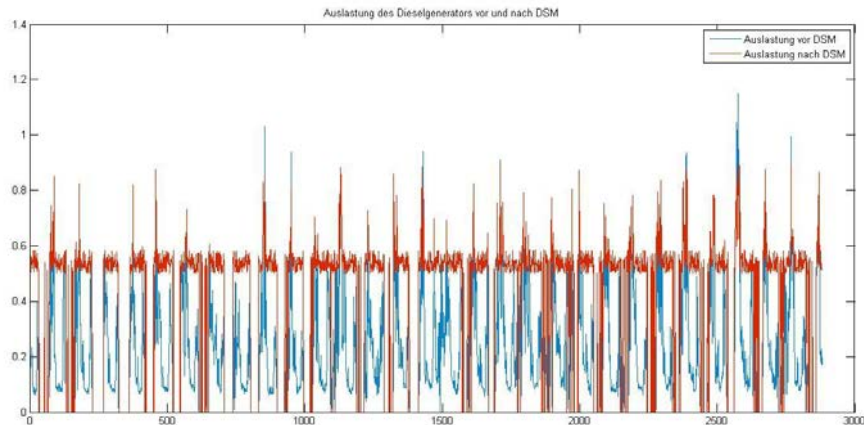


Abbildung 6.14 Auslastung des Dieselgenerators vor und nach DSM im Sommer

Der Dieserverbrauch im Sommer wird nach der Laststeuerung und auf Grund der hohen Ertrag der PV Anlage geringer, aber trotzdem werden hohe Verbräuche aufgewiesen.

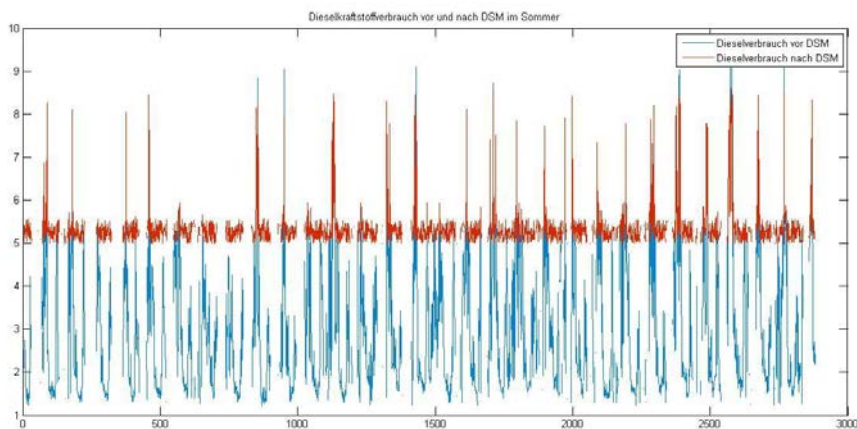


Abbildung 6.15 Dieseldieselkraftstoffverbrauch vor und nach DSM im Sommer

Es wurden die gleiche Simulationen wie im Kapitel 6.1 für den Monat Juli mit unterschiedelchen Größen der PV - Anlage durchgeführt, um festzustellen, wie sich die Anzahl an ab- und einschaltbaren elektrischen Geräte bei der Laststeuerung im Sommer ändert. Auf der Abbildung 6.16 sind die maximalen Anzahlen von ab - und einschaltbaren Geräten deutlicher zu erkennen.

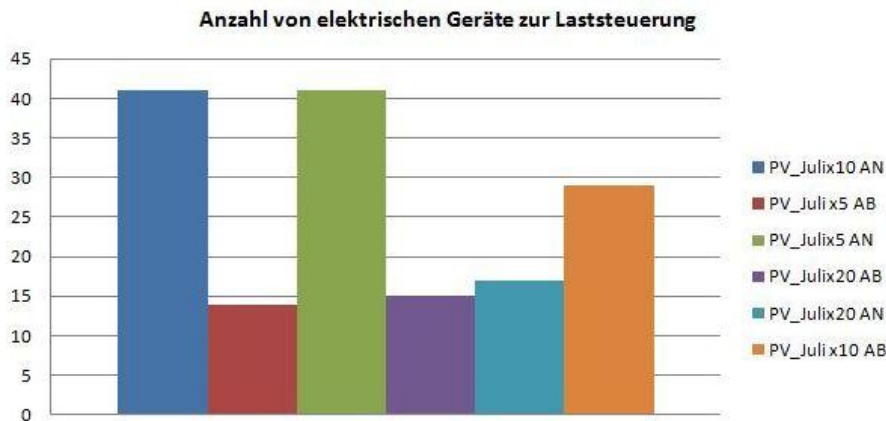


Abbildung 6.16 Anzahl von elektrischen Geräte zur Laststeuerung bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Sommer

Je größer die PV Anlage, desto weniger elektrischen Geräte beteiligen sich an der Laststeuerung. Die Anzahl von ausgeschalteten Geräte bei der PV\_Julix5 (rote Spalte) und PV\_Julix20 (hell blaue Spalte) sind fast gleich, aber im Vergleich dazu werden deutlich mehrere Geräte eingeschaltet bei der kleinere PV Anlage(PV\_Julix5).

