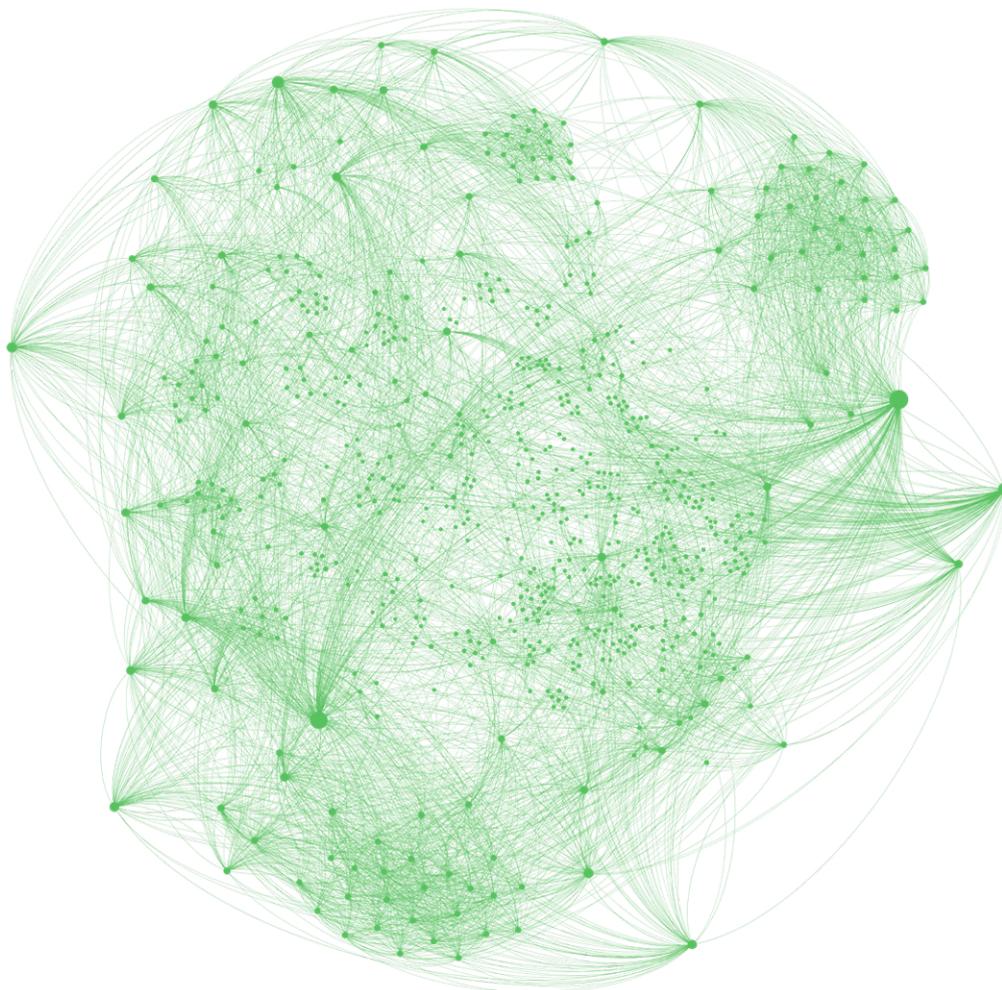


Ökosystem der Batteriezellfertigung in Europa

Netzwerkstrukturen als Grundlage für Wissenstransfer
und Wertschöpfungspartnerschaften

Publikation der wissenschaftlichen Begleitung zur Fördermaßnahme Batteriezellfertigung
im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie



in Kooperation mit

Herausgeber

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin

Autor:innen

Jan-Hinrich Gieschen
Dr. Aiko Bunting
Sebastian Kruse
Dr. Frederik Vorholt
Dr. Stefan Wolf
Dr. Carolin Zachäus

Redaktion

Heike Jürgens
Mira Maschke

Gestaltung

VDI/VDE-IT, A.-S. Piehl

Berlin, Januar 2021

Bildnachweise

Abbildungen 7, 8, 9, 18, 21: Netzwerkabbildungen unter
Verwendung von gephi erstellt
© romaset/AdobeStock (S. 6); © davooda/AdobeStock (S. 13),
© presentationload.de/E-Mobility Line Icons (S. 13); © presenta-
tionload.de/360 Line Icons - Business (S. 11, 13, 15, 16)

