



## Simulation von Innovationsdynamiken neuer Schlüsseltechnologien im Energiebereich am Beispiel von Lithium-Batterien

### Schlussbericht

von

Bert Droste-Franke, Gabriele Fohr, Markus Voge, Tanja Nietgen, Davy van Doren, Mathias Weidle

IQIB – Institut für qualifizierende Innovationsforschung und -beratung, Bad Neuenahr-Ahrweiler

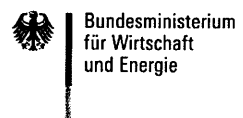
Marlene O’Sullivan, Marc Deissenroth, Felix Nitsch  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart

Kevin Jacqué  
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen), Aachen

*Verbund-DN, 01162980*  
Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter den Förderkennzeichen 03ET4032A, 03ET4032B und 03ET4032C gefördert. Laufzeit vom 01.09.2016 bis 28.02.2020.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch:



Oktober 2020, Bad Neuenahr-Ahrweiler

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Inhalt

1 Einführung .....	7
1.1 Hintergrund und Ziele .....	7
1.2 Vorarbeiten zum Projekt InnoSEn.....	9
1.3 Methodisches Vorgehen und Kapitelstruktur.....	11
2 Lithium-Batterien als Technologieschwerpunkt des Projekts.....	13
2.1 Herausforderungen und Schlüsseltechnologien.....	13
2.1.1 Einleitung.....	13
2.1.2 Zeitliche Schwankungen der Erzeugung .....	13
2.1.3 Räumliche Verteilung elektrischer Energie .....	14
2.1.4 Technologien als Schlüssel zur Umsetzung.....	14
2.2 Relevanz von Technologien nach typischen Energiesystemanalysen .....	15
2.2.1 Einleitung.....	15
2.2.2 Stromsektor .....	15
2.2.3 Wärme- und Verkehrssektor.....	24
2.2.4 Fazit .....	28
2.3 Weitere Systemaufgaben.....	29
2.3.1 Systemaufgaben und Zeitskalen .....	29
2.3.2 Charakterisierung und Klassifizierung von Speichertechnologien.....	31
3 Struktur technischer Innovation als sozialer Prozess.....	36
3.1 Einleitung .....	36
3.2 Innovation .....	36
3.3 Die Heuristik Technologischer Innovationssysteme als Grundlage.....	37
3.3.1 Technologische Innovationssysteme .....	37
3.3.2 Funktionen technologischer Innovationsysteme.....	38
4 Das technologische Innovationssystem Lithium-Batterien.....	42
4.1 Untersuchungsgegenstand, Akteure und Funktionen.....	42
4.1.1 Auswahl des Untersuchungsgegenstands Lithium-Batterien .....	42
4.1.2 Untersuchungsgegenstand Lithium-Batterien .....	48
4.1.3 Netzwerke zum Wissensaustausch im Innovationssystem Lithium-Batterien .....	50
4.2 Innovationshemmnisse und Fragen an die Modelle .....	57
4.2.1 Hemmnisse und systemische Probleme in Technologischen Innovationssystemen.....	58
4.2.2 Vorgehen im Projekt .....	59
4.2.3 Innovationshemmnisse und mögliche Maßnahmen im Bereich Lithium- Batterien .....	59
4.2.4 Fragen an die Modelle.....	61

5	Wissensdynamiken und Innovationsentstehung – das Modell SKIN-Energy.....	63
5.1	Das Basis-SKIN-Modell .....	63
5.1.1	Wissen im Basis-SKIN-Modell.....	63
5.1.2	Der Produktraum im Basis-SKIN.....	64
5.1.3	Aus Wissen entstehen Produkte .....	64
5.1.4	Wertschöpfungskette, Preise und Märkte .....	65
5.2	Wissen, Expertise und Qualität.....	66
5.2.1	Verschiedene Dimensionen von Wissen .....	66
5.2.2	Generierung und Austausch für Innovationsprozesse relevanten Wissens .....	68
5.2.3	Modellierung des Wissensraums und des Wissensaustausches .....	70
5.2.4	Wissen, Expertise und Qualität .....	70
5.3	Forschungsprozesse .....	72
5.4	Start-ups.....	74
5.5	Mütter, Töchter und Konglomerate .....	76
5.6	Produktraum und Wertschöpfungskette.....	80
5.7	Produktcharakterisierung und Marktrepräsentation .....	88
5.7.1	Verbindung zwischen Wissen und Batterieparametern .....	89
5.7.2	Die verschiedenen Absatzmärkte .....	91
5.7.3	Wie die Märkte bedient werden .....	93
6	Erlösmöglichkeiten mit stationären Speichern – das Modell AMIRIS.....	94
6.1	Einleitung .....	94
6.2	Methoden .....	96
6.2.1	Zeitreihenanalyse.....	96
6.2.2	Agentenbasiertes Strommarktmodell AMIRIS .....	100
6.2.3	Optimierung von Gebotsstrategien .....	107
6.2.4	Kopplung der Modelle AMIRIS und SKIN .....	109
6.3	Szenario.....	110
6.4	Ergebnisse .....	111
6.4.1	Simulation der Preise .....	111
6.4.2	Simulation der Erlöspotentiale.....	118
6.5	Diskussion der Ergebnisse.....	120
6.6	Schlussfolgerungen .....	122
7	Kalibrierung zum Innovationssystem Lithium-Batterien .....	123
7.1	Charakterisierung nationaler Akteure .....	123
7.1.1	Identifizierung von Akteuren, Datenquellen.....	123
7.1.2	Die Patentanalyse.....	124
7.1.3	Auszüge aus der Akteurstabelle .....	129
7.1.4	Eigenschaften und Typisierung der Akteure .....	133
7.1.5	Kalibrierung des Modells mit den Daten der Akteure .....	137

7.2 Schnittstelle zu AMIRIS .....	142
7.3 Technische Daten zur Produktcharakterisierung.....	145
7.4 Ansiedlung einer Li-Ionen Zellproduktion - Erkenntnisse aus der Analyse der globalen Wind- und Photovoltaikindustrie .....	151
<b>8 Definition und Durchführung der Experimente &amp; Diskussion der Ergebnisse.....</b>	<b>162</b>
8.1 Einleitung .....	162
8.2 Experiment 1 - Heimische Zellhersteller.....	166
8.2.1 Beschreibung.....	166
8.2.2 Beispielhafte Auswahl von Experiment-Ergebnissen.....	166
8.3 Experiment 2 - Forschungsförderung .....	169
8.3.1 Beschreibung.....	169
8.3.2 Beispielhafte Auswahl von Experiment-Ergebnissen.....	169
8.4 Experiment 3 - Minimale Fabrikgröße Elektromobilität .....	172
8.4.1 Beschreibung.....	172
8.4.2 Beispielhafte Auswahl von Experiment-Ergebnissen.....	172
8.5 Experiment 4 - Partnersuche .....	174
8.5.1 Beschreibung.....	174
8.5.2 Beispielhafte Auswahl von Experiment-Ergebnissen.....	175
8.6 Experiment 5 - Unternehmensstrategie .....	177
8.6.1 Beschreibung.....	177
8.6.2 Beispielhafte Auswahl von Experiment-Ergebnissen.....	178
8.7 Experiment 6 – Finanzielle Förderung .....	181
8.7.1 Beschreibung.....	181
8.7.2 Beispielhafte Auswahl von Experiment-Ergebnissen.....	182
<b>9 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblick.....</b>	<b>187</b>