Mit der Änderung der Geräteanzahlen bei der Laststeuerung ergeben sich die folgende Ergebnisse für die Auslastung und den Dieserverbrauch. Bei einer maximalen Skalierung der PV - Anlage ist die Auslastung und dementsprechend den Dieserverbrauch geringer. Diese Ergebnisse sind auf der Abbildung 6.17 und Abbildung 6.18 dargestellt.

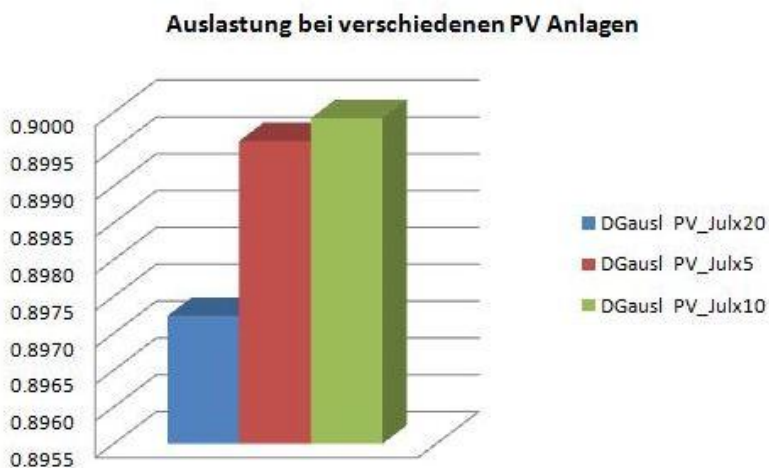


Abbildung 6.17 Auslastungen bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Sommer

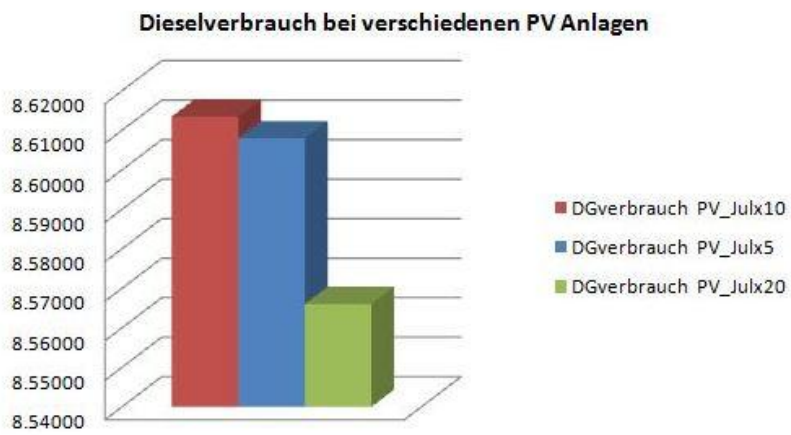


Abbildung 6.18 Dieselverbrauch bei verschiedenen Größen der PV Anlage im Sommer

---

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Masterarbeit wird das PV - Diesel - Hybridnetz als Teil von dem Konzept Smart Grid dargestellt. In Entwicklungsländer oder in netzfernen Orten ist das Potential des Aufbaus dieser intelligenten Hybridnetze sehr groß und ermöglicht eine kostengünstige Stromproduktion, aber vor allem ein normales Leben vieler Menschen. Der Klimawandel und damit die gezielte Verringerung der CO<sub>2</sub> Emissionen und die Energieunabhängigkeit sind als Anreiz zu autarken Energiesystemen, die die Leistung wie ganzjährige und zuverlässige Stromversorgung tragen und Sicherheit gewährleisten können.

Es wurde der Dieselgenerator als Herzstück des Hybridsystems bezeichnet und er kommt zum Einsatz, wenn die Energie aus der Photovoltaik Anlage zur Versorgung der elektrischen Lasten nicht ausreicht, oder die gespeicherte Energie in der Batterie nicht vorhanden ist. Der Dieselgenerator muss im Notfall vor allem die Prioritätslasten mit Energie versorgen. Das Problem hier liegt darin, dass die konventionellen Dieselgeneratoren aufgrund geringer Lasten problematisch laufen und daher entstehen erhöhte Emissionen und unvollständige Verbrennungen des Kraftstoffes. Common Rail Einspritzsysteme werden in die modernen Dieselgeneratoren integriert und ermöglichen eine genaue Steuerung der Einspritzparameter wie Druck und Winkel, und es kann sichergestellt werden, dass der Dieselgenerator auch im Teillastbereich hohe Temperaturen im Zylinderkopf erreicht und somit auch bei ungünstigen Lastverhältnissen effizienter läuft.

