

# MESSTECHNIK QUARTIERSSPEICHER

Projektarbeit im Bachelorstudiengang Erneuerbare-Energien an der  
Technischen Hochschule Koeln

Vorgelegt von: Veysel Yakut

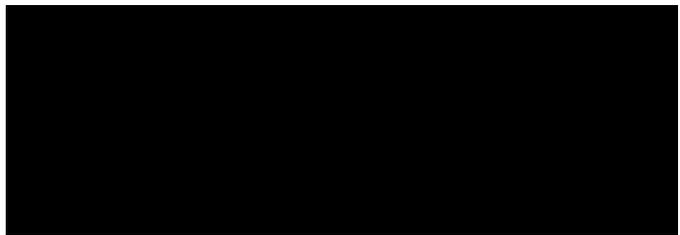
Matrikel-Nr.: 11094307

## Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer oder der Verfasserin/des Verfassers selbst entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Krefeld, 28.08.2020

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum



## Kurzfassung

Das Ziel dieser Projektarbeit ist die Zusammenstellung eines simulierten Messkonzeptes für ein Quartier mit 22 Haushalten, die mit dezentralen Photovoltaikanlagen einen gemeinsamen Lithium-Ionen-Speicher nutzen. Erneuerbare Energien dezentral mit einem eigenen Speicher zu nutzen erhöht nicht nur den Autarkiegrad, sondern entlastet auch das Netz. Aufgrund sinkender Einspeisevergütungen und steigender Strompreise lohnt sich der Eigenverbrauch des erzeugten Stromes immer mehr. Eine Batterie als Zwischenspeicher bietet eine Möglichkeit den Eigenverbrauch zu erhöhen. Diese Nutzung ist für Einfamilienhäuser oder für Mehrfamilienhäuser als Mieterstrommodell keine Seltenheit und findet immer mehr Anschluss in der Bevölkerung. Eine gemeinschaftliche Nutzung in einem Quartier birgt jedoch noch einige technische und rechtliche Hürden. Hierzu werden in dieser Projektarbeit für drei verschiedene Betriebsmodelle des Quartiers das Messkonzept erstellt. Außerdem wird auf die technischen und rechtlichen Vorgaben der Komponenten eingegangen. Weiterhin wird auch eine Empfehlung für einige Produkte aufgrund der Qualität und Komptabilität für die Modelle gestellt.

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	2
Abbildungsverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1. Einleitung .....	7
1.1 Photovoltaik & Batteriespeicher in Deutschland .....	7
2. Modelle für das Quartier .....	8
2.1 Grundkonzept.....	9
2.2 Modelle .....	11
2.2.1 Mieterstrommodell .....	11
2.2.2 Quartierstrommodell .....	12
2.2.3 Quartier mit P2P-Modell.....	13
3. Messtechnik .....	14
3.1 Stromzähler.....	14
3.1.1 Bezugszähler .....	16
3.1.2 Summenzähler .....	16
3.1.3 Ertragszähler .....	16
3.2 Messtechnik an der Batterie .....	17
3.3 Messtechnik am Modul.....	19
3.3.1 Einstrahlungssensor .....	19
3.3.2 Temperatursensor .....	19
3.4 Produkte auf dem Markt .....	20
3.5 Messfehler .....	22
4. Kommunikation .....	23
4.1 Gateway.....	23
4.1.1 Lokale Metrologische Netz – LMN .....	23
4.1.2 Das Weitverkehrsnetz – WAN.....	24
4.1.3 Das Heimnetz – HAN.....	24
4.2 Technische Rollen des Smart-Meter-Gateways.....	24
4.2.1 Letztverbraucher.....	24
4.2.2 Autorisierte Externe Marktteilnehmer .....	25
4.2.3 Smart Meter Gateway Administrator .....	25
4.2.4 Servicetechniker .....	25
4.3 Konzept der Messwertverarbeitung.....	26
5. Rechtliche Rahmenbedingung.....	27
5.1 Installation & Wartung .....	27
5.2 Meldepflicht.....	27
5.3 Pflichten des Anlagenbetreibers .....	28

5.4	Quartierspeicher .....	28
5.4.1	Speicher .....	28
5.4.2	Quartier .....	29
5.5	Eichung .....	30
6.	Technische Richtlinien für Komponenten .....	31
6.1	Smart-Meter-Gateway .....	31
6.1.1	Zeitsynchronisation .....	31
6.1.2	Kryptographische Funktionen .....	31
6.1.3	Protokollierung .....	32
6.1.4	Messperiode .....	32
6.1.5	Public-Key-Infrastruktur für Smart-Meter-Gateways .....	33
6.1.6	Kommunikationsadapter .....	33
6.2	Energiemanagementsystem .....	33
6.3	Batterie .....	33
6.4	Standort & Konstruktion .....	34
6.4.1	Betrieb & Speichersystem .....	34
6.4.2	Klimatechnik .....	35
6.4.3	Sicherheit .....	35
7.	Funktionale Anforderungen .....	36
8.	Datenschutz und Datensicherheit .....	37
8.1	Schutzprofil .....	37
8.2	Bedrohungslage .....	37
8.3	Sicherheitsziele .....	37
9.	Fazit .....	38
10.	Ausblick .....	38
	Literaturverzeichnis .....	39

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systemschema .....	9
Abbildung 2: Schema Quartiersmodell .....	12
Abbildung 3: Rogowski Spule (10).....	14
Abbildung 4: Shunt (11).....	15
Abbildung 5: Hall-Effekt (12).....	15
Abbildung 6: Schematischer Aufbau Batteriecontainer von der Solarbank (15) .....	18
Abbildung 7: Mastercontroller SRC 1000.....	18
Abbildung 8: SPEKTRON 485mb (17).....	19
Abbildung 9: Flächentempersensur PT1000 (18) .....	20
Abbildung 10: Alpha 1440 .....	20
Abbildung 11: PPC .....	21
Abbildung 12: SUNNY CENTRAL 250.....	21
Abbildung 13: AS2020.....	21
Abbildung 14: Einsatz des Smart-Meter-Gateway (24) .....	23

# Abkürzungsverzeichnis

BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
kWh	Kilowattstunde
SLP	Standardisiertes Leistungsprofil
RLM	Registrierende Leistungsmessung
PV	Photovoltaik
LED	Leuchtdiode
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
kHz	Kilohertz
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
MID	Measuring Instruments Directive
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
DIN	Das Deutsche Institut für Normung
EN	Europäische Norm
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TLS	Transport Layer Security
HDLC	High-Level Data Link Control
XML	Extensible Markup Language
BUS	Binary Unit System
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol

# 1. Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Quartierspeicher“, welches an der Technischen Hochschule Köln durchgeführt wird, entstand dieses Projekt, welches sich mit dem Messkonzept und der Messtechnik eines Quartiers mit 22 Einfamilienhäusern befasst. Hierbei ist auf jedem Dach eine Photovoltaikanlage, welche mit einer gemeinsamen Lithium-Ionen-Batterie verbunden sind. Ein hauptsächliches Instrument im Rahmen der Strommessung sind intelligente Stromzähler, auch genannt Smart-Meter. Diese Ausarbeitung befasst sich mit der Frage, wie solch ein Quartier bezüglich der Messtechnik aufgebaut sein könnte.

## 1.1 Photovoltaik & Batteriespeicher in Deutschland

Photovoltaik machte 2019 rund 19,5 Prozent der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aus und war somit nach den Onshore-Windanlagen die bedeutendste Erzeugung in Deutschland (1). Zur Förderung bietet die deutsche Regierung eine Vergütung bei der Netzeinspeisung nach dem EEG an. Die Finanzierung dieser Förderung stammt aus der EEG-Umlage, welche beim Kauf von Strom in der Preise inklusive ist.

In den letzten Jahren ist die Vergütung für Strom aus Photovoltaikanlagen immer weiter gesunken und das bei steigenden Stromkosten für die Endkunden.

Diese Tatsache macht es attraktiver, die erzeugte elektrische Energie für den Eigenverbrauch zu nutzen. Für den Fall, dass mehr Strom zur Verfügung steht als gebraucht wird, kann diese mithilfe eines Batteriespeichers für die Zeit gespeichert werden, wenn wieder mehr Strom benötigt wird. Das erhöht immer mehr die Nachfrage für eine Photovoltaikanlage in Kombination mit einem Batteriespeicher. (2)

Diese Vorgehensweise hat sich in den letzten Jahren in privat Haushalten sehr bewährt und zeigt Potential für mehr. In einer Nachbarschaft, in der dieses Prinzip kollektiv betrieben wird, bietet es Potential für einen stärkeren Autarkiegrad. Weitere Vorteile dezentraler Erzeugung sind unter anderem die Netzentlastung und die Möglichkeit Transportverluste umgehen zu können.

## 2. Modelle für das Quartier

In der folgenden Abbildung 3Abbildung 1 wird das grundsätzliche System des Quartiers erläutert. Weiterhin werden in diesem Kapitel drei mögliche Konzepte für den Betrieb des Quartiers vorgestellt.

Für alle Modelle ist der Betrieb von intelligenten Messgeräten von Nöten. Diese sind nach § 2 Nr. 7 MsbG moderne Messeinrichtungen, welche elektrische Energie die durchfließt erfassen und Smart Meter Gateways die es in ein Kommunikationsnetz einbinden können.

(3) So kann der tatsächliche Energieverbrauch- bzw. die Produktion und die tatsächliche Zeit exakt erfasst und für Verbraucher<sub>„</sub> sowie für berechnigte Dritte<sub>„</sub> in Echtzeit bereitgestellt werden.

