



Zuschuss eines Verteilnetzbetreibers für Batteriespeicher von Photovoltaikanlagenbetreibern

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Fakultät für Maschinen-
bau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name:

Lohr

Vorname:

Clemens



Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner



Hannover, den 20. Dezember 2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1. Einleitung	1
1.1 Motivation und Relevanz	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2. Grundlagen	5
2.1 Wirtschaftlichkeit von Batteriespeichern	5
2.2 Stromverteilnetz	8
2.2.1 Veränderung der Versorgungsstruktur	9
2.2.2 Konventioneller Netzausbau	11
2.2.3 Innovative Alternativen zum konventionellen Netzausbau	13
2.3 Intelligente Betriebsführung von Batteriespeichern	15
2.3.1 Konventionelle Betriebsführung	16
2.3.2 Netzdienliche Betriebsführung	17
3. Modellierung der Netzdienlichkeit	20
3.1 Parameter netzdienlicher Betriebsführung	20
3.1.1 Auswahl der netzdienlichen Betriebsführung	20
3.1.2 Alternative Reduktionspotenziale der Einspeisespitze	23
3.1.3 Bestimmung der Einspeiseleistungsobergrenze	25
3.2 Technisch-ökonomisches Modell	30
3.2.1 Minderung der Energiespeicherung	30
3.2.2 Ökonomische Betrachtung	32
4. Ergebnisse	36
4.1 Festgesetzte Einspeiseleistungsobergrenze einer PV-Anlage	36
4.2 Verluste infolge netzdienlicher Betriebsführung	40
4.3 Höhe eines nötigen Zuschusses des Verteilnetzbetreibers	42
5. Bewertung und Einordnung der Ergebnisse	45
5.1 Kritische Bewertung der Ergebnisse	45
5.2 Grenzen der Arbeit	47

5.3 Vergleich der gewählten Betriebsführung im Gesamtkontext	47
6. Handlungsempfehlung.....	51
7. Fazit und Ausblick	53
Literaturverzeichnis	55
Anlagen	57
Anlagenverzeichnis	57
I. Ergebnisse.....	58
Einspeiseleistungsobergrenzen.....	58
Verluste in der Referenzwoche	61
Zuschüsse und interne Kosten	65
II. Empfohlene Speicherdimensionen	66
Tabellen zur Speicherdimensionierung	66
VBA-Excel-Tool zur Speicherdimensionierung.....	68
Sperrvermerk.....	69
Ehrenwörtliche Erklärung.....	70

1. Einleitung

1.1 Motivation und Relevanz

Weltweit steigt die Nachfrage nach Energie kontinuierlich an, gleichzeitig gehen die Reserven fossiler Rohstoffe zurück und sind langfristig nicht in ihrer jetzigen Menge verfügbar. Besonders in Deutschland wird ein Abbau von Ressourcen zunehmend unwirtschaftlich. Die Folge ist der Import von Energieträgern und damit eine wirtschaftliche und politische Abhängigkeit. Zusätzlich schaden die konventionellen Kraftwerke dem Klima durch den Ausstoß von Schadstoffen oder bedrohen dieses bspw. durch eine nicht geklärte Endlagerung radioaktiver Brennstoffe. Zwangsläufig stellt sich die Frage nach dem zukünftigen System einer nachhaltigen Energieversorgung. Einen großen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage können zweifelsfrei erneuerbare Energien wie z. B. Biomasse, Wasserkraft, sowie Wind- und Sonnenenergie leisten. Das größte Potenzial dieser Primärenergieträger bieten Wind und Sonne, jedoch ergeben sich neue Herausforderungen bei der zunehmenden Ablösung der planbar laufenden konventionellen Kraftwerke hinsichtlich der Versorgungssicherheit. Grund dafür ist, dass die gesamte Energie, die durch die Verbraucher eines Netzes nachgefragt wird, im gleichen Moment bereitgestellt werden muss.