In der Masterarbeit wurde ein Dringlichkeitsfaktor entwickelt, der die Auslastung des Dieselgenerators beschreibt. Es wurde durch Laststeuerung von elektrischen Geräten versucht, dieser Dringlichkeitsfaktor auf den bestimmten Wert 0 zu erreichen d.h. dass der Dieselgenerator bei einer Auslastung zwischen 50% und 90% seiner Nennleistung wirtschaftlicher läuft. Auf der Basis von MATLAB® wurde ein Algorithmus erstellt und die Simulationen sind in einem Winter - und einem Sommermonat durchgeführt.

Erstens wurde analysiert, wie groß das Potenzial der elektrischen Haushaltslasten im Bezug des Demand Side Managements sein könnte. Die große Anzahl an elektrischen Geräten in einem Haushalt macht heutzutage die Aufgabe der Laststeuerung noch komplexer. Aufgrund einer Umfrage von 150 Menschen konnte es bestätigt werden, dass die Menschen ihre Haushaltsgeräte nach Wichtigkeit anordnen. Der Kühlschrank liegt ganz hoch als das wichtigste Gerät an der Rangordnung, verfolgt von anderen Geräten von dem Küchenbereich wie Gefriertruhe, Ofen, Herd

---

und Spülmaschine.

Das Verzichtpotential von den Leuchtmittel und überhaupt vom Licht kommt nicht in Frage. Alle anderen elektrischen Geräte wie Küchenradio, Playstation, SAT - Reciever oder Fön sind von den Menschen als nicht so wichtig bezeichnet und sein Abschalten zum Beispiel stört den Haushaltskomfort nicht.

Nach einem präferierten Abschalten und einschalten von elektrischen Haushaltsgeräten wurde die Laststeuerung durchgeführt. Bei einer Laststeuerung im Winter durch Ausschaltung von insgesamt 34 und 31 eingeschalteten elektrischen Geräten wird der Verbrauch und die Auslastung des Dieselgenerators erhöht. Aber diese Ergebnisse werden auch für den Sommer festgestellt, wobei die PV - Anlage einen höheren Ertrag im Vergleich zu der Winterzeit aufweist. Es werden im Juli nur 38 elektrische Geräte eingeschaltet und 18 ausgeschaltet. Da der Dieselgenerator einer deutlich geringen Nennleistung hat, um Zustände erzeugt zu werden, in denen er überlastet ist, überprüft das logische und analytische Denken den Algorithmus.

Diese Ergebnisse resultieren auch von der Annahme, dass dieses PV - Diesel Hybridnetzes durch die Vereinfachung ohne Batterie ausgeführt wird. Ein anderer Schritt zur Optimierung der Betriebszustände des Dieselgenerators kann durch den Einsatz von Batteriebank und Lastverschiebung von elektrischen Geräten sinnvoller sein.

---

## Literaturverzeichnis

1. **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.** *Gesetzentwurf zur Weiterentwicklung des Strommarktes.* 2015. S. 1.
2. **Bernhard Fenn, Dieter Metz.** *Smart Grids mit dezentralen Speichern in Verteilnetzen.* S. 35.
3. **Eller, Thomas Staudacher und Sebastian.** *Stromversorgung im Einfamilienhaus: Ist Autarkie wirtschaftlich?* 2012, S. 1.
4. **Alt, Franz.** <http://www.sonnenseite.com/de/energie/fossile-kraftstoffe-sparen-photovoltaik-diesel-hybridsysteme-auf-dem-vormarsch.html>. *www.sonnenseite.com.* [Online] 19. April 2015. <http://www.sonnenseite.com/de/energie/fossile-kraftstoffe-sparen-photovoltaik-diesel-hybridsysteme-auf-dem-vormarsch.html>.
5. **Simon, Lisa.** *Möglichkeit der netzfernen Stromversorgung in Entwicklungsländer.* 2010. S. 5-9.
6. **SMA Solar Technology AG.** *Solare Insel- und Backup-Versorgung.* S. 1-8.
7. **Simon Rolland, Guido Glania.** *Hybrid Mini Grids for rural electrification: Lessons learned.* Brussels : s.n., 2011. S. 12,13.
8. **Grégoire Léna (IED).** *Rural electrification with PV Hybrid Systems.* 2013. S. 8, 9. IEA PVPS Task 9 – CLUB-ER.
9. **Bachi, Moustafa Dalal.** *Economic dispatch and demand side management in diesel hybrid mini grids.* Concordia University. Montréal, Québec, Canada : s.n., 2012. S. 2,9,10.
10. **Pierre M. Dubourg, Mike Neuber, Jeffrey Simorangkir, Giovanni Tutupoly.** *Photovoltaik-hybrid-kraftwerke für den Off-Grid- und Mini - Grid - Einsatz.* 2015. S. 15.
11. **Rolland, Simon und Glania, Guido.** *Hybrid power systems based on renewable energies: a suitable and cost-competitive solution for rural electrification.* Brussels : s.n. S. 7.
12. **Pflugradt, Noah.** Load profile generator. <https://www-user.tu-chemnitz.de/~noah/>. [Online]
13. **Irlenborn, Johannes.** *Simulationsprogramm zur Optimierung eines Inselnetzes mit Photovoltaikanlagen, Dieselgeneratoren und Batteriespeichern.* Technischehochschule Köln, Köln : s.n.