## 2.1 Grundkonzept

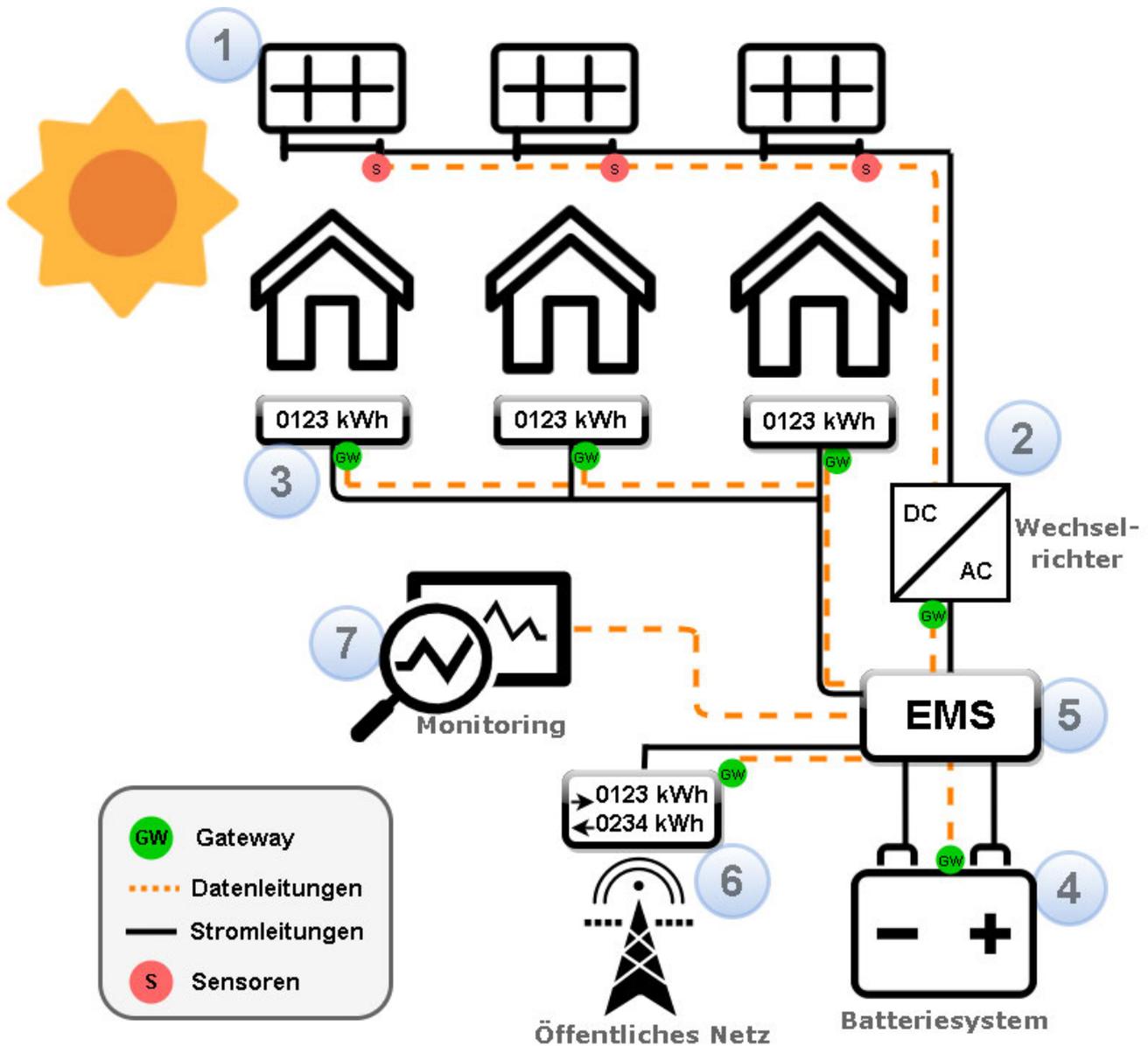


Abbildung 1: Systemschema

1. Die Photonen des Sonnenlichts treffen auf die Photovoltaikmodule, welche aus einem Halbleiter bestehen (4). Durch Absorption der Photonen am Halbleiter werden Elektroden aus dem Kristallverbund des Materials herausgelöst. Durch diese Bewegungsenergie entsteht ein Gleichstrom (DC für direct current).

Pro Dach ist auch eine Eintrahlungs- und Temperatursonde (Kapitel 3.3) angebracht, welche die Daten an das Monitoring-System weitergeben.

2. Lokale Stromnetze und hausinterne Stromleitungen sind auf Wechselstrom (AC für Alternation current) ausgelegt. Um den erzeugten Gleichstrom auf Wechselstrom umzuwandeln, wird ein Wechselrichter benötigt. Ein Zähler, welcher an den Wechselrichter angebracht ist, überwacht hierbei die erzeugte Leistung der Photovoltaikmodule. Mittels eines Gateways werden die Daten an das Monitoringsystems zur Überwachung und Aufzeichnung weitergesendet.
3. Jedes Haus hat einen eigenen digitalen Zähler mit einem Gateway, so kann der Verbrauch jedes Haushalts aufgezeichnet werden. Die aufgezeichneten Werte werden über dem Gateway an das EMS und Monitoringsystem zur Überwachung und Steuerung gesendet. Die Verbrauchswerte kann nur der Verbraucher selbst und der Betreiber für die Abrechnung sehen.
4. Der in den Photovoltaikmodulen erzeugte elektrische Strom dient primär für den Eigenverbrauch. Bei einem Überschuss dient das Batteriesystem als Zwischenspeicher. Das Batteriesystem wird in Kapitel 3.2 erläutert. Mit einem Gateway am Batterieregler kann der momentane Status der Batterie stets überwacht werden.
5. Das EMS (Energiemanagement-System) steuert die Energieflüsse zwischen den Photovoltaikanlagen, den Verbrauchern und dem Batteriesystem. So kann der erzeugte Strom effizient verteilt und der Verbrauch optimiert werden.
6. Da die Sonnenergie in der Praxis eine Autarkie von 100% nicht möglich macht, ist der Zugang zum Verteilnetz notwendig. Für den Fall, dass die Module und die Batterie nicht genug Strom liefern, kann so Strom dazu gekauft werden. Im Falle eines Überschusses im System, besteht die Möglichkeit diesen Strom in das Netz einzuspeisen. Der Strom in beide Richtungen wird mit einem Zweirichtungszähler gemessen.
7. Das Monitoringsystem dient zur Überwachung des gesamten Systems durch den Betreiber. Außerdem können spezifische Daten für die Verbraucher oder Servicetechniker auch hierdurch bereitgestellt werden und gegebenenfalls mit einer dazu angepassten Software eingesehen werden.

## 2.2 Modelle

Für den Betrieb eines solchen Quartiers werden im Rahmen des Projektes in diesem Kapitel drei Modelle vorgestellt, welche von bereits existierenden Projekten inspiriert wurden.

### 2.2.1 Mieterstrommodell

Das Prinzip des Mieterstroms wird seit einigen Jahren für Mehrfamilienhäuser genutzt. Als Mieterstrom wird elektrischer Strom bezeichnet, der ohne Netzdurchleitung vor Ort beim Letztverbraucher oder in einer Nebenanlagen im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang erzeugt und geliefert wird. (5)

In § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG umfasst nach der StromStV wird der Begriff „räumlicher Zusammenhang“ so definiert, dass der Letztverbraucher zur Stromerzeugungseinheit maximal 4,5 Kilometer weit entfernt liegen darf. (6)

Eine Photovoltaikanlage liefert hierbei den Strom für die Mieter, welche diesen für einen günstigeren Tarif als üblich vom Vermieter oder Betreiber kaufen können. Dieser Strom ist nach den Regelungen des Mieterstromgesetzes 10 % günstiger als der Grundversorgungstarif anzusetzen. Ist es jedoch notwendig Strom extern zu kaufen, muss dieser für die Mieter zum selben Tarif vom Betreiber zur Verfügung gestellt werden. Daher empfiehlt es sich die Anlage so zu dimensionieren, dass ein hoher Autarkiegrad herrscht. Für den Besitzer der Anlage, welches der Vermieter oder ein Dritter sein kann, rentiert sich die Anlage aufgrund sinkender Einspeisevergütungen effizienter bei dem Mieterstrommodell, als wenn der Strom in das Netz eingespeist wird. (7) Zusätzlich zum Verkauf des Stromes an die Mieter machen diverse Förderungen das Konzept noch profitabler. (8) So können beide Parteien von einer dezentralen Erzeugung von erneuerbaren Energien profitieren.

Eine Umsetzung dieses Prinzips in ein Quartier oder einer Siedlung ist eine Möglichkeit für die Bewohner dieselben Vorteile daraus zu ziehen wie die Bewohner eines Mehrfamilienhauses. Daraus resultiert jedoch, dass es notwendig ist die Dachfläche für eine Photovoltaikanlage bereitzustellen. So kann ein Dritter, welcher als Betreiber fungiert, die Dachflächen der Häuser nutzen, um dort Photovoltaikmodule zu platzieren.

Als Einigung hierfür eignet sich z.B. eine Verpachtung der Dachfläche oder ein vergünstigter Tarif bei der Stromlieferung. Der Betreiber der gesamten Anlage wäre somit, Besitzer der Photovoltaikmodule, des Speichers und aller dazugehörigen Leitungen und Komponenten. Hinzukommend wäre er auch zuständig für Installationen und Wartungen. (9)

Weiterhin wäre es notwendig für den Betreiber ein Grundstück in dem Quartier zu besitzen, um dort das Batteriesystem und evtl. ein Steuer- und Überwachungsraum aufzustellen.

## 2.2.2 Quartierstrommodell

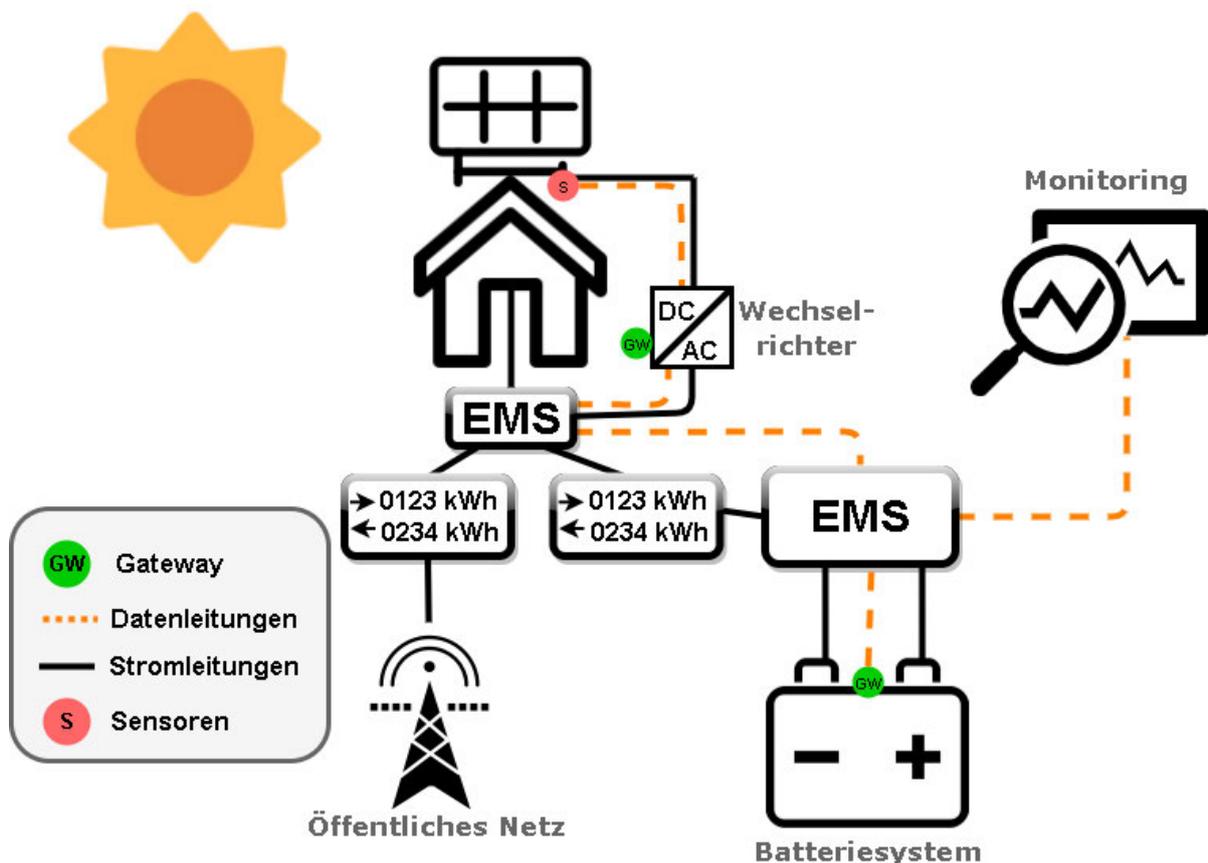


Abbildung 2: Schema Quartiersmodell

Dieses Modell unterscheidet sich vom vorherigen dadurch, dass jeder Hauseigentümer über eine eigene Photovoltaikanlage verfügt. Jedoch nutzen diese einen gemeinsamen Speicher, welcher von einem Dritten betrieben wird. Jeder Nutzer könnte so ein Modul oder gewünschte Speicherkapazität im System anmieten. So würde für den einzelnen die Investition einer Batterie entfallen. Es wird aber eine eigene Steuereinheit für jedes Haus benötigt um die Ströme zwischen der Erzeugung, dem Verbrauch, der Einspeisung ins Netz und der Einspeisung in die Batterie zu leiten.