in Kooperation mit

INHALT

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Executive Summary	7
1 Einleitung.....	8
Ziel der Studie.....	8
2 Methodik und Ansatz.....	11
2.1 Datenerfassung und -aufbereitung	11
2.2 Annahmen zu den Rollen und Schnittstellen.....	14
2.3 Analyse.....	15
2.4 Limitationen der Studie.....	18
3 Entwicklung der Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa	19
4 Status Quo des Ökosystems in Deutschland und Europa.....	21
4.1 Akteure und Treiber	21
4.2 Schnittstellen und Verbindungen.....	23
5 Analyse der Netzwerkstrukturen des Ökosystems in Deutschland und Europa	29
5.1 Rollen im Ökosystem.....	29
5.2 Thematische Cluster.....	32
5.3 Einbindung der Akteure im Ökosystem.....	34
5.4 Vernetzung.....	38
6 Stärken und Schwächen des Ökosystems Batteriezellfertigung	41
6.1 Betrachtung der Akteure und Rollen.....	41
6.2 Betrachtung der Vernetzung und Schnittstellen	43
7 Fazit und Handlungsempfehlungen	45
Literaturverzeichnis	48
Anhang I: Übersicht der betrachteten Netzwerke und Wertschöpfungsverbindungen	49
a) Betrachtete Netzwerke und Interessenverbände auf Netzwerkebene	49
a) Betrachtete Joint Ventures auf Wertschöpfungsebene	50
Anhang II: Wertetabellen	52
a) Top 10 total nach Vernetzungsgrad.....	52
b) Top 10-Netzwerke nach Vernetzungsgrad.....	53
c) Top 10-FuE nach Vernetzungsgrad	55
d) Top 10-JV nach Vernetzungsgrad	56

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Zentrale Fragen der Studie	10
Abbildung 2: Stufen der Wertschöpfungskette der Batteriezellfertigung mit farblicher Zuordnung und Einordnung der einzelnen Stufen in die Hauptkategorien Ressourcen, Produktion und Nutzung.	13
Abbildung 3: Abstrahierte Darstellung des betrachteten Ökosystems	14
Abbildung 4: Analyseschema dieser Studie entlang der verschiedenen Vernetzungsebenen zur Strukturierung des Vorgehens	15
Abbildung 5: Zeitliche Entwicklung der jährlichen Produktionskapazität von Batteriezellen in Europa.	20
Abbildung 6: Anzahl der Akteure je Verbindungsebene	22
Abbildung 7: Überblick über das gesamte Ökosystem über alle Ebenen nach Wertschöpfungsstufen	23
Abbildung 8: Überblick über das gesamte Ökosystem nach Vernetzungsebene mit beispielhafter Hervorhebung einzelner Agglomerate.	24
Abbildung 9: Fokus auf die Forschungsebene: Vernetzung über Forschungsprojekte und Verteilung der Akteure	25
Abbildung 10: Anzahl Verbindungen des Gesamtnetzwerkes nach Ebene. Zur Einordnung wird in Prozent deren jeweiliger Anteil an allen Verbindungen der jeweiligen Vernetzungsebene sowie der jeweiligen geografischen Ebene dargestellt.	26
Abbildung 11: Thematische Schwerpunkte der Verbindungen nach den übergeordneten Wertschöpfungskategorien	26
Abbildung 12: Schnittstellen zwischen den verschiedenen Vernetzungsebenen nach Akteurstyp	27
Abbildung 13: Anzahl der Akteure mit Aktivitäten in mehr als einer geografischen Region	28
Abbildung 14: Anzahl unterschiedlicher Akteure in durch Bundesmittel finanzierten Forschungsprojekten.	30
Abbildung 15: Überblick über die Akteurslandschaft auf europäischer Ebene	30
Abbildung 16: Klassifizierung der Akteure entsprechend der in Kapitel 2 definierten Kategorien für die zehn Länder mit den meisten unterschiedlichen Akteuren.	31
Abbildung 17: Zuordnung der identifizierten Forschungsprojekte und Joint Ventures zu den thematischen Clustern Ressourcen, Produktion und Nutzung. Bei den Forschungsprojekten erfolgt eine Differenzierung zwischen deutscher und europäischer Forschungslandschaft.	33
Abbildung 18: Überblick über die relevantesten Netzwerke des betrachteten Ökosystems	36
Abbildung 19: Schlüsselakteure der gesamten deutschen Vernetzungsebene für das europäische Ökosystem Batteriezellfertigung	37
Abbildung 20: Schlüsselakteure der deutschen Forschungsebene für das europäische Ökosystem Batteriezellfertigung	38
Abbildung 21: Vernetzungsdichte zwischen Akteuren über Aktivitäten zu Recycling und Zell-, Modul-, System- und/oder Automobilherstellung in Deutschland und Europa über alle Vernetzungsebenen	39
Abbildung 22: Von der Analyse zur Ableitung der Handlungsempfehlungen	41