- 
14. *Revolution im Netz, Offgrid 2.0.* **Gallego, Alberto.** 02, s.l. : pv -magazine, 2013.
  15. **Khalid Elamari, Luiz A. C. Lopes.** *Frequency based control of electric water heaters in small PV Diesel Hybrid Mini-Grids.* Canada : s.n. S. 2.
  16. **Pohlenz, Stephan.** *Eigenschaften von Dieselgeneratoren.* November 2015.
  17. **Wiesinger, Johannes.** Die Plattform für die Kfz - Technik. [Online] 06. Juni 2015.  
<http://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/diesel/commonrail.htm>.
  18. **A. Köppl, M. Wüger.** *Determinanten der Energienachfrage der privaten Haushalte unter Berücksichtigung von Lebensstilen.* 2007. S. 11 -14, Berichte aus Energie- und Umweltforschung.
  19. destatis. *Ausstattung privater Haushalte mit elektrischen Haushalts- und sonstigen Geräten.* [Online]  
[https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/AusstattungGebrauchsgueter/Tabellen/Haushaltsgeraete\\_D.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/AusstattungGebrauchsgueter/Tabellen/Haushaltsgeraete_D.html).
  20. **Baranski, Michael.** *Energie-Monitoring im privaten Haushalt.* 2006.
  21. **Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.** *Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte.* Karlsruhe, München, Dresden : s.n., 2005. S. 2-5, 34.
  22. **Randa Kallel, Ghada Boukettaya, Lotfi Krichen.** *Demand side management of household appliances in stand-alone hybrid photovoltaic system.* 2015.
  23. **Ireshika, Muhandiram Arachchige Subodha Tharangi.** *Home Energy Management System.* University of Agder, Department of Engineering Sciences, s.l. : 2014.
  24. **Alexandra-Gwyn Paetz, Thomas Kaschub, Patrick Jochem, Wolf Fichtner.** *Erfahrungen mit dynamischen Tarifkonzepten im intelligenten Haus.* Karlsruhe : s.n. S. 6.
  25. **Brosig, Christian.** *Energie-Autarkie von Haushalten durch Suffizienz-Maßnahmen.* Technischehochschule Köln, Köln : 2014.
  26. **Gellings, Clark W.** *The Concept of Demand-Side Management.* 1985.

- 
27. **Krüger, M.Sc. Christiane.** *Lastmanagement - Neue Anforderungen und Einsatzfelder durch den Ausbau regenerativer Energien.* Institut für Gründungs- und Innovationsforschung, Wuppertal : 2011.
28. **Abaraviciuz, Jousaz.** *Demand Side Activities for electric load reduction.* Department of energy Sciences, Sweden : s.n.
29. **Saengprajak, Arnusorn.** *EFFICIENCY OF DEMAND SIDE MANAGEMENT MEASURES IN SMALL VILLAGE ELECTRIFICATION.* Elektrische Energietechnik-Rationale Energiewandlung, University of Kassel, Kassel : s.n.
30. **Dr. Christian Nabe, Dr. Harald Schäffler, Dr. Jost Eder.** *Einführung von lastvariablen und zeivariablen Tarifen.* 2009. S. 41,42,45.
31. **Serafin von Roon, Thomas Gobmaier.** *Demand Response in der Industrie.* München : s.n., 2010. S. 2-4.
32. **Dipl.-Ing. Dietmar Adam, MBA.** *Zukünftige Anforderungen an Messsysteme.* PTB-Seminar „Kommunikative Zähler“, Berlin : s.n.
33. **Kohler Power System.** *www.kohlerpower.com.* [Online] Dezember 2015. <http://www.kohlerpower.com/onlinecatalog/pdf/g5423.pdf>.