Zwischen der Batterie und dem Verbraucher steht ein Zweirichtungszähler, damit genau erfasst werden kann, wer wieviel einspeist in die Batterie und wieder ausspeist.

Für den Fall, wenn der angemietete Speicher voll ist, kann der Nutzer wie es sonst üblich ist, den Strom durch einen zweiten Zweirichtungszähler in das Netz einspeisen. Auch für den Fall, wenn kein Strom gespeichert wurde, könnte der Nutzer so Strom vom Netz für den üblichen Tarif beziehen.

Der Vorteil von zwei separaten Zählern wäre in diesem Modell auch, dass falls ein Hausbesitzer die Batterie nicht nutzen will, er vom System, welches zur Batterie führt, abgetrennt werden kann.

### 2.2.3 Quartier mit P2P-Modell

Dieses Modell ähnelt dem vorher genannten Modell des Quartierspeichers, was die Speicherung und Steuerung der elektrischen Energie angeht. Der Unterschied hierbei besteht darin, dass die Nutzer ihren eingespeicherten Strom untereinander auch handeln können. Somit käme noch ein zusätzliches digitales P2P-Netzwerk, in dem elektronisch und bei Bedarf auch vollautomatisch Transaktionen realisiert werden, hinzu.

Wie in dem Modell zuvor, kann durch den separaten Zweirichtungszähler ein Teilnehmer aussteigen und sich direkt nur mit dem Netz verbinden.

Das Modell, Strom untereinander zu handeln, ist aus dem Projekt „Strombank“ inspiriert. Für das Projekt aus Mannheim beteiligten sich 18 private Haushalte und Gewerbebetriebe. Diese nutzen ihre Photovoltaikanlagen und Blockheizkraftwerke mit gemeinsam Lithium-Ionen-Batterie, wo auch ein Handel mit Strom untereinander möglich war. Das Prinzip Strom untereinander zu handeln oder zu tauschen wird auch in diesem Modell vorgesehen. Gibt man so aus seinem Speicher einem anderen Verbraucher Strom frei, wenn dieser in seinem Speicher nichts mehr hat, bekommt man diese für sich selbst digital in kWh gutgeschrieben. So lässt sich das Guthaben wieder in Strom „eintauschen“, falls der eigene Speicher leer ist.

Dies wäre für den Verbraucher eine günstigere Alternative bei Bedarf den Strom extern einzukaufen.

### 3. Messtechnik

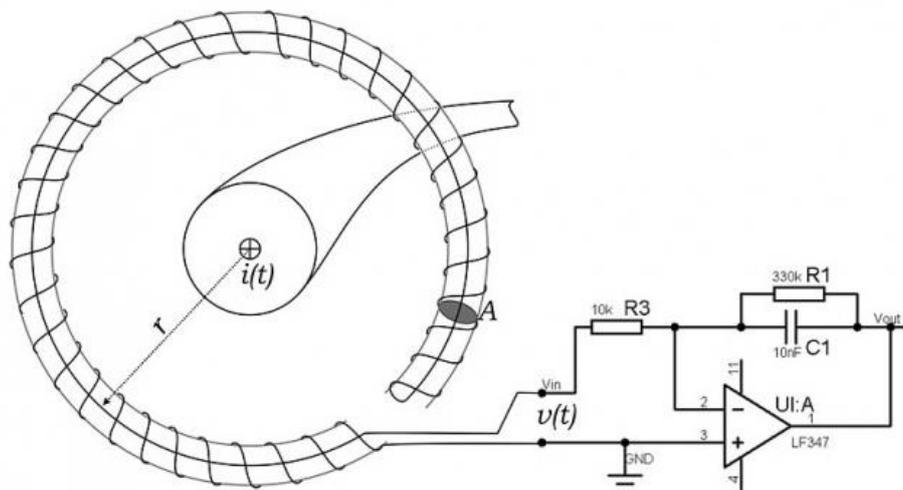
Die Messtechnik ist ein primärer Punkt für einen erfolgreichen Betrieb einer Anlage. Bei einem Betrieb mit einer Stromerzeugung und einem Verbrauch sind hier Stromzähler eine Hauptkomponente. Im folgenden Kapitel werden die nötigen Zählerarten und Messsysteme vorgestellt.

#### 3.1 Stromzähler

Ein Stromzähler, ist nicht wie der Name es vermuten lässt ein Gerät welches, die elektrische Stromstärke misst und anzeigt, sondern die Wirkleistung. Für die Berechnung der Wirkleistung wird die Stromstärke allerdings berücksichtigt, sowie die elektrische Spannung und der Phasenwinkel.

Lange war es üblich Zähler mit elektromechanischen Komponenten, wie z.B. einer Ferraris-Scheibe zu nutzen (10). Diese werden zunehmend durch moderne rein elektronisch arbeitende Zähler ersetzt. Aktuell gibt es drei verschiedene Methoden, welche von elektrischem Zähler genutzt werden:

- Rogowski Spulen
  - Bei diesem Messprinzip läuft der Primärstrom durch einen Leiter, welcher eine Induktionsspule um sich hat. Durch den Fluss in dem Leiter entsteht sich ein drehendes Magnetfeld, welche in der Spule eine Spannung induziert. Das dadurch entstehende Signal wird so aufbereitet, dass ein Abbild des Primärstromes entsteht. (11)



Aufbau einer Rogowskispule mit eingebrachtem stromdurchflossenen Leiter

Abbildung 3: Rogowski Spule (11)

- Nebenschlusswiderständen (Shunt)
  - Zur Messung der Stromstärke wird ein Nebenschlusswiderstand in den Stromkreis geschaltet. Hierdurch entsteht ein Spannungsabfall. Durch den abgefallenen Spannungswert kann der Strom in der Leitung berechnet werden. Dieser Widerstand hat jedoch einen sehr geringen Wert, damit der gemessene Wert darunter eine Beeinflussung hat.

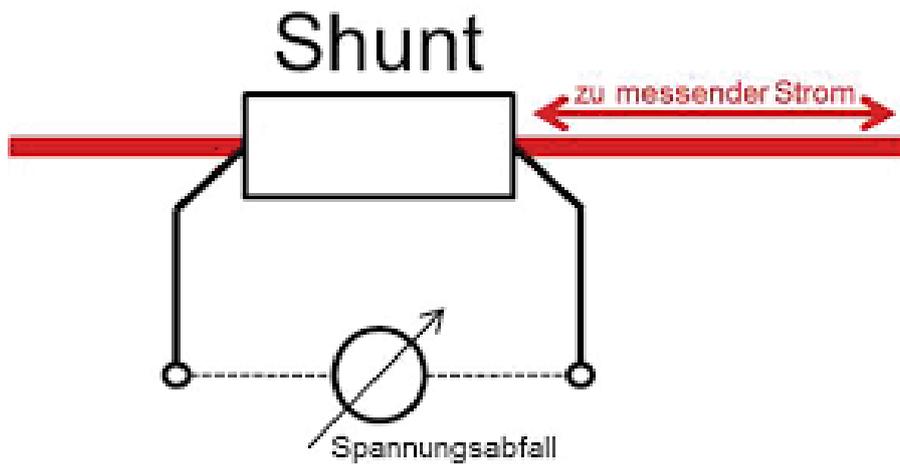


Abbildung 4: Shunt (12)

- Hall-Sensoren
  - Hall-Sensoren nutzen den sogenannten Hall-Effekt. Hierbei fließt der Strom durch eine Hall-Sonde (13). Die Elektronen im Strom erfahren eine Lorentzkraft und werden abgelenkt. Durch die Verschiebung der Ladungen entsteht ein elektrisches Feld. Die Messung dieses Feldes macht eine Berechnung des fließenden Stromes möglich.

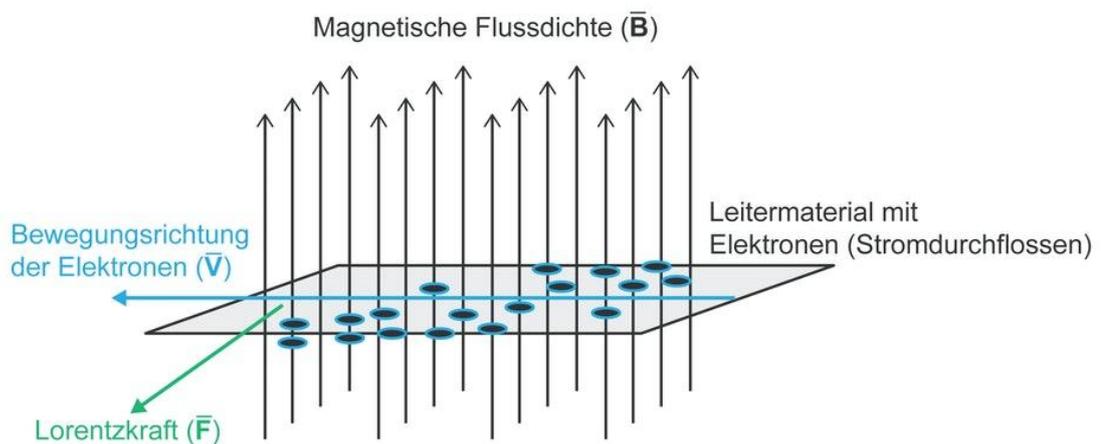


Abbildung 5: Hall-Effekt (13)

### 3.1.1 Bezugszähler

Mit einem Bezugszähler wird die bezogene Leistung direkt angezeigt und je nach Gerät auch gespeichert. Dieser dient als einfacher Zähler um den bezogenen Strom zu messen, welches auch in jedem Haushalt zu finden ist. Je nach jährlichem Stromverbrauch unterscheidet man hier zwischen zwei verschiedenen Modellen.

- **SLP = Standard-Last-Profil**  
Kunden mit einem Verbrauch von weniger als 100.000 kWh nutzen einen SLP-Zähler. Diese werden nur einmal im Jahr abgelesen und dementsprechend verläuft die Abrechnung nur jährlich.
- **RLM = Registrierende Leistungsmessung**  
Über einem Verbrauch von 100.000 kWh muss ein RLM-Zähler verwendet werden. Bei diesem Zähler wird jede 15 Minuten der Zählerstand erfasst. Diese Werte werden am Folgetag an den Netzbetreiber übermittelt. Die Abrechnung erfolgt monatlich. Betreiber einer Photovoltaikanlage von über 100 kWp sind ebenfalls dazu verpflichtet einen RLM-Zähler zu nutzen. (14)

### 3.1.2 Summenzähler

Wer selbst produzierten Strom in das öffentliche Netz einspeist, muss dies mit einem Einspeisezähler aufzeichnen. In der Praxis ist keine vollständige autarkische Nutzung des Photovoltaik-Systems möglich, daher muss stets die Möglichkeit gewährleistet werden Strom zusätzlich einzukaufen. Diese wird von einem Bezugszähler gemessen. Hier bietet sich die Nutzung eines Summenzählers an, welcher auch Zweirichtungszähler genannt wird. Dieser hat für den bezogenen und eingespeisten Strom jeweils getrennte Zählwerke, welche bei den modernen Geräten auch direkt abgelesen werden können.