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Betrachtungsgegenstände der Analyseebenen und jeweilige Datengrundlage	11
Tabelle 2: Zuordnung der Datenquellen nach geografischer Ebene	16
Tabelle 3: SWOT in Bezug auf Akteure und Rollen	42
Tabelle 4: SWOT in Bezug auf Vernetzung und Schnittstellen	44

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ACEA:	European Automobile Manufacturers Association
BAJ:	Battery Association of Japan
BDE:	Bundesverband der deutschen Abfall-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft
BEM:	Bundesverband der Elektromobilität
BEV:	Battery Electric Vehicle (dt.: [batterie-elektrisch betriebenes] Elektrofahrzeug)
BMWi:	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BVES:	Bundesverband Energiespeicher
CLEPA:	European Association of Automotive Suppliers
CNESA:	China Energy Storage Alliance
DIN:	Deutsches Institut für Normung e. V.
EBA:	European Battery Alliance
EBRA:	European Battery Association
EGVI:	European Green Vehicle Initiative
ERTRAC:	European Road Transport Research Advisory Council
EUCAR:	European Council for Automotive R&D
EUROBAT:	Association of European Manufacturers of automotive, industrial and energy storage batteries
FCEV:	Fuel Cell Electric Vehicle (dt.: Brennstoffzellenfahrzeug)
FuE:	Forschung und Entwicklung
GBA:	Global Battery Alliance
IPCEI:	Important Project of Common European Interest (dt.: "wichtiges Projekt von gemeinsamem europäischen Interesse")
IPR:	Intellectual Property Rights (dt.: geistiges Eigentum)
KLiB:	Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien
KMU:	Kleine und mittelständische Unternehmen
LIB:	Lithium-Ionen-Batterie
PHEV:	Plug-In Electric Vehicle (dt.: Plug-In Hybridfahrzeug)
SDO:	Standards Developing Organisation (dt.: Normungs- und Standardisierungsorganisation)
VDA:	Verband der Automobilwirtschaft
VDMA:	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau



EXECUTIVE SUMMARY

Die Formierung von Akteursnetzwerken ist unerlässlich für den Aufbau einer nachhaltigen und geschlossenen Batteriewertschöpfungskette in Deutschland und Europa. Die Summe dieser Verbindungen der Akteure zueinander wird als **Ökosystem** bezeichnet. Mit dem aktiven Aufbau dieses Ökosystems können vorhandene Kompetenzen in Forschung und Industrie miteinander vernetzt und Synergien geschaffen werden. Auf diese Weise führt die Vernetzung zur Schließung von Wertschöpfungspartnerschaften und zur Verbesserung des Wissenstransfers.

Im Fokus dieser Studie steht die Analyse von Beziehungen zwischen Akteuren und den sich daraus ergebenden Netzwerkstrukturen im Themenfeld Batterie. Dieser Ansatz führt **komplementär zu Markt- und Technologiestudien** zu einem besseren Verständnis des Ökosystems Batteriezellfertigung.

Diese Strukturen entstehen aus aktuellen, beendeten oder auch potenziell möglichen gemeinsamen Aktivitäten in Bezug zu einem gemeinsamen Ziel im Kontext Batteriezellfertigung. Die Aktivitäten erfolgen dabei **innerhalb der Wertschöpfungskette der Batteriezellfertigung**, vom Umgang mit Ressourcen (z. B. Ressourcenabbau oder Recycling), über Produktion (z. B. Komponenten- oder Modulfertigung) bis hin zur Anwendung von Batteriezellen. Diese Strukturen „tragen“ folglich den **Wissenstransfer**, für den gemeinsame Aktivitäten die Grundlage darstellen. Gleichzeitig weisen diese Strukturen aber auch auf Verbindungen hin, die für **potenzielle Wertschöpfungspartnerschaften** genutzt werden können und zeigen erste Zugänge hierzu auf. Im Fokus dieser Studie stehen somit drei verschiedene Arten der Verbindung:

- die Forschungsk Kooperation,
- die Kooperation zum Zwecke der reinen ökonomischen Wertschöpfung und
- die Kooperation zwecks Verfolgung gemeinsamer, strategischer Interessen.

Diese Studie nimmt daher nicht nur eine Form der Aktivitäten in den Blick, sondern betrachtet Forschung, Wertschöpfung (hier in Form von Joint Ventures) und strategische Zusammenarbeit gleichermaßen, um die gemeinsame Grundlage für Wissenstransfer und Wertschöpfung in den Blick zu nehmen. Insofern nimmt sie einen **ganzheitlichen, strukturellen Blick auf das Ökosystem Batteriezellfertigung** ein.