## Anhang

### A.1 Liste mit der abschaltbaren und einschaltbaren elektrischen Haushaltsgeräten zur Laststeuerung

Tabelle A 1 Ausschaltbare Geräte zur Laststeuerung

1	'HH0 - Bath - Hair Dryer Braun Silencio 1250
2	'HH0 - Bath 2 - Hair Dryer Babyliss 2000
3	'HH0 - Bath 2 - Hair Dryer / Braun Satin Pro 2200 Ion Care
4	'HH0 - Bath 3 - Hair Dryer Braun Silencio 1250
5	'HH0 - Bath 3 - Hair Dryer Babyliss 2000
6	'HH0 - Children"s room 2 - Hifi System / Sharp XL-HF300PH
7	'HH0 - Garden - HedgeTrimmer / Bosch AHS 550-24 ST
8	'HH0 - Garden - Atika LH 2500 G
9	'HH0 - Garden - LawnMower / Sabo 32-EL
10	'HH0 - Kitchen - Oven / AEG B 33512-5-M
11	'HH0 - Kitchen - Handmixer / Phillips Robust HR 1581
12	'HH0 - Kitchen - AFK BM-2N
13	'HH0 - Kitchen - Canistervacuum cleaner / Siemens VS 06 G 1831
14	'HH0 - Kitchen - Miele DA 249-2
15	'HH0 - Kitchen - Kitchen radio / AEG KRC 4323 CD
16	'HH0 - Kitchen - Single Stove Plate
17	'HH0 - Kitchen - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen-stove right hind
18	'HH0 - Kitchen - Dishwashers / Bosch SGI 58M02 EU
19	'HH0 - Kitchen - WashingMachine AEG Lavamat 54610
20	'HH0 - Kitchen - Steam Iron / Phillips GC 4410
21	'HH0 - Kitchen - Washingmachine AEG Ä-ko Plus 1400
22	'HH0 - Kitchen - Egg Cooker / Russell Hobbs 14048-56 Stylo
23	'HH0 - Kitchen- Moulinex electronic 833
24	'HH0 - Kitchen - Coffee Machine / Braun KF 580E
25	'HH0 - Kitchen - Food Slicer / DOMO Schneidemaschine DO521S
26	'HH0 - Kitchen - Toaster / TefalVario
27	'HH0 - Kitchen - Electric Kettle Petra WK288 1.5L
28	'HH0 - Kitchen - Steam Iron / Phillips HI 515
29	'HH0 - Kitchen - Miele DG 1450
30	'HH0 -Kitchen - Miele H 5241 B
31	'HH0 - Kitchen - Immersion Blender Noah Hit Top
32	'HH0 - Kitchen - Extractor Hood / Miele DA 429-4
33	'HH0 - Kitchen - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen stove front right-semi aktiv
34	'HH0 - Kitchen 2 - Oven / AEG B 33512-5-M
35	'HH0 - Kitchen 2 - Handmixer / Phillips Robust HR 1581
36	'HH0 - Kitchen 2 - CanisterVacuum Cleaner / Siemens Z6.0 VSZ61260
37	'HH0 - Kitchen 2 - Extractor Hood / Miele DA 429-4

38	'HH0 - Kitchen 2 - Kitchen radio / AEG KRC 4323 CD
39	'HH0 - Kitchen 2 - Single Stove Plate
40	'HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen stove front left
41	'HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen-stove right hind
42	'HH0 - Kitchen 2 - Dishwashers / Bosch SMI68 M35 EU
43	'HH0 - Kitchen 2 - WashingMachine / Bosch WAE 28143
44	'HH0 - Kitchen 2 - Steam Iron / Phillips GC 4410
45	'HH0 - Kitchen 2 - WashingMachine Samsung P1405J
46	'HH0 - Kitchen 2 - Egg Cooker / Russell Hobbs 14048-56 Stylo
47	'HH0 - Kitchen 2 - Moulinex electronic 833
48	'HH0 - Kitchen 2 - Coffee Machine / Braun Impression KF 600
49	'HH0 - Kitchen 2 - Food Slicer / DOMO Schneidemaschine DO521S
50	'HH0 - Kitchen 2 - Toaster Salco MT 400
51	'HH0 - Kitchen 2 - Miele H 5241 B
52	'HH0 - Kitchen 2 - Miele DG 1450
53	'HH0 - Kitchen 2 - Miele DA 249-2
54	'HH0 - Kitchen 2 - Immersion Blender Noah Hit Top
55	'HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen stove front right-semi aktiv
56	'HH0 - Living room - Digitalpiano / Kawai CN-23
57	'HH0 - Living room - AEG NM 2701 Premium
58	'HH0 - Living room - SAT Receiver / Kathrein UFS913
59	'HH0 - Living room - Panasonic TX-P58V10E
60	'HH0 - Living room - Grundig 70cm CRT
61	'HH0 - Living room - TV Samsung LED UE40 B7090
62	'HH0 - Living room 2 - Electronic hometrainer / Kettler Track Performance
63	'HH0 - Living room 2 - PC / Acer Aspire M3640
64	'HH0 - Living room 2 - PC Monitor / Fujitsu Siemens Scaleoview H19-1
65	'HH0 - Living room 2 - Sony PlayStation 3
66	'HH0 - Living room 2 - TV / Phillips Goya 9770 VT
67	'HH0 - Living room 2 - Nintendo Wii
68	'HH0 - Living room 2 - PC / Acer Aspire T310
69	'HH0 - Living room 2 - Epson Stylus S20
70	'HH0 - Living room 2 - TASKalfa 180
71	'HH0 - Living room 2 - PC / Acer 8400
72	'HH0 - Living room 2 - Canon CanoScan LIDE 110
73	'HH0 - Living room 2 - CD/DVD Player / Phillips CD 380
74	'HH0 - Living room 2 - Home Cinema System / Samsung HT-D5550
75	'HH0 - Living room 2 - SAT Receiver / Kathrein UFS913
76	'HH0 - Living room 2 - CD/DVD Player / Philips DVDR 725 H
77	'HH0 - Living room 2 - TV Samsung LED UE40 B7090
78	'HH0 - Living room 2 - PC Monitor / Fujitsu Siemens Scaleoview D19-1
79	'HH0 - Bath - Hair Dryer Braun Silencio 1250