### 3.1.3 Ertragszähler

Jeder geeichte Stromzähler darf als Ertragszähler für eine Erzeugeranlage genutzt werden. Dieser darf an jeder Stelle des Gebäudes aufgestellt werden.

Mit solch einem Zähler ist die Überwachung des momentan produzierten Stromes für den Betreiber ersichtlich und kann mithilfe eines Sensors für die Einstrahlung Fehler wie defekte

Module ersichtlich machen. Dies ist schnell zu erkennen, wenn beispielsweise bei 20 Modulen nur die Leistung von 19 Modulen erzeugt wird, ist es ein Anzeichen dafür, dass eines der Module defekt sein könnte.

## 3.2 Messtechnik an der Batterie

Die Batterie wird mit einem Management-System permanent überwacht und gesteuert. Der Ladezustand der Batterie wird mittels Spannungsmessung und Coulomb-Zählung überwacht. Management-Systeme von Großspeichern verfügen über einen Coulomb-Zähler, welcher wie der Name es verrät, die Coulombs zählt die in den Akku hinein- und herausfließen. Ein Coulomb wird dadurch definiert, wenn ein Ampere elektrischer Strom durch einen Querschnitt eines Leiters innerhalb einer Sekunde fließt. Daher wird diese auch als Amperesekunde beschrieben. (15) So kann der ganze Stromfluss exakt überblickt werden.

In Abbildung 6 ist das Systemschema eines Quartierspeichers des Projekts Solarbank dargestellt. In dem Projekt aus Mannheim wurde ein Großspeicher auf Lithium-Ionen Basis mit einer Kapazität von 116 kWh von der Firma ads-tec in Zusammenarbeit mit dem Energieversorger MVV Energie mehreren Objekten, welche ihren eigenen produzierten elektrischen Strom von Photovoltaikanlagen und Blockheizkraftwerke in die Batterie einspeisten, zur Verfügung gestellt (16). Das System bietet den Nutzern auch einen Handel des Stromes untereinander an. Da sich dieses Speichersystem auch für das diesige Projekt sehr eignet wird diese als Vorbild genommen.

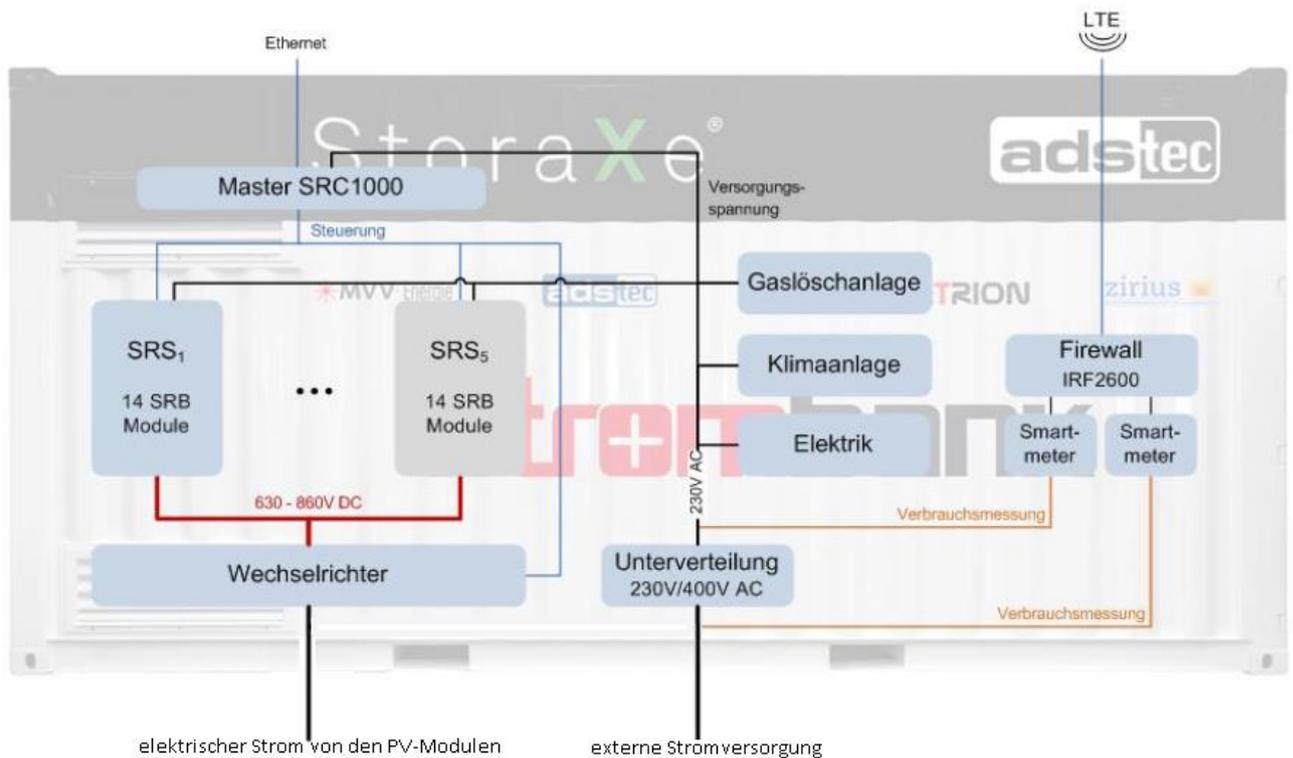


Abbildung 6: Schematischer Aufbau Batteriecontainer von der Solarbank (16)

Wie in der Abbildung 6 zu erkennen werden die Stränge und der Wechselrichter von einem Laderegler gesteuert. In diesem Modell wurde das Master SRC1000 von der Firma ads-tec verwendet. Wird ein Gateway an den Controller angeschlossen, kann dieser die Daten auch weitergeben, so dass auch aus der Ferne der Batteriestatus zu sehen ist.



Abbildung 7: Mastercontroller SRC 1000

Weitere Komponenten des Containers, wie z.B. die Klimaanlage oder das Feuerlöschsystem benötigen für den eigenen Stromverbrauch einen Stromzähler, welcher ebenfalls mit einem Gateway ausgestattet werden kann.

### 3.3 Messtechnik am Modul

Für eine lange Lebensdauer und einen maximalen Ertrag ist es wichtig, während des Betriebes einer Photovoltaik-Anlage, dessen Fehler und Schwachstellen schnell zu erkennen. Hierfür sind die Kennwerte der Einstrahlung und Temperatur am Modul sehr ausschlaggebend.

#### 3.3.1 Einstrahlungssensor

Der Einstrahlungssensor besteht aus einer gewöhnlichen Silizium-Solarzelle, dessen Ausrichtung und Neigungswinkel mit den PV-Modulen übereinstimmt. Durch einen sehr niedrigohmigen Widerstand wird die Zelle Kurzschluss betrieben, welcher proportional zur Bestrahlungsstärke ist. Der Einstrahlungswert wird in  $W/m^2$  angegeben. (17)



Abbildung 8: SPEKTRON 485mb (18)

#### 3.3.2 Temperatursensor

Mit steigender Temperatur sinkt der Wirkungsgrad eines Photovoltaikmoduls, da die Leitfähigkeit eines Metalls auch mit steigender Temperatur abnimmt. Dieses Verhalten wird mit dem Temperaturkoeffizienten dargestellt. Der Temperaturkoeffizient des Kurzschlussstromes, der durch den erwärmten Widerstand entsteht, erzeugt einen Fehler im Sensor. Um diesen Fehler zu reduzieren wird eine Temperaturkompensation, welche im

SPEKTRON 485mb integriert ist, benötigt. Ein Temperatursensor, welche an die Rückseite der Solarzelle angebracht ist, wird hierfür extern angeschlossen. (17)



Abbildung 9: Flächentemperatursensor PT1000 (19)

### 3.4 Produkte auf dem Markt

Folgend werden mehrere Produkte vorgestellt, die schon bei diversen Projekten im Einsatz sind:

- **Digitaler Zähler**



Abbildung 10: Alpha 1440

- Alpha 1440 Wechselstromzähler von Elster Solutions GmbH (20)
- Elektronische Schnittstellen
  - RS485
  - CL0
  - RS232

- **Smart-Meter-Gateway**



Abbildung 11: PPC

- PPC Smart-Meter-Gateway vom Hersteller Power Plus Communications AG (21)
- Hat als erster vom BSI die Zertifizierung für Smart-Meter-Gateways erfüllt
- Erfüllt die Anforderungen des Mess- und Eichgesetzes, der Mess- und Eichverordnung und der PTB-A 50.8.

- **Wechselrichter**



Abbildung 12: SUNNY CENTRAL 250

- SUNNY CENTRAL 250 von SMA (22)
- DC Nennleistung von 263 KW
- AC Nennleistung von 250 KW

- **Zweirichtungszähler**



Abbildung 13: AS2020

- Zweirichtungszähler AS2020 vom Hersteller Honeywell Elster (23)
- Als Zähler für zwei Richtungen mit jeweils eigenem Tarif

### 3.5 Messfehler

Messfehler, auch bezeichnet als Messunsicherheit oder Messabweichungen, sind immer an jeder Messung behaftet, wo physikalische Größen ermittelt werden. (24) In der Praxis gibt es viele Störfaktoren, wie z.B. Temperatur- und Luftdruckunterschiede, externe elektromagnetische Strahlungen, Fehler in der Installation oder Nutzung. Daher gibt es für die Verkehrsfehlergrenze von Elektrizitätszählern drei Genauigkeitsklassen, die für Betriebstemperaturen zwischen  $-10\text{ °C}$  und  $+40\text{ °C}$  liegen. Diese sind die maximal zulässigen Fehler, welche während des Einsatzzeitraumes von Messgeräten auftauchen dürfen. (25)

- Klasse A: zwischen 9% und 10%
- Klasse B: zwischen 5% und 6%
- Klasse C: zwischen 2% und 2,6%

Im privaten Bereich werden aus Kostengründen meist die Klassen A und B verwendet.

Durch moderne Messsysteme können auch neuartige Fehler auftauchen, welche erst bei einer Langzeitnutzung auffallen. Einige dieser Fehler können durch die Nutzung von LEDs oder Wechselrichtern, mit falsch Dimensionierten Filtern entstehen (26). Die Ursache sind hochfrequente Ströme mit einem Frequenzbereich von 2 kHz bis 50 kHz. Hierfür hat der VDE (FNN) 2011 (27) einen Leitfaden für Hersteller erstellt, um Messsysteme mit einer Resistenz gegenüber diesem Fehler zu produzieren. Mehrere Versuche im realen Betrieb haben gezeigt, dass dadurch diese Fehler nicht mehr auftauchen.

## 4. Kommunikation

### 4.1 Gateway

Ein Gateway ist eine Kommunikationseinheit, welches den aktuellen Zählerstand und den Stromverbrauch von verschiedenen Zeiträumen übermitteln kann. Erst mit so einer Kommunikationseinheit wird ein digitaler Zähler zu einem Smart-Meter und ist somit für die Kommunikation und Überwachung des Systems die wichtigste Komponente (28). Hierbei muss ein Gateway über mehrere Schnittstellen verfügen, um mit den verschiedenen Teilnehmern zu interagieren.