Damit wird ein **grundlegendes Verständnis für das Ökosystem** geschaffen, auf dessen Basis Empfehlungen formuliert werden, wie die Vernetzung innerhalb des Ökosystems ge-

Die **Ziele dieser Studie** sind,

1. das Ökosystem Batteriezellfertigung zu strukturieren,
2. einen Überblick über relevante Akteurskategorien im Bereich der Batteriezellfertigung entlang der Wertschöpfungskette zu geben,
3. die Einbindung der verschiedenen Akteure in das Ökosystem aufzuzeigen sowie
4. mögliche Lücken im Ökosystem zu identifizieren.

zielt verbessert und vorhandene Lücken geschlossen werden können.

Zentrale Ergebnisse dieser Studie:

- Netzwerke: Viele Akteure sind nur innerhalb institutionalisierter Netzwerke wie Verbänden gut vernetzt. Ihnen fehlt die Anbindung an andere Teile des Ökosystems.
- Schnittstellen: Vergleichsweise wenige Schlüsselakteure übernehmen eine Schnittstellenfunktion und stellen Verbindungen zwischen verschiedenen Teilen des Ökosystems her.
- Schlüsselakteure: Schlüsselakteure können aufgrund ihrer zentralen Rolle Themen und Vernetzung steuern. Das bietet Potenziale für die Erweiterung des Ökosystems, verleiht ihnen aber auch große Gestaltungsmacht.
- Spezialwissen: Es gibt im wenig vernetzten, schwach eingebundenen Teil des Ökosystems Unternehmen mit Spezialwissen zur Entwicklung innovativer Produkte und Prozesse. Diese sind daher sehr wichtig für das Gesamtökosystem.
- Kreislaufwirtschaft: Die strategische Rolle der Forschungsakteure in Bezug auf die Verknüpfung der für eine Kreislaufwirtschaft wichtigen Aktivitäten spricht für eine Fokussierung der Forschung, aber auch für eine schwächere Einbindung der Industrie.
- Forschungsstrukturen: Auf europäischer Ebene ist der Fokus auf industrienaher Entwicklungsprojekte mit dem Themenschwerpunkt Produktion im Vergleich zur deutschen Ebene weniger stark ausgeprägt. Dafür bieten groß angelegte Demonstrationsprojekte mit vielen Akteuren auf europäischer Ebene ein hohes Vernetzungspotenzial.

Die gefundenen Erkenntnisse ergeben sich aus den Annahmen, den Daten und der gewählten Methodik. Zur Einordnung und Bewertung dieser Erkenntnisse wird an entsprechender Stelle in der Studie Stellung genommen.

1 EINLEITUNG

Die Zukunft ist elektrisch, doch die Transformation in das postfossile Zeitalter kann nicht ohne die Möglichkeit gelingen, elektrische Energie speichern zu können. Für viele Anwendungen wie Smartphones, Power Tools oder stationäre Stromspeicher, aber insbesondere für Elektrofahrzeuge sind Batterien bereits heute eine Schlüsseltechnologie. Zurzeit werden vor allem Lithium-Ionen-Batterien (LIB) aufgrund ihrer hohen Energie- und Leistungsdichte sowie ihrer Zyklenstabilität und Lebensdauer eingesetzt. Der weltweite Bedarf an LIB lag laut einer aktuellen Studie im letzten Jahr bei etwa 200 Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a), welcher zu über 80 Prozent durch asiatische Produktion gedeckt wurde¹. Auf Basis des für das Jahr 2030 prognostizierten Bedarfsanstiegs auf etwa 1.200 GWh/a wird das jährliche Marktvolumen auf umgerechnet etwa 117 Mrd. Euro geschätzt.

Die derzeit in Europa vorhandenen Produktionskapazitäten können etwa sechs Prozent des aktuellen weltweiten Bedarfs an LIB decken. Politisches Ziel ist es, bis zum Jahr 2030 rund 30 Prozent der weltweiten Nachfrage nach Batteriezellen aus deutscher und europäischer Produktion zu decken². Dazu fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) den Aufbau einer industriellen Batteriezellfertigung in Deutschland mit knapp drei Milliarden Euro³ und legt damit gemeinsam mit anderen europäischen Mitgliedstaaten den Grundstein für den Aufbau einer europäischen Batteriezellindustrie. Aufgrund der europäischen Dimension dieses Vorhabens erfolgt eine Unterstützung durch die Europäische Kommission im Rahmen eines Important Project of Common

Ökosystem Batteriezellfertigung

In dieser Studie umfasst der Begriff Ökosystem die Gesamtheit der Akteure und der aus deren Beziehungen entstehenden Strukturen, die sich mit dem Erhalt oder dem Aufbau einer Batteriezellfertigung beschäftigen. In diesem Sinne lässt sich das Ökosystem als ein Netzwerk von Akteuren darstellen, wobei die Verbindungen im Fokus dieser Studie stehen.