In der Tabelle A 2 sind die einschaltbaren elektrischen Haushaltsgeräten zur Laststeuerung aufgelistet.

Tabelle A 2 Einschaltbare Geräte zur Laststeuerung

1	'HH0 - Bath - Bathroom Mirror Light 100W (Conventional) [kWh]'
2	'HH0 - Bath - Bathroom Light (60W) [kWh]'
3	'HH0 - Bath 2 - Bathroom Mirror Light 30W (CFL) [kWh]'
4	'HH0 - Bath 2 - Bathroom Light (100W) [kWh]'
5	'HH0 - Bath 3 - Bathroom Mirror Light 100W (Conventional) [kWh]'
6	'HH0 - Bath 3 - Bathroom Light (60W) [kWh]'
7	'HH0 - Bedroom - Bedroom Light (200W) [kWh]'
8	'HH0 - Bedroom 2 - Bedroom Light (60W) [kWh]'
9	'HH0 - Children's room - Children Room Light Device (20W) [kWh]'
10	'HH0 - Children's room 2 - Children Room Light (200W) [kWh]'
11	'HH0 - Kitchen - Kitchen Light (60W) [kWh]'
12	'HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Light (60W) [kWh]'
13	'HH0 - Living room - Living Room (Energy Saving Lamp, 20W) [kWh]'
14	'HH0 - Living room 2 - Living Room Light (60W) [kWh]'
15	HH0 - (autonomous device) - Fridge with Freezer Exquisit kgc23060
16	HH0 - (autonomous device) - Electric Razor Braun Cruzer 5
17	HH0 - (autonomous device) - CD/DVD Player / Philips DVDR 725 H
18	'HH0 - (autonomous device) - PC / Acer Aspire T310 [kWh]'
19	HH0 - (autonomous device) - Electric Toothbrush Dondodent Professional Clean
20	HH0 - (autonomous device) - Kitchen radio / AEG KRC 4323 CD
21	HH0 - (autonomous device) - Hifi System / Sharp XL-HF300PH
22	HH0 - (autonomous device) - Home Cinema System / Samsung HT-D5550
23	HH0 - (autonomous device) - Epson Stylus S20 Inkjet Printer
24	HH0 - (autonomous device) - TASKalfa 180 Photo copier
25	HH0 - (autonomous device) - Router / AVM FRITZ! Box Fon WLAN 7390
26	HH0 - (autonomous device) - SAT Receiver / Kathrein UFS913
27	HH0 - (autonomous device) - Phillips 32-9615 Television Set (CRT)
28	HH0 - (autonomous device) - PC Monitor / Fujitsu Siemens Scaleoview H19-1
29	HH0 - (autonomous device) - Nintendo Wii Game Console
30	HH0 - (autonomous device) - Sony PlayStation 3 Game Console
31	'HH0 - Kitchen - Washing Machine AEG Lavamat 54610 [kWh]'
32	HH0 - Kitchen - Washingmachine AEG Ä-ko Plus 1400 [kWh]'
33	HH0 - Kitchen 2 - Canister Vacuum Cleaner / Siemens Z6.0 VSZ61260 [kWh]'
34	'HH0 - Kitchen 2 - Dishwashers / Bosch SMI68 M35 EU [kWh]'
35	'HH0 - Kitchen 2 - Washing Machine / Bosch WAE 28143 [kWh]'
36	'HH0 - Kitchen 2 - Washing Machine Samsung P1405J [kWh]'
37	'HH0 - Living room 2 - PC / Acer Aspire M3640 [kWh]'
38	'HH0 - Living room 2 - PC Monitor / Fujitsu Siemens Scaleoview H19-1 [kWh]'
39	'HH0 - Living room 2 - Sony PlayStation 3 [kWh]'
40	'HH0 - Living room 2 - TV / Phillips Goya 9770 VT [kWh]'
41	'HH0 - Living room 2 - PC / Acer Aspire T310 [kWh]'