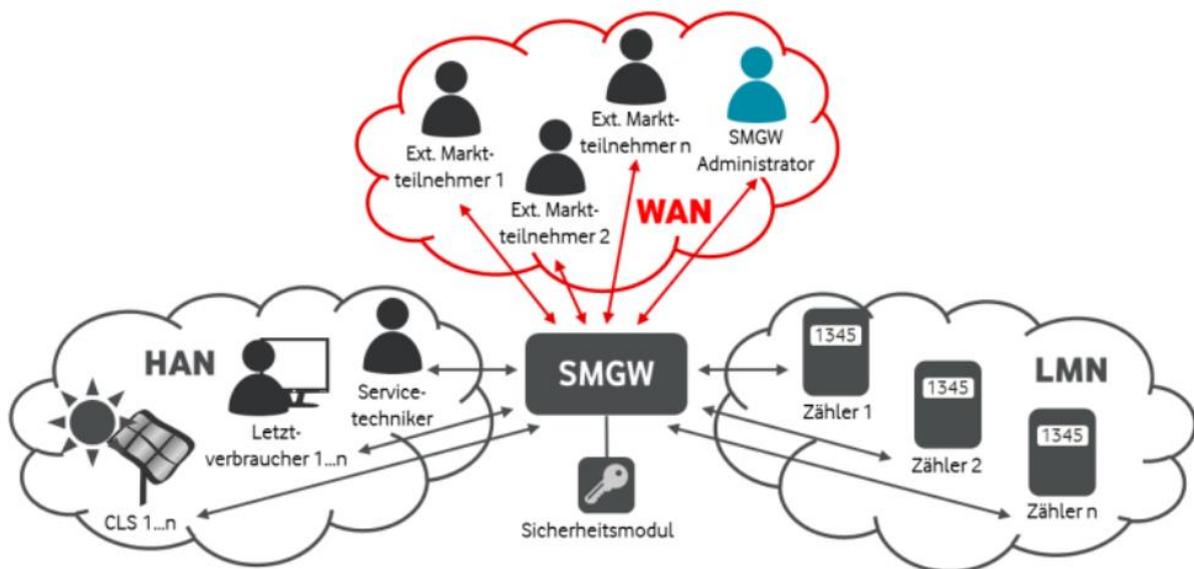


Abbildung 14: Einsatz des Smart-Meter-Gateway (29)

#### 4.1.1 Lokale Metrologische Netz – LMN

In dem Lokal Metrologischen Netz werden verschlüsselte Daten über die Verbrauchswerte oder in das Netz eingespeiste Energiemengen übermittelt. Weitere Daten wie Netzspannung, Frequenz oder der Phasenwinkel kann ebenfalls übermittelt werden. Hierfür werden in regelmäßigen Abständen die Messwerte von dem angeschlossenen Zähler empfangen. Das BMWi empfiehlt dafür eine maximale Periode von 15 Minuten. (30)

Nach Erhalt, Entschlüsselung und Integritätsprüfung der Daten werden diese von dem Gateway mit einem Zeitstempel versehen und in eine Messwertliste gespeichert. Diese können an Berechtigte versendet werden. (31)

## 4.1.2 Das Weitverkehrsnetz – WAN

Das Weitverkehrsnetzwerk dient zum Datenaustausch zwischen dem Gateway, dem Administrator und den externen Marktteilnehmern. Die Verbindung erfolgt dabei stets immer aus der Richtung des Gateways. Von außen kann nur ein Weckdienst von definierten Geräten, welche ein vom Administrator signiertes Datenpaket besitzen, gestartet werden. Aus Sicherheitsgründen ist die Signatur nur für einen kurzen Zeitraum gültig. (31)

## 4.1.3 Das Heimnetz – HAN

Die Han-Schnittstelle dient in der Regel für den Verbraucher oder einem Servicetechniker, den aktuellen Stromverbrauch oder Informationen über den Systemzustand anzuzeigen. Die Verbindung wird über einen gewöhnlichen PC, Tablet oder einem Smartphone aufgebaut. Hierbei werden nur Daten angezeigt. Eine Möglichkeit für die Bearbeitung besteht nicht.

Die angezeigten Daten können von einem Techniker auch zur Diagnose im Falle eines Fehlers helfen. Dieser hat ebenfalls keine Möglichkeit Daten zu bearbeiten, sondern nur zu lesen.

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung dieser Schnittstelle besteht darin, steuerbare oder intelligente Hausgeräte anzuschließen, welche auch von einem externen Marktteilnehmer übernommen werden, um diese über die Ferne zu überwachen oder zu steuern. (31)

## 4.2 Technische Rollen des Smart-Meter-Gateways

In einem Betrieb oder einer Anlage gibt es immer verschiedene Rollen, wie z.B. Kunden, Techniker oder Betreiber. Diese Rollen müssen auch bei einem Gateway klar definiert werden. So können über die verschiedenen Schnittstellen den gewissen Rollen die richtigen Informationen übermittelt werden.

### 4.2.1 Letztverbraucher

Der Letztverbraucher ist die natürliche oder juristische Person, die elektrische Energie erhält oder mit einer Photovoltaikanlage produziert. Über die HAN-Schnittstelle des Gateways muss der Letztverbraucher Daten einsehen können, welche seinen Verbrauch oder Produktion betreffen. Dazu gehört die Konfiguration der Zähler, Auswertungsprofile, Kommunikationsprofile, Zählerstände und Messwertlisten.

Daten von anderen, welche gemeinsam im Quartier sind, dürfen nicht untereinander eingesehen werden. (31)

## 4.2.2 Autorisierte Externe Marktteilnehmer

Als autorisierte externe Marktteilnehmer gelten Verteilnetzbetreiber, der Messstellenbetreiber, der Messdienstleister, der Lieferant und anderweitige befugte Dienstleister. Diese müssen die Daten nur vom Gateway erhalten können, welche durch Auswertprofile vom Administrator aufgestellt sind.

Eine Zugangsberechtigung dieser Marktteilnehmer für die Zähler der LMN oder Messwertlisten sind nicht gestattet. (31)

## 4.2.3 Smart Meter Gateway Administrator

Der Administrator des Gateways hat die Berechtigung für die Steuerung, Überwachung und Konfiguration des Systems. Die Erstellung und Festlegung der Profile gehören ebenfalls zu den Aufgabenbereichen.

Der Administrator ist der einzige, der den Wake Up-Service des Gateways nutzen darf.

## 4.2.4 Servicetechniker

Der Servicetechniker darf lokal die Diagnoseschnittstelle am Gateway nutzen. Diese Berechtigung darf nur im lesenden Zugriff erfolgen. So können Diagnosedaten zur Fehleranalyse erhalten werden. Zu diesen Daten gehört das System-Log des Gateways und Fehlerdiagnose-Informationen.

### 4.3 Konzept der Messwertverarbeitung

Laut dem BSI muss ein Gateway die Daten von mehr als einem Zähler erfassen können. Die Zähler sind über die Geräte-ID identifizierbar und adressierbar. Zählerstände benötigen einen Zeitstempel und die dazu zusammen gehörigen Statusinformationen.

Für die Identifizierung der Zähler müssen OBIS-Kennzahlen verwendet werden. (32)

## 5. Rechtliche Rahmenbedingung

Ziel des folgenden Kapitels ist es, die derzeit bestehenden, rechtlichen Rahmenbedingungen für den Betrieb mit intelligenten Zählern in einem Quartal zu beschreiben.

### 5.1 Installation & Wartung

Für den Einbau, Betrieb, die Wartung und die Eichung aller Stromzähler ist der Messstellenbetreiber zuständig. Diese Pflichten können auch an einen dritten wettbewerblichen Messstellenbetreiber übertragen werden. (33)

### 5.2 Meldepflicht

Wer elektrischen Strom verkauft gilt als Energieversorger und muss folgende Meldepflichten einhalten:

- Meldungen bei der Bundesnetzagentur
  - Einmal im Jahr muss der Energieversorger die gesamten gelieferten Strommengen der Anlage an die Bundesnetzagentur melden (§42 (8) EnWG). Hierfür wird von der Agentur ein Formular gestellt, welches in elektronischer Form zu übermitteln sind. (34)
- Meldungen an Verteilnetzbetreiber
  - Die Endabrechnungen des abgelaufenen Jahres müssen anlagenscharf bis zum 28en Februar nach § 71 EEG 2017 mitgeteilt werden. (34)
  - Ist der Verbrauch höher als 10.000 kWh oder wird Strom erzeugt wird über das intelligente Messsystem, in diesem Fall der Zweirichtungszähler, jeden Tag ein Protokoll, dass den Verbrauch oder die Einspeisung vom Vortag in 15-Minuten-Intervallen übermittelt.
- Meldungen an Übertragungsnetzbetreiber
  - Nach § 60 EEG 2014 müssen bis zum 31.05. eines Jahres die an Letztverbraucher gelieferte Strommenge vom Vorjahr gemeldet werden. (34)
  - Beliefert der Energieversorger einen Stromspeicher im Sinn der Sonderregelung nach § 61k EEG, muss es darüber hinaus sämtliche nach § 61k Abs. 1b Nr. 1 EEG zu erfassenden Strommengen mitteilen (§ 74 Abs. 2 S. 3 EEG). (35)

## 5.3 Pflichten des Anlagenbetreibers

Für einige Komponenten, welche der Betreiber einer Anlage nutzt, gelten einige festgelegte Pflichten.

Nach der DGUV Vorschrift 3 oder nach TRBS 1201 ist folgendes vorgegeben (36)

- Gesamtanlage
  - Eine ortsfeste elektrische Anlage, welche gewerblich genutzt wird, muss laut der DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V.) alle 4 Jahre nach VDE 0105-100; VDE 0100-600 bzw. VDE 0126-23 geprüft werden.
- Wechselrichter
  - Die Betriebsanzeigen sind täglich durch den Betreiber zu kontrollieren.
- System
  - Der Betriebszustand ist per Fernüberwachung oder vor Ort ist durch den Betreiber oder eine Fachkraft täglich zu kontrollieren.
- Zähler
  - Betriebserfassung und Auswertung muss automatisch geschehen, sonst gilt eine monatliche Ertragskontrolle durch den Betreiber oder eine Fachkraft.
- Module
  - Eine monatliche Sichtprüfung der Module durch den Betreiber oder eine Fachkraft.

## 5.4 Quartierspeicher

Bevor genau definiert werden kann was ein Quartierspeicher ist, muss bestimmt werden was rechtlich gesehen genau ein elektrischer Speicher und ein Quartier ist.

### 5.4.1 Speicher

Da sich das Energiewirtschaftsgesetz an nur wenigen Stellen sich genau mit dem Begriff „Speicherung von elektrischer Energie“ auseinandersetzt, gibt es keine einheitliche Verwendung für diesen Begriff.