European Interest (IPCEI)⁴. Die Kommission koordiniert und prüft dabei die Vereinbarkeit der nationalen Förderung mit den Zielen der EU und mit internationalen Handelsregeln. Durch die paneuropäische Förderung sollen Innovationen gebündelt, technologische Kompetenzen im Bereich Batterie zelle gemeinschaftlich erlangt und großskalige Produktionsstätten europaweit etabliert werden.

Der Aufbau eines Ökosystems, in dem in Deutschland und Europa vorhandene industrielle Kompetenzen und Wertschöpfungspotenziale gewinnbringend vernetzt sind, ist unerlässlich, um den Aufbau einer deutschen und europäischen Batteriezellfertigung unter Berücksichtigung einer nachhaltigen und geschlossenen Wertschöpfungskette im Sinne einer Kreislaufwirtschaft voranzutreiben. Dafür sind genaue Kenntnisse über dieses Ökosystem erforderlich, sowohl über die Stärken und Schwächen, als auch über strukturelle Lücken.

Im Rahmen der vom BMWi beauftragten wissenschaftlichen Begleitung Batteriezellfertigung wird dazu diese Studie erstellt⁵, in der das Ökosystem der Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa analysiert wird.

Ziel der Studie

Die meisten Studien betrachten das Thema Batteriezellfertigung in der Regel aus Marktperspektive (z.B. Marktpotenziale und Rahmenbedingungen) oder identifizieren produkt- oder prozessbezogene Forschungsbedarfe. Oftmals entsteht als eine Empfehlung dieser Studien das Thema Wissenstransfer und Vernetzung, ohne konkret zu benennen, mit wem eine Vernetzung, sei es zur Verbesserung des Wissenstransfers aber auch zur Schließung von Wertschöpfungspartnerschaften, erfolgen soll. Im Fokus dieser Studie steht daher die Analyse von Beziehungen zwischen Akteuren und den sich daraus ergebenden Netzwerkstrukturen im Themenfeld Batterie. Dieser Ansatz führt **komplementär zu Markt- und Technologiestudien** zu einem besseren Verständnis des Ökosystems Batteriezellfertigung.

1 Avicenne, 2020

2 BMWi, 2018

3 BMWi, 2020

4 BMWi, 2020

5 Die in diesem Konzept skizzierte Studie baut in Teilen auf einer nicht veröffentlichten Vorgängerstudie der wissenschaftlichen Begleitung auf.

Diese Strukturen entstehen aus aktuellen, beendeten oder auch potenziell möglichen gemeinsamen Aktivitäten in Bezug zu einem gemeinsamen Ziel im Kontext Batteriezellfertigung. Die Aktivitäten erfolgen dabei **innerhalb der Wertschöpfungskette der Batteriezellfertigung**, vom Umgang mit Ressourcen (z. B. Ressourcenabbau oder Recycling), über Produktion (z. B. Komponenten- oder Modulfertigung) bis hin zur Anwendung von Batteriezellen. Diese Strukturen „tragen“ folglich den **Wissenstransfer**, für den gemeinsame Aktivitäten die Grundlage darstellen. Gleichzeitig weisen diese Strukturen aber auch auf Verbindungen hin, die für **potenzielle Wertschöpfungspartnerschaften** genutzt werden können und zeigen erste Zugänge hierzu auf. Im Fokus dieser Studie stehen somit drei verschiedene Arten der Verbindung:

- die Forschungsk Kooperation,
- die Kooperation zum Zwecke der reinen ökonomischen Wertschöpfung und
- die Kooperation zwecks Verfolgung gemeinsamer, strategischer Interessen.

Diese Studie nimmt daher nicht nur eine Form dieser Aktivitäten in den Blick, sondern betrachtet Forschung, Wertschöpfung (hier in Form von Joint Ventures) und strategische Zusammenarbeit gleichermaßen, um die gemeinsame Grundlage für Wissenstransfer und Wertschöpfung in den Blick zu nehmen. Insofern nimmt sie einen **ganzheitlichen, strukturellen Blick auf das Ökosystem Batteriezellfertigung** ein.