Naturgemäß schwankt das Aufkommen von Wind und Sonne sowohl saisonal als auch tageszeitlich sehr stark. Soll also ein Energiesystem ausschließlich durch erneuerbare Energien gestützt werden, so sind Energiespeicher ein möglicher Schlüssel. Während sich für den Winter aufgrund höherer Nachfrage und geringerem Angebot über einen langen Zeitraum Energiespeicher großer Kapazitäten anbieten, kann insbesondere die stark tageszeitabhängige Einspeisung von Photovoltaikenergie (PV-Energie) in Privathaushalten durch dezentrale Energiespeicher kleinerer Kapazitäten über den Tag geglättet werden. Untersuchungen mit realen Erzeugungs- und Verbrauchsdaten aus dem e-Home Energieprojekt 2020 der Avacon AG ergeben allerdings, dass sich diese Technologie bei den ausgewerteten Beispielhaushalten bisher nicht rentiert (vgl. Tickenheinrich, J., 2012).

Neben dem Problem der zeitgerechten Erzeugung haben die gesetzlichen Rahmenbedingungen für hohe Einspeisespitzen um die Mittagszeit gesorgt. Einen maßgeblichen Anteil hieran hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz in der Fassung von 2009, das durch Anreize den Zubau von PV-Anlagen massiv beschleunigt hat. Fand der

Transport im Stromnetz in der Vergangenheit stets von höheren zu niedrigen Spannungsebenen statt, so hat sich der Lastfluss teilweise umgekehrt und das Verteilnetz an seine Grenzen gebracht. Leitungen müssen für ihre maximale Belastung ausgelegt werden, so dass hohe Einspeisespitzen große Kosten für den Verteilnetzbetreiber (VNB) im Netzausbau verursachen. Eine Reduktion der Einspeisespitze könnte durch eine direkte Speicherung vor Ort erreicht werden. Der VNB kann daher ein Interesse daran haben, dass ein Batteriespeicher mit entsprechender Betriebsführung im Haushalt eines PV-Anlagenbetreibers steht.

Es besteht jedoch ein Interessenkonflikt: Die Betriebsführung liegt aktuell in den Händen des PV-Anlagenbetreibers. Möchte dieser seine Rendite maximieren, so wird die Ladung immer dann vorgenommen, wenn die momentane Erzeugungsleistung der PV-Anlage den Eigenverbrauch übersteigt. Bei einer wirtschaftlichen Dimensionierung des Batteriespeichers besteht dann die Gefahr, dass an besonders sonnigen Tagen mit klarem Himmel der Batteriespeicher zur Einspeisespitze bereits vollends geladen ist und der VNB keinen nennenswerten Vorteil hat, da das Netz an diesen Tagen der gleichen Maximallast wie ohne Batteriespeicher unterliegt.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Bachelorarbeit besteht darin, die Höhe eines Zuschusses zu bestimmen, den der VNB einem PV-Anlagenbetreiber geben müsste, um diesen zu einer netzdienlichen Betriebsführung zu bewegen, damit in weiteren Untersuchungen des VNB überprüft werden kann, ob dieser Zuschuss durch Einsparungen gedeckt werden kann. In Verbindung mit der Übernahme der Betriebsführung oder einer garantierten Einspeiseleistungsobergrenze ließe sich so möglicherweise konventioneller Netzausbau vermeiden. Erste Erkenntnisse und Ergebnisse hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eines Batteriespeichers für PV-Anlagenbetreiber dienen als Ausgangspunkt, auf denen aufbauend eine geeignete netzdienliche Betriebsführung gefunden werden soll.

Auf die sich daraus ergebenden zentralen Fragen sowie auf die Frage nach der zu wählenden Form der netzdienlichen Betriebsführung sollen im Rahmen dieser Bachelorarbeit Antworten gefunden werden. Darunter fällt die Bestimmung weniger gespeicherter oder ganz verlorener Energie für den PV-Anlagenbetreiber bei einer netzdienlichen Betriebsführung. Diese Verluste verursachen beim PV-Anlagenbetreiber zu ermittelnde Kosten, die ein VNB durch eigene Einsparungen

abdecken muss, wenn ein für beide Parteien lohnenswertes Geschäft zustande kommen soll.