## A.2 Liste mit der einschaltbaren elektrischen Haushaltsgeräten zur Laststeuerung

Tabelle A 3 Leistungsaufnahme der elektrischen Haushaltsgeräte nach LPG

Name	Leistung [W]
'HH0 - Bath - Bathroom Mirror Light 100W (Conventional) [kWh]'	100
'HH0 - Bath - Bathroom Light (60W) [kWh]'	60
'HH0 - Bath 2 - Bathroom Mirror Light 30W (CFL) [kWh]'	30
'HH0 - Bath 2 - Bathroom Light (100W) [kWh]'	100
'HH0 - Bath 3 - Bathroom Mirror Light 100W (Conventional) [kWh]'	100
'HH0 - Bath 3 - Bathroom Light (60W) [kWh]'	60
'HH0 - Bedroom - Bedroom Light (200W) [kWh]'	200
'HH0 - Bedroom 2 - Bedroom Light (60W) [kWh]'	60
'HH0 - Children's room - Children Room Light Device (20W) [kWh]'	20
'HH0 - Children's room 2 - Children Room Light (200W) [kWh]'	200
'HH0 - Kitchen - Kitchen Light (60W) [kWh]'	60
'HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Light (60W) [kWh]'	60
'HH0 - Living room - Living Room (Energy Saving Lamp, 20W) [kWh]'	20
'HH0 - Living room 2 - Living Room Light (60W) [kWh]'	60
HH0 - (autonomous device) - Fridge with Freezer Exquisit kgc23060	82
HH0 - (autonomous device) - Electric Razor Braun Cruzer 5	4
HH0 - (autonomous device) - CD/DVD Player / Philips DVDR 725 H	36
'HH0 - (autonomous device) - PC / Acer Aspire T310 [kWh]'	76
HH0 - (autonomous device) - Electric Toothbrush Dondodent Professional Clean	5
HH0 - (autonomous device) - Kitchen radio / AEG KRC 4323 CD	15
HH0 - (autonomous device) - Hifi System / Sharp XL-HF300PH	100
HH0 - (autonomous device) - Home Cinema System / Samsung HT-D5550	70
HH0 - (autonomous device) - Epson Stylus S20 Inkjet Printer	8
HH0 - (autonomous device) - TASKalfa 180 Photo copier	424
HH0 - (autonomous device) - Router / AVM FRITZ! Box Fon WLAN 7390	8
HH0 - (autonomous device) - SAT Receiver / Kathrein UFS913	15
HH0 - (autonomous device) - Phillips 32-9615 Television Set (CRT)	110
HH0 - (autonomous device) - PC Monitor / Fujitsu Siemens Scaleoview H19-1	38
HH0 - (autonomous device) - Nintendo Wii Game Console	16.4
HH0 - (autonomous device) - Sony PlayStation 3 Game Console	152.9
HH0 - Bath - Hair Dryer Braun Silencio 1250	1050
HH0 - Bath 2 - Hair Dryer Babyliss 2000	2000
HH0 - Bath 2 - Hair Dryer / Braun Satin Pro 2200 Ion Care	2000
HH0 - Bath 3 - Hair Dryer Braun Silencio 1250	1050