Damit wird ein **grundlegendes Verständnis für das Ökosystem** geschaffen, auf dessen Basis Empfehlungen formuliert werden, wie die Vernetzung innerhalb des Ökosystems gezielt verbessert und vorhandene Lücken geschlossen werden können. In diesem Sinne wird auch eine „Landkarte des Ökosystems Batteriezellfertigung“ aufgezeigt.

Die **Ziele dieser Studie** sind es,

1. das Ökosystem Batteriezellfertigung zu strukturieren,
2. einen Überblick über relevante Akteurskategorien im Bereich der Batteriezellfertigung entlang der Wertschöpfungskette zu geben,
3. die Einbindung der verschiedenen Akteure in das Ökosystem aufzuzeigen sowie
4. mögliche Lücken im Ökosystem zu identifizieren.

Im Kontext der Analysen für diese Studie entwickelt die wissenschaftliche Begleitung der Batteriezellfertigung derzeit ein webbasiertes Tool, welches kollaborative, individuelle Analysen des Ökosystems ermöglicht. Verfügbare Tools zur Analyse von Netzwerken, wie das in dieser Studie verwendete Tool⁶ verfügen zwar über sehr weitreichende Analyse-möglichkeiten, sind in ihrer Anwendung aber auch sehr komplex, was ein spezifisches Vorwissen erfordert. Das durch die wissenschaftliche Begleitung entwickelte Tool legt daher einen Schwerpunkt auf eine einfache Handhabung, und ermöglicht darüber hinaus eine kollaborative Zusammenarbeit durch simultanen Zugriff auf eine gemeinsame Datenbasis. Die im Verlauf dieser Studie gewonnen Erkenntnisse und Erfahrungen dienen deshalb auch dazu, die Präzision des Tools zu verbessern, und es hinsichtlich der Anwendbarkeit zu optimieren.

In der Analyse der Strukturen des Ökosystems werden die Verbindungen zwischen den Akteuren auf verschiedenen Ebenen betrachtet und die Zusammenarbeit im Rahmen von folgenden Aktivitäten untersucht:

- Wertschöpfungskooperationen (hier: Joint Ventures ⁷) (Wer generiert Wertschöpfung mit wem?)
- Forschungsk Kooperationen (Wer generiert Wissen mit wem?)
- Netzwerke und Interessenverbände (Wer kann mit wem strategischen Einfluss nehmen?)

6 Siehe auch Kapitel 2.3

7 Aufgrund der Zugänglichkeit der Daten werden in dieser Studie nur öffentliche Förderung sowie die ebenfalls leicht zugänglichen Joint Ventures betrachtet. Bei Wissen, das beispielsweise im Rahmen einer industriellen Zusammenarbeit generiert wird, wird in dieser Studie angenommen, dass dies im Rahmen von Wertschöpfungskooperationen geschieht.

Mit der Studie werden folgende **vier zentrale Fragestellungen** beantwortet, die auf die Ziele dieser Studie einspielen:

Welche Rollen gibt es im Ökosystem und wie sehen die Schnittstellen zu anderen Rollen aus?	Ziel 1 und 2	I
Welche Netzwerke, Kooperationen und Themencuster gibt es auf europäischer Ebene und in Deutschland?	Ziel 1 und 3	II
Wo gibt es strukturelle Lücken im Ökosystem Batteriezellfertigung?	Ziel 1 und 4	III
In welchem Entwicklungsstand befindet sich das Ökosystem Batteriezellfertigung in Europa?	Ziel 1, 2, 3 und 4	IV

Abbildung 1: Zentrale Fragen der Studie

Neben einer Beschreibung des verfolgten Ansatzes sowie der angewandten Methodik (Kapitel 2) ist die vorliegende Studie nach folgenden, auf den genannten Fragestellungen basierenden, aufeinander aufbauenden **Schwerpunkten** strukturiert: In Kapitel 3 wird ein Überblick über den Hintergrund und die Marktpotenziale der Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa geben. In Kapitel 4 wird der Status Quo des Ökosystems in Deutschland und Europa beschrieben und in Kapitel 5 die Netzwerkstrukturen in Bezug auf Rollen, thematische Cluster, die Einbindung der Akteure und die Gesamtvernetzung betrachtet. In Kapitel 6 und 7 schließlich werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken in Bezug auf die Akteure und Rollen sowie die Vernetzung des Ökosystems analysiert und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Mit dieser Studie wird aufgezeigt, wo Handlungsbedarfe für Politik und Wirtschaft bestehen, um den Aufbau und Ausbau des Ökosystems zur Batteriezellfertigung zielführend voranzutreiben. Dementsprechend richtet sich diese Studie vor allem an Entscheider sowohl aus der Politik als auch aus der Wirtschaft.