Elektrische Speicher werden gleichzeitig als Erzeugungsanlagen (vgl. § 3 Nr. 15 EnWG, § 3 Nr. 1 (EEG) 2017) und Letztverbrauchern (vgl. § 3 Nr. 25 EnWG, § 3 Nr. 33 EEG 2017) definiert. Dies hat den Grund, weil „Laden“ und „Entladen“ als zwei getrennte Vorgänge betrachtet werden. Auch die Bundesnetzagentur definiert es so, dass Stromspeicher bei Einspeicherung als Letztverbraucher und bei Ausspeicherung als Erzeugungsanlage sind. Gleichzeitig werden dort Betreiber von Stromspeichern als Betreiber einer Stromerzeugungsanlage im Sinne von § 5 Nr. 12 und § 61 EEG 2017 und als Letztverbraucher des eingespeicherten Stroms behandelt. (37)

Seit dem 1. Januar 2017 gilt aber die besondere Regelung des § 61 Abs. 1 EEG 2017 für Strom der von einem Speicher bezogen wird, um die doppelte Belastung durch den EEG zu vermindern. Die Umlage für das Ausspeichern kann so von der Umlage, welche für den eingespeicherten Strom anfällt, eingespart werden. Speicherverluste sind daher von der EEG-Umlage befreit.

Diese Befreiung erfolgt nur, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind. Alle Ströme, welche in die Batterie ein- und ausfließen sind durch geeichte Zähler physisch zu erfassen. Die virtuelle Berechnung ist nicht erlaubt. Eine weitere Verpflichtung besteht darin, die gespeicherte Energiemenge zu Beginn und zum Ende einer Solidierungsperiode zu erfassen. Die Solidierungsperiode ist das Kalenderjahr, außer wenn der ausgespeicherte Strom nicht komplett zur Eigenversorgung dient, sondern zum Teil auch in das Netz eingespeist wird. In so einem Fall ist die Solidierungsperiode der Kalendermonat. Diese Daten müssen dem Netzbetreiber ordnungsgemäß übermittelt werden. (38)

## 5.4.2 Quartier

Eine einheitliche Definition eines Quartiers ist energierechtlich nicht klar definiert. Im Merkblatt der KfW für die energetische Stadtsanierung gibt es jedoch die Definition:

„Ein Quartier besteht aus mehreren flächenmäßig zusammenhängenden privaten und/oder öffentlichen Gebäuden einschließlich öffentlicher Infrastruktur. Das Quartier entspricht einem Gebiet unterhalb der Stadtteilgröße.“ (39)

## 5.5 Eichung

Wenn ein Messgerät für einen geschäftlichen Verkehr verwendet wird, muss es geeicht werden. Hierbei wird die Genauigkeit des Gerätes überprüft. Im März 2004 wurde vom Europäischen Parlament die Richtlinie MID (Measuring Instruments Directive) herausgegeben. Diese Richtlinie definiert messgerätespezifische Anforderungen für diverse Geräte. Mit einer Konformitätserklärung des Herstellers wird nun die Ersteichung ersetzt. Die landesspezifischen Regelungen für die Eichgültigkeitsdauer (40), gilt danach.

Je nach Gerät gelten hier bestimmte gesetzliche Vorgaben (41) :

- Direktmessende Einphasen- und Mehrphasen-Wechselstromzähler mit Induktionsmesswerk
  - Eichgültigkeit von 16 Jahren
- Einphasen- und Mehrphasen-Wechselstromzähler mit Induktionsmesswerk als Messwandler Zähler
  - Eichgültigkeit von 12 Jahren
- Einphasen- und Mehrphasen-Wechselstromzähler mit elektronischem Messwerk für direkten Anschluss und Anschluss an Messwandler ("Elektronische Stromzähler")
  - Eichgültigkeit von 8 Jahren
- Smart-Meter-Gateway:
  - Eichgültigkeit von 13 Jahren

Um eine Zulassung für die MID zu erhalten, ist der Hersteller verpflichtet mehrere Anforderungen zu erfüllen. Hierfür wird eine beliebige autorisierte Zulassungsstelle ausgesucht, welche den Herstellungsprozess überwachen und bescheinigen, wenn alle Anforderungen erfüllt sind.

## 6. Technische Richtlinien für Komponenten

Technische Richtlinien geben einen Sicherheitsstandard an, um einen fehlerarmen und zuverlässigen Betrieb der Komponenten zu führen. Hierfür sind vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik mehrere Richtlinien angegeben. (42)

### 6.1 Smart-Meter-Gateway

Zusätzlich zu den bereits genannten Funktionalitäten hat das Smart-Meter-Gateway weitere Aufgaben zu erfüllen.

#### 6.1.1 Zeitsynchronisation

Bei fehlender Zeitsynchronisation können in einem Netzwerk viele Fehler vorkommen, deren Ursache nicht immer geklärt werden kann. (43) Hierfür muss die Systemuhr des Gateways stets synchronisiert werden, indem sie mit einem autorisiertem Zeitserver verbunden wird.

#### 6.1.2 Kryptographische Funktionen

Um die sicherheitstechnischen Aufgaben wie Signaturerzeugung, Signaturprüfung und Generierung von Schlüsseln bzw. wird für Gateways ein Sicherheitsmodul benötigt, welches die Anforderungen der technischen Richtlinie BSI TR-03109-2 (44) erfüllen muss. Wichtig ist, dass das Sicherheitsmodul keinen gemeinsamen Speicher mit dem Gateway hat, sondern einen eigenen.

### 6.1.3 Protokollierung

Die Tätigkeiten des Gateways werden in drei verschiedene Log-Bereiche unterteilt (31) :

- System-Log
  - Im System-LOG werden bedeutende Vorkommnisse, wie z.B. Fehlermeldungen, sicherheitsrelevante Ereignisse oder Handlungen des Administrators protokolliert. Diese können nur vom Administrator selbst oder einem von ihm autorisierten Service-Techniker lokal eingesehen werden, um den aktuellen Status abzurufen oder Fehlerquellen anzuzeigen.
  
- Letztverbraucher-Log
  - Über den Letztverbraucher-Log kann ein authentifizierter und autorisierter Letztverbraucher die für ihn betreffenden Informationen über die HAN-Schnittstelle abrufen. Hier sind die Transaktionen des Gateways wie z.B. eigene Messwerte protokolliert. Aus Sicherheitsgründen hat der Administrator keinen Zugriff darauf.
  
- Eichtechnisches Logbuch
  - Im eichtechnischen Logbuch werden eichtechnische Besonderheiten (z.B. erkannte Verfälschungen von Messungen, missglückte Zeitsynchronisierungen) aufgenommen.  
Werden eichtechnische Parameter wie das Stellen der Geräteuhr verändert, müssen diese in dem eichtechnischen Logbuch registriert werden. Diese können nur von dem Administrator eingesehen, können aber bei Bedarf den Eichbehörden zur Verfügung gestellt werden.

### 6.1.4 Messperiode

Laut BSI muss ein Smart-Meter-Gateway mindestens eine Auflösung von 5 Minuten als kleinste Messperiode unterstützen. Kürzere Zeiträume dürfen nur genutzt werden, wenn eine Abweichung zur gesetzlichen Zeit unter 3% der Messperiode beträgt. So wäre z.B. bei einer Messperiode von 5 Minuten eine Abweichung von 9 Sekunden zulässig. Ist die Abweichung größer muss der Administrator vom Gateway darüber informiert werden.

### 6.1.5 Public-Key-Infrastruktur für Smart-Meter-Gateways

Die technische Richtlinie BSI TR-03109-4 gibt Vorgaben darüber, wie die Authentizität der Rollen, mittels den eingesetzten öffentlichen Schlüsseln sichergestellt wird. Der Nachweis wird mit digitalen Zertifikaten verwirklicht. (45)

### 6.1.6 Kommunikationsadapter

Die BSI TR-03109-5 beschreibt wie Adapterlösungen zur Ankopplung von steuerbaren Systemen an das Gateway realisiert werden kann. (31)

## 6.2 Energiemanagementsystem

In der VDI 4602 Richtlinie wird zusammengefasst, welche Anforderungen ein EMS haben sollte. Die Hauptaufgabe besteht darin, die vorhandenen Energieströme effektiv zu koordinieren. Durch solch eine Koordination soll eine wirtschaftliche und umweltschutzbasierte Energieeffizienz angestrebt werden. Technische Stabilität und Versorgungssicherheit steht dabei ebenfalls im Vordergrund. (46)

Mithilfe von einem Monitoringsystem kann ein EMS auch zu abrechnungszwecken genutzt werden und ist in einem Quartier somit ein wichtiges Bindeglied zwischen Verbraucher und Betreiber.

## 6.3 Batterie

Ein Batteriespeichersystem einer solchen Photovoltaikanlage benötigt für eine optimale Ein- und Ausspeicherung ein eigenes Management-System mit einem Wechselrichter. Ein Umrichter ist ebenfalls nötig, damit die Batterie mit der richtigen Spannung optimal beladen werden kann. (47)

Bei ordnungsgemäßem Betrieb geht von einer Lithium-Ionen-Batterie laut Umweltbundesamt keine Gefahr aus. Jedoch können gewisse Fehler schwerwiegende Folgen mit sich ziehen. Mechanische Beschädigungen an der Batterie können dazu führen,

dass gesundheitlich schädliche Stoffe austreten. Eine Überhitzung, aufgrund fehlender Klimatisierung, wäre eine Fehlerquelle für einen Brand. (47)

## 6.4 Standort & Konstruktion

Nach dem VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen) sind für den Bau von Großspeichern einige Regelungen und Empfehlungen gegeben, welche beim Bau und Platzierung einer solcher Batterie beachtet werden müssen. So ist beim Bau zu beachten, ob am Standort Umwelteinflüsse wie Erdbeben, Überflutungsgefahr oder Korrosionsgefahr (z.B. bei hoher Salzkonzentration in der Luft) bestehen und diese durch entsprechende Maßnahmen verhindern. Zusätzlich dazu muss die DIN EN 60529 (Schutz vor Staub, Berührung und Wasser) eingehalten werden.

Es ist zu vermeiden in der unmittelbaren Nähe von Brand- und Gefahrstoffstätten zu bauen. Ist dies aber nicht zu verhindern sollte eine Feuerschutzklasse (F) für den Speicher berücksichtigt werden. Für einen Brand im inneren des Containers ist eine Flucht aus dem Raum zu gewährleisten.

Je nach Bauweise des Speichers sind Lärmemissionen gegeben, welche gegebenenfalls von einer Zulassungsstelle nach TA Lärm überprüft werden müssen, da tagsüber in reinen Wohngebieten nur 50 dB und nachts 35 dB erlaubt sind. (48)

Aus Sicherheitsgründen darf der Zutritt, mit Hilfe einer Zugangsbeschränkung, nur befugtem Personal gestattet werden. Dementsprechend ist die Bauart nach „VdS 5478 Türen und Fenster“ und die DIN EN 2262 (Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel gegen äußere mechanische Beanspruchungen) vorgegeben, um das System auch vor Vandalismus zu schützen. (49)

### 6.4.1 Betrieb & Speichersystem

Für einen sicheren Betrieb der Batterie benötigen die zusätzlichen Komponenten eine unterbrechungsfreie externe Stromversorgung, da eine Energieversorgung durch die Photovoltaikmodule nicht immer zu vollständig gewährleistet werden kann.

Alle elektrischen Geräte und Anlagen im inneren des Containers benötigen ein Blitz- und Überspannungsschutz nach DIN VDE 0184. (50)

## 6.4.2 Klimatechnik

Einer der wichtigsten Parameter bei einer Batterie ist neben dem Energiegehalt ist dessen Temperatur. Hierfür müssen die vom Hersteller des Batteriesystems empfohlenen Temperaturen im Inneren des Containers mittels einer Klimaanlage eingehalten werden. Der Ausfall der Klimaanlage ist auch zu berücksichtigen, daher ist eine ausreichende Luftzufuhr- und Zirkulation einzuhalten.