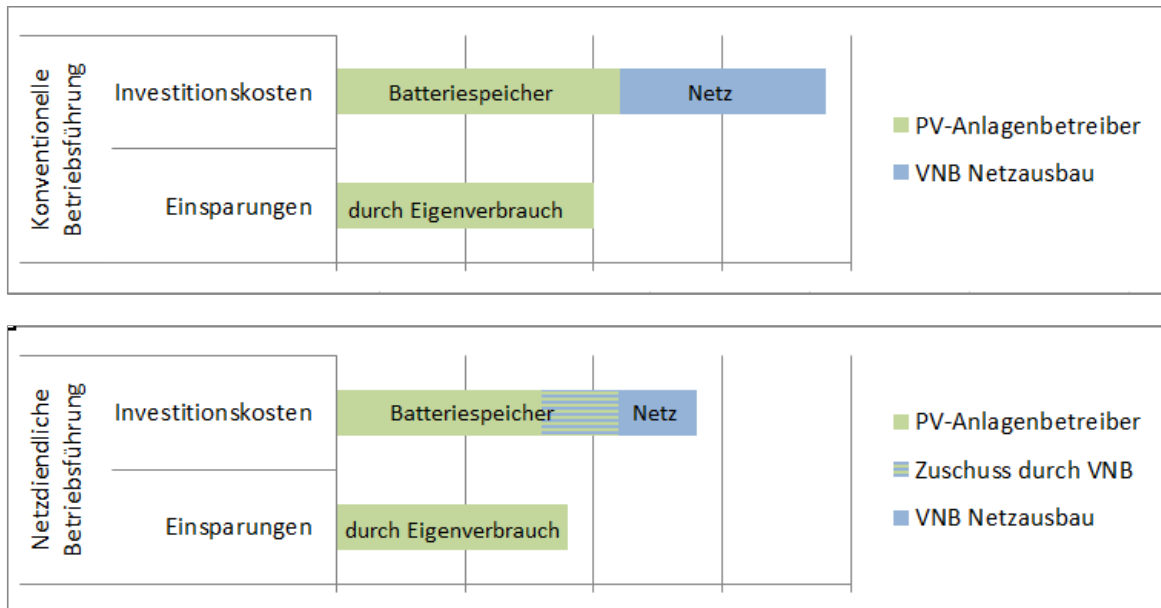


Abbildung 1: Skizzen möglicher Kosten und Einsparungen bei unterschiedlicher Betriebsführung
Quelle: Eigene Darstellung

Ein mögliches Resultat wäre die Anschaffung eines Batteriespeichers durch einen PV-Anlagenbetreiber, die durch einen an Auflagen zur Betriebsführung gekoppelten Zuschuss des gleichzeitig wirtschaftlich handelnden VNB erst rentabel wird. In Abbildung 1 ist dies exemplarisch skizziert: Die Einsparungen des PV-Anlagenbetreibers, die sich aufgrund des erhöhten Eigenverbrauch mit Batteriespeicher ergeben, sinken bei netzdienlicher Betriebsführung. Gleichzeitig sinken aber durch den Zuschuss des VNB die zu zahlenden Investitionskosten. Die Kooperation bietet die Chance eines gesamtwirtschaftlich effizienten Verhältnisses von Einsparungen und Kosten.

1.3 Aufbau der Arbeit

Im Folgenden soll der Aufbau der Bachelorarbeit beschrieben werden und die Einleitung damit schließen. Abbildung 2 zeigt unterstützend ein Schema des Aufbaus.

Die Ausführungen im anschließenden Kapitel 2 enthalten Ergebnisse zu vorherigen Untersuchungen zur Dimensionierung und Rendite von Batteriespeichern. Weiterhin geben die Grundlagen des Stromverteilnetzes und der Betriebsführung von Batteriespeichern einen Überblick zu der technischen Ausgangssituation und zu den rechtlichen Rahmenbedingungen.