2 METHODIK UND ANSATZ

Diese Studie verfolgt einen explorativen, stark datengetriebenen Ansatz, um das Ökosystem in möglichst großem Umfang erfassen zu können, d.h. um eine große Anzahl an Akteuren und deren mögliche Beziehungen untereinander zu berücksichtigen. Zur Analyse der Daten wurde eine umfangreiche Datenbank mit Informationen über Akteure und identifizierte Verbindungen angelegt, die mit Methoden der Netzwerkanalyse untersucht wurde.

2.1 Datenerfassung und -aufbereitung

Netzwerk- bzw. Vernetzungsebenen: Als Grundlage für die Analyse des Ökosystems Batteriezellfertigung dienen Daten zu Aktivitäten in den drei Bereichen Wertschöpfung, Forschung und Strategie, welche die Vernetzungsebenen des Ökosystems darstellen. Neben Desktop-Recherchen kam auch eine automatisierte Abfrage verschiedener Datenbanken zum Einsatz. Dabei wurden relevante Aktivitäten im Themenbereich (Lithium-Ionen-)Batterie auf diesen drei Ebenen identifiziert. Um eine möglichst große Abdeckung relevanter Aktivitäten auf den verschiedenen Ebenen zu erreichen, wurden neben öffentlich zugänglichen, thematischen Datenbanken auch Nachrichtenmeldungen ausgewertet. Für die Netzwerkebene wurde eine Vorauswahl von Netzwerken

und Verbänden getroffen und auf verfügbare Datenbestände aus Vorarbeiten zurückgegriffen. Basis der Auswahl war eine Experteneinschätzung in Hinblick auf erwartetes Gewicht und Relevanz in der Fachcommunity bezogen auf die in der Studie betrachteten Wertschöpfungsstufen. Insgesamt wurden für alle Ebenen Aktivitäten seit 2014 erfasst⁸ (siehe Tabelle 1).

Aus den erhobenen Daten wurden alle jeweils an den identifizierten Aktivitäten beteiligten Stakeholder extrahiert. Diese ergeben die Grundgesamtheit der betrachteten Akteure. Offensichtliche Dubletten wurden automatisiert bereinigt. Bei Aktivität verschiedener Untereinheiten einer Organisation, beispielsweise verschiedene Institute einer Universität, wurden diese auch als separate Akteure behandelt⁹. Dabei wurde angenommen, dass diese Akteure ebenfalls über eine Verbindung zueinander oder der jeweiligen Mutterorganisation verfügen, sofern diese identifizierbar ist. Den betrachteten Netzwerken kommt darüber hinaus eine „Doppelrolle“ zu, da sie sowohl als Vernetzungsebene als auch als eigenständiger Akteur vorkommen. Dies ist methodisch begründet. Als Verbindung im Sinne dieser Studie werden nur direkt mögliche Verbindungen erfasst. Netzwerke sind in FuE-Projekten in der Regel als eigenständiger Akteur vertreten, nicht durch die Gesamtheit ihrer Mitglieder. Anders gesagt: Nur, weil ein

Vernetzungsebene	Gegenstand („identifizierte Aktivitäten“)	Datengrundlage
Wertschöpfungsebene 	Wertschöpfungskoope- rationen: Joint Ventures ^I	Eigene Recherchen auf Basis von Nachrichtenmeldungen auf Newsportalen, Tageszeitungen etc.
Forschungsebene 	Forschungskoope- rationen: Forschungsprojekte, wissen- schaftliche Publikationen	CORDIS-Datenbank der EU, Förderkatalog (auf Basis der aufbereiteten Fassung der Projektdatenbank des Batterieforums ^{II}), Literaturdatenbank SCOPUS
Strategische Ebene 	Strategische Koope- rationen: Interessenverbände, Initiati- ven, Netzwerke o. ä.	Eigene Recherchen zu relevanten Verbänden auf Basis der Angaben der Netzwerks-/Verbandswebseiten
<p>^I Siehe zum Thema Abdeckung auch die Anmerkungen im Abschnitt „Limitationen der Studie“ ^{II} KLiB, 2020</p>		

Tabelle 1: Betrachtungsgegenstände der Analyseebenen und jeweilige Datengrundlage

⁸ Redaktionsschluss für die Datenerfassung: Juli 2020

⁹ Siehe hierzu auch im Abschnitt „Limitationen der Studie“

Technische Grundlagen

Die Grundlage für die Erstellung und Analyse der Datenbasis bildet ein durch die VDI/VDE-IT entwickeltes Data Science-Toolkit. Dessen Elemente und Mechanismen, die für diese Studie zum Einsatz kamen, werden hier kurz skizziert.