## 6.4.3 Sicherheit

Da das Risiko für einen Brand in elektrischen Betriebsräumen immer besteht, ist ein Brandschutzkonzept beispielsweise in Form einer Sprinkleranlage einzurichten oder ein Löschesystem je nach Batterietyp. Lithium-Ionen-Batterien können mit Aerosol gelöscht werden. (51)

Eine Absprache mit der ortsansässigen Feuerwehr mit einer Abnahme und Vorlage einer Safety Data Sheet, welche ein Dokument mit sicherheitsbezogenen Informationen über alle Chemikalien innerhalb des Containers ist, kann je nach Brandrisiko ebenfalls nötig sein. (52)

## 7. Funktionale Anforderungen

Wie in der TR-03109-1 beschrieben, sind zu allen Schnittstellen eines SMGW die entsprechenden Kommunikationsprotokolle angeben. Um auch in einem unsicheren Netzwerk die Daten Vertraulich und sicher zu übermitteln, wird als Basisprotokoll für alle Schnittstellen das Transport Layer Security (TLS) genutzt. (31)

- WAN-Schnittstelle
  - Hier wird die Nutzung von Web Services und XML-basierten Datenformaten (RESTful Web Services und COSEM-basiertes Objektmodell) gefordert.
- LMN-Schnittstelle
  - Drahtgebunden
    - Hier wird zusätzlich zu dem TLS-Protokoll noch HDLC, SML und COSEM mittels einer auf EIA-485 basierenden BUS gefordert.
  - Drahtlos
    - Hier wird der Einsatz eines Wireless M-BUS gefordert
- HAN-Schnittstelle
  - Hier wird zusätzlich zu dem TLS noch DHCP und TCP/IP Protokoll gefordert.

Des Weiteren wird noch eine Zeitsynchronisation zwischen Gateway und dem Administrator, Vorgaben zum Einbau des Sicherheitsmoduls und dem Pairing mit dem Gateway-Prozessor, sowie dem Logging von system- und eichrechtlich relevanten Ereignissen gefordert.

## 8. Datenschutz und Datensicherheit

Mit der Digitalisierung kam auch das Thema des Datenschutzes. Vor allem in einem Bereich, wo es abrechnungsrelevante Informationen gibt, wird ein hoher Standard der Sicherheit angefordert. Folgend werden Möglichkeiten beschrieben, ein Gateway so sicher wie möglich zu betreiben.

### 8.1 Schutzprofil

In einem Schutzprofil sind die Eigenschaften für einen geschützten Betrieb geregelt. Der Aufbau eines solchen Profils ist in den Common Criteria festgelegt. Die Common Criteria ist eine internationale Vorgabe, welche Sicherheitseigenschaften von IT-Produkten regelt. (53)

### 8.2 Bedrohungslage

Zu den Aufgaben eines Schutzprofil des Smart-Meter-Gateways gehört es Ausspähung, sowie Manipulation, von Hackern, sei es lokal oder über das Netz, zu erkennen und zu unterbinden. Besonders abrechnungsrelevante Daten sind gut zu schützen. Deswegen ist ein besonderer Wert auf Angriffe aus dem WAN zu beachten. (31)

### 8.3 Sicherheitsziele

Die Einhaltung von gewissen Sicherheitszielen können diesen Angriffen entgegenkommen. Ein wichtiger Punkt ist hierbei, dass die Schnittstellen des Gateways gegeneinander mithilfe eines Firewalls abgeschottet sind. Zusätzlich dürfen Kommunikationsverbindungen, nach einer gegenseitigen Authentifizierung, nur von innen nach außen aufgebaut werden. Dies muss immer verschlüsselt getätigt werden. (31)

## 9. Fazit

Alle vorgestellten Modelle in dieser Ausarbeitung wurden, wenn auch in einer anderen Form oder anders dimensioniert, schon eingesetzt. Damit dies aber rechtlich problemlos in einem Quartier umgesetzt werden kann, fehlen noch einige Bundeseinheitliche Regelungen was genau ein Quartier ist und wie diese, im Zusammenhang mit dezentraler Energieerzeugung in das Netz integriert werden können. Für die technische Umsetzung des Messkonzeptes sind alle Komponenten schon auf dem Markt und erfüllen auch alle die Richtlinien. Vor allem die Pflicht bis 2032 alle konventionellen Zähler in Deutschland durch intelligente zu ersetzen, hat den Markt hierfür angekurbelt. Auch die Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber dezentraler Stromversorgung und intelligenter Messeinrichtungen ist gestiegen, wie z.B. das Mannheimer Projekt „Strombank“ es zeigt, da die Nutzung solcher Technik auch für den Endverbraucher immer profitabler wird.

## 10. Ausblick

Die Messung der Ströme in einem Quartier stellt mit der heutigen Technik keine Probleme mehr da, jedoch mangelt es noch in der Gesetzesebene und an Bauprojekten, die solch ein Vorhaben anstreben. Dabei bietet so ein Quartal nicht nur Vorteile für die Nutzer, sondern bietet eine Möglichkeit das Stromnetz zu entlasten. Weitere Möglichkeiten, wie z.B. eine zusätzliche Installation einer Ladestation für elektrische Fahrzeuge, wäre eine Möglichkeit den Kauf solcher Fahrzeuge weiter zu fördern und die Energiewende um einen Schritt weiterzuführen.

# Literaturverzeichnis

1. Umweltbundesamt. Erneuerbare Energien in Deutschland Daten zur Entwicklung im Jahr 2019. [Online] [Zitat vom: 29. 06 2020.]

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-03\\_hgp-ee-in-zahlen\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-03_hgp-ee-in-zahlen_bf.pdf).

2. wegatech greenergy GmbH. Preisentwicklung und aktuelle Preise von Stromspeichern. [Online] wegatech greenergy GmbH. [Zitat vom: 23. 08 2020.]

<https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/kosten-und-wirtschaftlichkeit/stromspeicherpreisentwicklung/>.

3. Justiz, Bundesamt für. Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen (Messstellenbetriebsgesetz - MsbG). [Online] Bundesamt für Justiz. [Zitat vom: 06. 07 2020.] [https://www.gesetze-im-internet.de/messbg/\\_\\_2.html](https://www.gesetze-im-internet.de/messbg/__2.html).

4. SimplyScience Stiftung. Wie entsteht Strom aus Sonnenlicht? [Online] SimplyScience Stiftung. [Zitat vom: 27. 07 2020.] <https://m.simplyscience.ch/teens-liesnach-archiv/articles/wie-entsteht-strom-aus-sonnenlicht.html>.

5. Energie, Bundesministerium für Wirtschaft und. Mieterstrom: Energiewende im eigenen Haus. [Online] <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/mieterstrom.html>.

6. Vom Mieterstrom zur Quartiersversorgung. [Online]

[https://www.vku.de/fileadmin/user\\_upload/Verbandsseite/Themen/Energiewende/180620\\_Broschuere\\_Mieterstrom\\_final.pdf](https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Themen/Energiewende/180620_Broschuere_Mieterstrom_final.pdf).

7. Thomas Schellenberg, Dr. Reinhard Loch, Jana Meier. Mieterstrom – Chancen für die Energiewende. [Online] [Zitat vom: 12. 08 2020.]

<https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/2017-11/VZ-NRW-Mieterstrom-2.pdf>.

8. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Mieterstrom: Energiewende im eigenen Haus. [Online] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. [Zitat vom: 23. 07 2020.]

<https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/Mieterstrom/mieterstrom.html>.

9. Solarthemen Media GmbH. Mieterstrom. [Online] Solarthemen Media GmbH. [Zitat vom: 20. 08 2020.] <https://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/mieterstrom/>.

10. Stromnetz Berlin GmbH. Wie wird elektrische Energie gemessen? [Online] Stromnetz Berlin GmbH. [Zitat vom: 23. 06 2020.] <https://www.stromnetz.berlin/technik-und-innovationen/wie-funktioniert-ein-zahler>.

11. GmbH, COSINUS Messtechnik. Rogowski-Stromschleifen. [Online] COSINUS Messtechnik GmbH. [Zitat vom: 08. 07 2020.] <https://www.cosinus.de/produkte/rogowski-stromschleifen/>.

12. Benjamin Seel, Peter Schneider. Shuntbasierte Stromsensoren für die Antriebstechnik. [Online] [Zitat vom: 13. 07 2020.] <https://www.ama-science.org/proceedings/getFile/ZwDkAj==>.

13. Was ist eine Hall-Sonde? [Online] Webcraft GmbH. [Zitat vom: 12. 07 2020.]

<https://www.supermagnete.de/magnetismus/hallsonde>.

14. RLM-Zähler. [Online] Interconnector GmbH. [Zitat vom: 14. 07 2020.] [https://www.interconnector.de/wissen/rlm-zaehler/#Wer\\_kann\\_einen\\_RLM-Zaehler\\_verwenden](https://www.interconnector.de/wissen/rlm-zaehler/#Wer_kann_einen_RLM-Zaehler_verwenden).
15. Jürgen Eichler, Andreas Modler. *Physik für das Ingenieurstudium*. s.l. : Springer-Verlag, 2018.
16. Rhobert Thomann, Yasmin Lachmann, Oliver Pahl. Strombank: Innovatives Betreibermodell für Quartierspeicher. [Online] [Zitat vom: 10. 08 2020.] [https://www.mvv.de/fileadmin/user\\_upload/Ueber\\_uns/de/Strombank\\_Abschlussbericht\\_2016.pdf](https://www.mvv.de/fileadmin/user_upload/Ueber_uns/de/Strombank_Abschlussbericht_2016.pdf).
17. CHRISTIAN LEERS, PETER PAPENDORF. Photovoltaik unter Kontrolle. [Online] pv magazine group GmbH & Co. KG. [Zitat vom: 29. 07 2020.] <https://www.pv-magazine.de/archiv/photovoltaik-unter-kontrolle/>.
18. GmbH, TRIENERGY Deutschland. Silizium-Sensoren zur Messung der solaren Einstrahlung. [Online] TRIENERGY Deutschland GmbH . [Zitat vom: 29. 07 2020.] <https://www.tritec-energy.com/de/sensoren/spektron-einstrahlungssensoren/>.
19. AG, TRIENERGY Schweiz. Temperatursensor PT1000. [Online] TRIENERGY Schweiz AG. [Zitat vom: 28. 07 2020.] <https://www.tritec-energy.com/de/sensoren/tritec-temperatursensoren-pt1000/>.
20. Energie Wasser Bern . Anleitung und Bedienung Drehstromzähler Elster AS1440 . [Online] [Zitat vom: 24. 06 2020.] <https://www.ewb.ch/EnergieWasserBern/media/content/PDFs/Anleitungen/anleitung-elster-AS1440.pdf>.
21. Power Plus Communications AG. Smart Meter Gateways. [Online] Power Plus Communications AG. [Zitat vom: 24. 06 2020.] <https://www.ppc-ag.de/produkte-services/smart-meter-gateways/>.
22. SMA. Zentral-Wechselrichter. [Online] [Zitat vom: 14. 08 2020.] <https://files.sma.de/downloads/SC-BDE100262.pdf>.
23. LEINENETZ. Kurzbeschreibung des Zählers AS2020 von Honeywell Elster. [Online] [Zitat vom: 26. 08 2020.] [https://www.leinenetz.de/\\_Resources/Persistent/c/9/3/3/c933e58036132e5877afe92484780b6af7892ceb/LN%20Beschreibung%20AS2020.pdf](https://www.leinenetz.de/_Resources/Persistent/c/9/3/3/c933e58036132e5877afe92484780b6af7892ceb/LN%20Beschreibung%20AS2020.pdf).
24. Universität Potsdam. Messunsicherheiten. [Online] [Zitat vom: 14. 07 2020.] [https://www.uni-potsdam.de/u/phys\\_gprakt/html/doc/Messunsicherheiten.pdf](https://www.uni-potsdam.de/u/phys_gprakt/html/doc/Messunsicherheiten.pdf).
25. Jünger, Franz-Josef. Fehlergrenzen von Strom- und Gaszählern. [Online] Landesbetrieb Mess- und Eichwesen Nordrhein-Westfalen. [Zitat vom: 21. 07 2020.] [https://www.energieverbraucher.de/de/eich--und-fehlergrenzen\\_\\_746/NewsDetail\\_\\_6414/](https://www.energieverbraucher.de/de/eich--und-fehlergrenzen__746/NewsDetail__6414/).
26. Heise Medien GmbH & Co. KG. Starke Messfehler bei Smart Meter. [Online] Heise Medien GmbH & Co. KG. [Zitat vom: 13. 08 2020.] <https://www.heise.de/select/ct/2017/7/1490969807376118>.
27. VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. Qualitätssicherung beim intelligenten Messsystem. [Online] [Zitat vom: 13. 08 2020.]