In diesen offenbaren sich Interessenskonflikte zu denen verschiedene Lösungsansätze vorgestellt und verglichen werden, so dass in Kapitel 3 eine Entscheidung über

den zu verfolgenden Lösungsansatz erfolgen kann. Weiterhin werden Variablen und Parameter, die entscheidenden Einfluss auf den Gegenstand der Untersuchung besitzen, ausgemacht und zusätzliche Annahmen getroffen, um ein ökonomisches Modell zu erarbeiten. Dieses liefert eine monetäre Aussage zu den benötigten Einsparungen, welche die durch netzdienliche Betriebsführung verursachten Verluste beim PV-Anlagenbetreiber decken müssen. Diese Deckelung ist die Grundlage bei der Entscheidungsfindung eines möglichen Zuschusses durch den VNB an den PV-Anlagenbetreiber in dieser Arbeit.

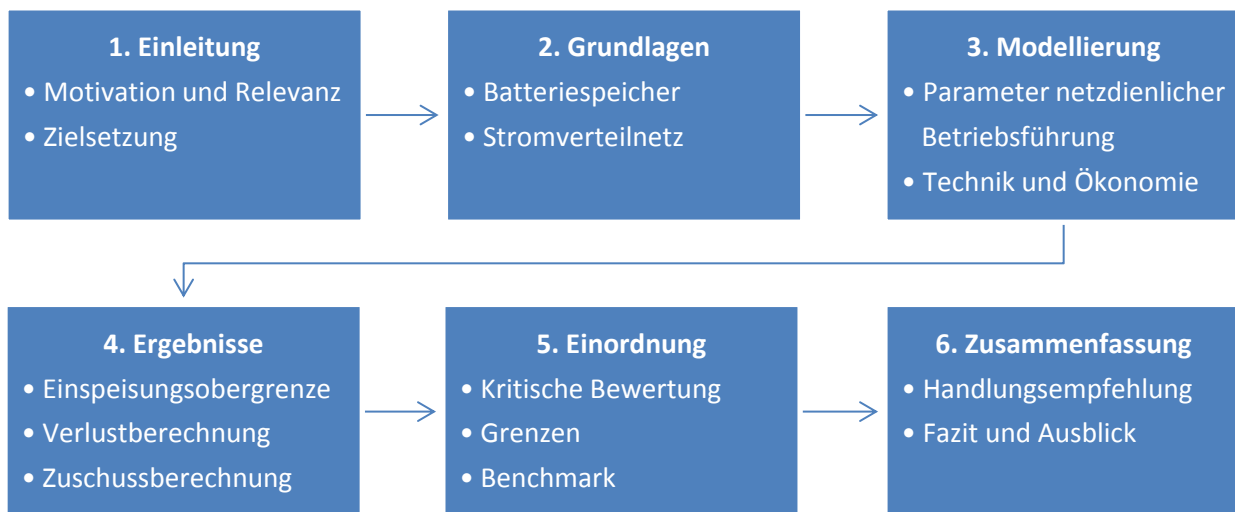


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit
Quelle: Eigene Darstellung

Die Berechnungen auf Basis der Datengrundlage werden in Kapitel 4 vorgenommen. Dabei werden zunächst individuelle Einspeiseleistungsobergrenzen für die Haushalte festgelegt. Die aufgrund dieser Auflage anfallenden Verluste werden zunächst jährlich und anschließend auf den Investitionszeitraum des Batteriespeichers hochgerechnet. Nach der Quantifizierung der Mindereinnahmen sollen sie in Relation zu den benötigten Einsparungen gesetzt werden, die sich aus internen Kosten ergeben.

In Kapitel 5 folgt die Bewertung der Ergebnisse samt Einordnung in den Gesamtkontext. Darüber hinaus werden jedoch auch die Grenzen der Arbeit beleuchtet und das erarbeitete Modell mit einem aktuell gängigen Marktmodell verglichen.

Weiterhin sollen die wesentlichen Erkenntnisse zusammengefasst und daraus zukünftige Handlungsmöglichkeiten und -empfehlungen für den VNB abgeleitet werden. Abschließend soll ein Fazit die wichtigsten Punkte zusammenfassen und einen Ausblick auf die mögliche Entwicklung geben.