HH0 - Bath 3 - Hair Dryer Babyliss 2000	2000
HH0 - Children's room 2 - Hifi System / Sharp XL-HF300PH	100
HH0 - Garden - HedgeTrimmer / Bosch AHS 550-24 ST	600
HH0 - Garden - Atika LH 2500 G -Garden Shredder	2500
HH0 - Garden - LawnMower / Sabo 32-EL	1100
HH0 - Kitchen - Oven / AEG B 33512-5-M	3500
HH0 - Kitchen - Hand mixer / Phillips Robust HR 1581	360
HH0 - Kitchen - AFK BM-2N - Bread Maker	600
HH0 - Kitchen - Canistervacuum cleaner / Siemens VS 06 G 1831	1482
HH0 - Kitchen - Miele DA 249-2 Extractor Hood	240
HH0 - Kitchen - Kitchen radio / AEG KRC 4323 CD	15
HH0 - Kitchen - Single Stove Plate	1620
HH0 - Kitchen - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen-stove right hind	1200
HH0 - Kitchen - Dishwashers / Bosch SGI 58M02 EU	2400
HH0 - Kitchen - WashingMachine AEG Lavamat 54610	2000
HH0 - Kitchen - Steam Iron / Phillips GC 4410	2400
HH0 - Kitchen - Washingmachine AEG Ä-ko Plus 1400	2030
HH0 - Kitchen - Egg Cooker / Russell Hobbs 14048-56 Stylo	365
HH0 - Kitchen - Moulinex electronic 833 Juicer	250
HH0 - Kitchen - Coffee Machine / Braun KF 580E	1100
HH0 - Kitchen - Food Slicer / DOMO Schneidemaschine DO521S	150
HH0 - Kitchen - Toaster / TefalVario	900
HH0 - Kitchen - Electric Kettle Petra WK288 1.5L	1770
HH0 - Kitchen - Steam Iron / Phillips HI 515	1900
HH0 - Kitchen - Miele DG 1450	2200
HH0 - Kitchen - Miele H 5241 B	3500
HH0 - Kitchen - Immersion Blender Noah Hit Top	110
HH0 - Kitchen - Extractor Hood / Miele DA 429-4	260
HH0 - Kitchen - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen stove front right-semi aktiv	750
HH0 - Kitchen 2 - Oven / AEG B 33512-5-M	3500
HH0 - Kitchen 2 - Hand mixer / Phillips Robust HR 1581	360
HH0 - Kitchen 2 - CanisterVacuum Cleaner / Siemens Z6.0 VSZ61260	1220
HH0 - Kitchen 2 - Extractor Hood / Miele DA 429-4	260
HH0 - Kitchen 2 - Kitchen radio / AEG KRC 4323 CD	15
'HH0 - Kitchen 2 - Single Stove Plate [kWh]'	1620
HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen stove front left	1700
HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen-stove right hind	1200
HH0 - Kitchen 2 - Dishwashers / Bosch SMI68 M35 EU	2400
HH0 - Kitchen 2 - WashingMachine / Bosch WAE 28143	2300
HH0 - Kitchen 2 - Steam Iron / Phillips GC 4410	2400

HH0 - Kitchen 2 - WashingMachine Samsung P1405J	1950
HH0 - Kitchen 2 - Egg Cooker / Russell Hobbs 14048-56 Stylo	365
'HH0 - Kitchen 2 - Moulinex electronic 833 [kWh]'	250
HH0 - Kitchen 2 - Coffee Machine / Braun Impression KF 600	1100
HH0 - Kitchen 2 - Food Slicer / DOMO Schneidemaschine DO521S	150
HH0 - Kitchen 2 - Toaster Salco MT 400	840
HH0 - Kitchen 2 - Miele H 5241 B	3500
HH0 - Kitchen 2 - Miele DG 1450	2200
HH0 - Kitchen 2 - Miele DA 249-2 Extractor Hood	240
HH0 - Kitchen 2 - Immersion Blender Noah Hit Top	110
HH0 - Kitchen 2 - Kitchen Stove / Bauknecht Heko 750 PT Kitchen stove front right-semi aktiv	750
HH0 - Living room - Digitalpiano / Kawai CN-23	50
HH0 - Living room - AEG NM 2701 Premium Sewing Machine	75
HH0 - Living room - SAT Receiver / Kathrein UFS913	15
HH0 - Living room - Panasonic TX-P58V10E	360
HH0 - Living room - Grundig 70cm CRT	80
HH0 - Living room - TV Samsung LED UE40 B7090	130
HH0 - Living room 2 - Electronic hometrainer / Kettler Track Performance	1800
HH0 - Living room 2 - PC / Acer Aspire M3640	129
HH0 - Living room 2 - PC Monitor / Fujitsu Siemens Scaleoview H19-1	38
HH0 - Living room 2 - Sony PlayStation 3	152.9
HH0 - Living room 2 - TV / Phillips Goya 9770 VT	85
HH0 - Living room 2 - Nintendo Wii	16.4
HH0 - Living room 2 - PC / Acer Aspire T310	76
HH0 - Living room 2 - Epson Stylus S20 Inkjet Printer	8
HH0 - Living room 2 - TASKalfa 180	424
HH0 - Living room 2 - PC / Acer 8400	40
HH0 - Living room 2 - Canon CanoScan LIDE 110 Scanner	2.5
HH0 - Living room 2 - CD/DVD Player / Phillips CD 380 HiFi System	30
HH0 - Living room 2 - Home Cinema System / Samsung HT-D5550	70
HH0 - Living room 2 - SAT Receiver / Kathrein UFS913	15
HH0 - Living room 2 - CD/DVD Player / Philips DVDR 725 H	36
HH0 - Living room 2 - TV Samsung LED UE40 B7090	130
HH0 - Living room 2 - PC Monitor / Fujitsu Siemens Scaleoview D19-1	31