<https://www.vde.com/resource/blob/1624864/69d9f6e7f9fa3fb14bcc339646230864/vde-fnn-intelligentes-messsystem-flyer-data.pdf>.

28. Santiago, Pablo. Digitale Stromzähler versus intelligente Zähler. [Online] Discovery GmbH , 10. 04 2020. [Zitat vom: 29. 06 2020.] <https://discovery.com/blog/digitale-stromzaehler#unterschied>.

29. Christoph Müller, Ingo Willimowski. Kommunikations-Infrastruktur für die Digitalisierung der Energiewende. [Online] [Zitat vom: 03. 07 2020.] [https://www.hs-osnabrueck.de/fileadmin/HSOS/Forschung/Recherche/Laboreinrichtungen\\_und\\_Versuchsbe-triebe/Labor\\_fuer\\_Hochfrequenztechnik\\_und\\_Mobilkommunikation/Mobilkomtagung/2017/Vo-rraege/12\\_Ingo\\_Willimowski.pdf](https://www.hs-osnabrueck.de/fileadmin/HSOS/Forschung/Recherche/Laboreinrichtungen_und_Versuchsbe-triebe/Labor_fuer_Hochfrequenztechnik_und_Mobilkommunikation/Mobilkomtagung/2017/Vo-rraege/12_Ingo_Willimowski.pdf).

30. Ernst & Young GmbH. Kosten-Nutzen-Analyse für den flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler. [Online] [Zitat vom: 21. 07 2020.] [https://www.cr-online.de/BMWi-Studie\\_zur\\_Kosten-Nutzen-Analyse\\_fuer\\_einen\\_flaechendeckenden\\_Einsatz\\_intelligenter\\_Zaehler\\_Stand\\_Juli\\_2013.pdf](https://www.cr-online.de/BMWi-Studie_zur_Kosten-Nutzen-Analyse_fuer_einen_flaechendeckenden_Einsatz_intelligenter_Zaehler_Stand_Juli_2013.pdf).

31. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik - BSI. Das Smart-Meter-Gateway. [Online] [Zitat vom: 23. 07 2020.] [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Smart-Meter-Gateway.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=11](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Smart-Meter-Gateway.pdf?__blob=publicationFile&v=11).

32. EDI@Energy Codeliste der OBIS-Kennzahlen für den deutschen Energiemarkt. [Online] [Zitat vom: 24. 07 2020.] [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/BK06/BK6\\_81\\_GPKE\\_GeLi/Mitteilung\\_nr\\_62/Anlagen/Codeliste\\_OBIS\\_Kennzahlen\\_2.2g.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/BK06/BK6_81_GPKE_GeLi/Mitteilung_nr_62/Anlagen/Codeliste_OBIS_Kennzahlen_2.2g.pdf?__blob=publicationFile&v=2).

33. Bundesnetzagentur. Moderne Messeinrichtungen / Intelligente Messsysteme. [Online] Bundesnetzagentur. [Zitat vom: 23. 08 2020.] [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/Metering/SmartMeter\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/Metering/SmartMeter_node.html).

34. Mieterstrom: Welche administrativen Anforderungen sind Pflicht für die Anmeldung und den Betrieb von Mieterstromprojekten? [Online] Discovery GmbH. <https://discovery.com/mieterstrom/administrative-anforderungen>.

35. Elektrizitätsversorgungsunternehmen. [Online] Bundesnetzagentur. [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Datenerhebung\\_EEG/EVU/Daten\\_EEG\\_EVU\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Datenerhebung_EEG/EVU/Daten_EEG_EVU_node.html).

36. Krug, Dr.-Ing. Florian. Prüfung von PV-Anlagen nach DGUV Vorschrift 3. [Online] elektrofachkraft.de. <https://www.elektrofachkraft.de/pruefung/pruefung-von-pv-anlagen-nach-dguv-vorschrift-3>.

37. Swantje Gährs, Jan Knoefel, Noelle Cremer. Energiespeicherdienste für smarte Quartiere . [Online] [https://www.esquire-projekt.de/data/esquire/Datein/Arbeitspapier\\_Politische\\_Zielsetzungen\\_und\\_rechtlicher\\_Rahmen\\_fuer\\_Quartierspeicher-aktualisiert.pdf](https://www.esquire-projekt.de/data/esquire/Datein/Arbeitspapier_Politische_Zielsetzungen_und_rechtlicher_Rahmen_fuer_Quartierspeicher-aktualisiert.pdf).

38. Bayernwerk Netz GmbH. EEG-Umlagepflicht für Stromspeicher. [Online] [Zitat vom: 02. 08 2020.] <https://www.weka.de/energie/stromspeicher-schwieriger-rechtlicher-rahmen/>.

39. KfW. Merkblatt - Energetische Stadtsanierung. [Online] [Zitat vom: 07. 08 2020.] [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf).
40. Stachelhaus, Thomas. Stromzähler. [Online] CampConcept. [Zitat vom: 23. 07 2020.] <https://fernauslese.de/anleitung/stromzaehler/>.
41. mgm consulting partners. Auswirkungen der Kosten-Nutzen-Analyse auf die Smart-Meter Welt. [Online] [Zitat vom: 03. 08 2020.] [https://www.mgm-cp.com/wp-content/uploads/20131107-Zusammenfassung\\_KNA.pdf](https://www.mgm-cp.com/wp-content/uploads/20131107-Zusammenfassung_KNA.pdf).
42. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik . [Online] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik . [Zitat vom: 23. 08 2020.] [https://www.bsi.bund.de/DE/Publikationen/TechnischeRichtlinien/technischerichtlinien\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Publikationen/TechnischeRichtlinien/technischerichtlinien_node.html).
43. NTP: Warum die Zeit im Netzwerk so wichtig ist. [Online] soft-management. [Zitat vom: 01. 08 2020.] <http://www.soft-management.net/wp/2013/03/ntp-warum-die-zeit-im-netzwerk-so-wichtig-ist/>.
44. Smart Meter Gateway – Anforderungen an die Funktionalität. [Online] [Zitat vom: 02. 08 2020.] [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR-03109-2-Anforderungen\\_an\\_die\\_Funktionalitaet.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR-03109-2-Anforderungen_an_die_Funktionalitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=3).
45. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Smart Metering PKI - Public Key Infrastruktur für Smart Meter Gateway. [Online] [Zitat vom: 28. 07 2020.] [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR-03109-4\\_PKI.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeRichtlinien/TR03109/TR-03109-4_PKI.pdf?__blob=publicationFile&v=3).
46. WEKA MEDIA GmbH & Co. KG. Warum Energiemanagement? [Online] [Zitat vom: 25. 08 2020.] <https://www.energiemanagement-und-energieeffizienz.de/informationen/energiemanagement/>.
47. Kathrin Graulich, Inga Hilbert, Christoph Heinemann. Einsatz und Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Batteriespeichern in Kombination mit Stromsparen. [Online] 21. 03 2018. [Zitat vom: 25. 07 2020.] <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/PV-Batteriespeicher-ETT-Information.pdf>.
48. Schallschutz bei Wärmepumpen: Grenzwerte und Berechnungsgrundlagen. [Online] Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG. [Zitat vom: 03. 08 2020.] <https://www.haustec.de/heizung/waermeerzeugung/schallschutz-bei-waermepumpen-grenzwerte-und-berechnungsgrundlagen>.
49. VdS Schadenverhütung GmbH. FENSTER UND TÜREN - Funktionalität und Sicherheit. [Online] [Zitat vom: 02. 08 2020.] [https://www.vds-home.de/fileadmin/publikationen/vds\\_5478\\_k-einbruch.pdf](https://www.vds-home.de/fileadmin/publikationen/vds_5478_k-einbruch.pdf).
50. Peter Zahlmann, Josef Birkel. Installationsvorschriften für Überspannungsschutzeinrichtungen. [Online] [Zitat vom: 27. 08 2020.]

<https://www.vde.com/resource/blob/968810/eafe524dff0d5811c04dc193b9737b0/installationvorschriften-fuer-ueberspannungsschutzeinrichtungen-data.pdf>.

51. Wetrax GmbH. Lithium-Ionen Batterien. [Online] Wetrax GmbH. [Zitat vom: 06. 08 2020.] <https://www.wetraxgmbh.de/lithiumionen-batterien>.

52. LA-CO Industries,. SAFETY DATA SHEETS. [Online] LA-CO Industries. [Zitat vom: 26. 08 2020.] [http://de.markal.com/resources\\_de/material-safety-data-sheets/](http://de.markal.com/resources_de/material-safety-data-sheets/).

53. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Gemeinsame Kriterien für die Prüfung und Bewertung der Sicherheit von Informationstechnik. [Online] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. [Zitat vom: 28. 07 2020.] [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ZertifizierungundAnerkennung/Produktzertifizierung/ZertifizierungnachCC/ITSicherheitskriterien/CommonCriteria/commoncriteria\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ZertifizierungundAnerkennung/Produktzertifizierung/ZertifizierungnachCC/ITSicherheitskriterien/CommonCriteria/commoncriteria_node.html).

54. Kreuzburg, Michael. Rechtliche & marktorganisatorische Anforderungen an den P2P-Stromhandel. [Online] [http://www.explore-ip.com/2018\\_P2P-Stromhandel.pdf](http://www.explore-ip.com/2018_P2P-Stromhandel.pdf).

55. Eichstempel abgelaufen? Was tun? [Online] Bund der Energieverbraucher. [Zitat vom: 11. 07 2020.] [https://www.energieverbraucher.de/de/site\\_\\_1061/](https://www.energieverbraucher.de/de/site__1061/).