7. Fazit und Ausblick

Die hohen Einspeisespitzen, die infolge einer zunehmenden Durchdringung von PV-Anlagen insbesondere mittags auftreten und dem VNB Probleme bereiten, können mithilfe einer intelligenten Betriebsführung von Batteriespeichern in Privathaushalten nachhaltig gesenkt werden. Dafür wurde ein robustes Modell erstellt, das mit wenigen, einfachen Eingabeparametern für einzelne PV-Anlagen Einspeiseleistungsobergrenzen berechnen kann. Mit diesen kann ein Beitrag zur Entlastung des Stromverteilnetzes geleistet werden. Das individuelle Reduktionspotenzial schwankt dabei zwischen 22 und 51 % der Einspeisespitze, wobei moderne Haushalte hier leichte Vorteile gegenüber konventionellen haben. Einen bedeutenden Faktor bei der Berechnung nimmt die Speicherkapazität des Batteriespeichers ein, die eine limitierende Größe darstellt. Darüber hinaus besitzt jedoch auch die Kenntnis einer tatsächlich auftretenden maximalen Leistung einer PV-Anlage einen großen Einfluss auf die Bestimmung einer solchen Obergrenze.

Die Reduktion der PV-Anlagenleistung gelingt allerdings auch bei einer netzdienlichen Betriebsführung des Batteriespeichers nicht ohne Verluste. Diese entstehen überwiegend aufgrund zu langer Kapazitätsvorhaltung, so dass weniger Energie als möglich eingespeichert wird. Eine selbst entwickelte netzdienliche Betriebsführung ermöglicht jedoch durch ein geschicktes Vorhalten eine lokale Energiespeicherung, bei der die dabei entstehenden Verluste des PV-Anlagenbetreibers so gering wie möglich gehalten werden. Dieses kann anhand von Überprüfungen mit realen Haushaltsprofilen des e-Home Projektes verifiziert werden.

Präzisere Lastprognosen des Haushaltes können diese Verluste mindern. Im Zuge einer höheren Durchdringung des DSM kann eine höhere Planbarkeit des Haushaltes erwartet werden. Darüber hinaus kehrt das DSM das ursprüngliche Denken einer sich an die Last anpassenden Erzeugung um. Dieses bietet insbesondere für die volatilen Primärenergieträger wie Sonne und Wind ein großes Potenzial.

Aber auch mit derzeitigen Haushaltslastprognosen lassen sich Ergebnisse erzielen, die bei einer Hochrechnung der Verluste auf den Investitionszeitraum eines Batteriespeichers insbesondere bei konventionellen Haushalten vertretbare Kosten aufweisen. Diese Kosten in Form eines Zuschusses für den PV-Anlagenbetreiber betragen auf die Investition des Batteriespeicher bezogen mit durchschnittlich 4,7 % nur einen

geringen Anteil. Ein größeres Aufkommen an Einnahmen durch zusätzliche Netznutzungsentgelte verringert die internen Kosten des VNB zusätzlich auf maximal ermittelte 302 EUR pro Haushalt.

Das gemessen am Anschaffungspreis kleine Investitionsvolumen spricht trotzdem dafür, dass eine wirtschaftliche, kooperative Finanzierung eines Batteriespeichers zwischen VNB und PV-Anlagenbetreiber derzeit nicht stattfinden kann. Eine abschließende Bewertung der Gesamtwirtschaftlichkeit des Batteriespeichers lässt sich allerdings erst durch weitere Untersuchungen des mit einer Einspeiseleistungsobergrenze verbundenen Einsparpotenzials treffen.

Die Umstände steigender Strompreise, sinkender garantierter Einspeisevergütungen und fallender Marktpreise von Batteriespeichern sind jedoch – aus Sicht des VNB – natürliche Anreize, die mittelfristig auch ohne Zuschuss ausreichen können, um neben großen Energiespeichern wie Pumpspeicherkraftwerken auch Batteriespeicher zu etablieren.