Data Warehouse: Um eine Suche über mehrere Datenquellen performant und automatisiert zu ermöglichen, wurden die genannten Datenquellen in einer gemeinsamen Datenbank abgelegt, in der die Einträge auf gemeinsame Kategorien abgebildet sind.

Automatische Erkennung von Akteur-Duplikaten: Die Nennung von Akteuren erfolgt in den Datenquellen nach jeweils unterschiedlichen Regeln und ist mit Eingabefeldern verbunden. Daher werden automatisiert durch Ähnlichkeitsmaße auf Namen, Rechtsformen und Organisationsstypen Duplikate gesucht.

Aufbereitung von Textdaten: Um die Variabilität im Sprachgebrauch zu adressieren und somit eine Vergleichbarkeit unterschiedlicher Texte herzustellen, werden Wörter ohne Informationsgehalt entfernt, die verbleibenden Wörter auf ihre Grundform reduziert.

Keyword-Extraktion: Um die aufbereiteten Textdaten klassifizieren zu können, wurden aus Referenztexten, welche die Kategorien beschreiben, automatisch Wörter extrahiert, welche diese Texte besonders gut beschreiben. Diese wurden über statistische Metriken ermittelt, die den Gebrauch der Wörter im Referenztext mit dem in allgemeinen, umfangreichen Textkorpora vergleichen.

Klassifikation nach Keywords: In den aufbereiteten Texten wird nach den extrahierten Keywords gesucht und zusätzlich über statistische Metriken ein Informationsgehalt der Terme für diesen Text ermittelt. So ist es möglich, zu bestimmen, ob ein Keyword im betrachteten Text von Relevanz ist und in die Klassifikation einfließen soll.

Netzwerk sich an einem FuE-Projekt beteiligt, ist deswegen nicht zwangsläufig eine Verbindungsmöglichkeit zwischen den Akteuren des Projekts und des Netzwerkes gegeben.

Akteursklassifizierung: Die identifizierten Akteure werden den in dieser Studie betrachteten Akteurskategorien (Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Netzwerke/Interessenverbände, Normungs- und Standardisierungsorganisationen [SDO] und Sonstige) zugeordnet. Um die große Anzahl an Daten erfassen zu können, wurde für diese Klassifizierung ein pragmatischer Ansatz gewählt: Als Unternehmen wurden alle Akteure zusammengefasst, die sich aufgrund der Bezeichnung der Rechtsform (z. B. „GmbH“ oder „AG“ bzw. internationale Bezeichnungen wie S.L., S.A.U. oder SE) als solche identifizieren ließen. Hier gilt die Annahme, dass diese Akteure primär wertschöpfende Tätigkeiten verfolgen. Als Forschungseinrichtungen wurden alle Akteure zusammengefasst, die als „Universität“ oder „Institut“ bezeichnet werden. Als Brückenhypothese gilt hier die Annahme, dass diese Akteure primär der Wissensgenerierung dienen. Als Netzwerke wurden Akteure erfasst, die erkennbar als „Verband“ bzw. „Association“ oder unter verwandten Bezeichnungen zu erkennen sind. Analog zu den beiden anderen Kategorien gilt

hier die Annahme, dass diese Akteure primär der Interessenvertretung dienen. Da Normungs- und Standardisierungsorganisationen eine übergeordnete Rolle im Ökosystem innehaben und darüber hinaus Normen und Standards eine wichtige Grundlage für die Entstehung geschlossener Wertschöpfungskettenkreisläufe sind, wurden diese Akteure gesondert betrachtet. Alle Akteure, die auf die genannte Weise nicht klassifiziert werden konnten, wurden unter „Sonstige“ zusammengefasst. Stichprobenartig wurde die getroffene Auswahl geprüft, validiert und Fehlzugeordnungen angepasst.

Klassifizierung der Verbindungen: Auf Basis der Datengrundlage wurde eine Übersicht über die Vernetzung zwischen den Akteuren erstellt. Als Analyseeinheit wird in dieser Studie die Verbindung zwischen zwei Akteuren genutzt, die sogenannte Kante. Diese Verbindungen „entstehen“ aus der Durchführung gemeinsamer Aktivitäten. Diese Aktivitäten können die gemeinsame Durchführung eines Forschungsprojekts, die Mitwirkung an einem Interessenverband oder an einem Joint Venture sein. Als Annahme gilt daher, dass jeder Akteur innerhalb einer der betrachteten Aktivitäten jeweils über eine Verbindung zu jedem anderen an diesen Aktivitäten beteiligten Akteur verfügt¹⁰ - unabhängig davon,

¹⁰ Beispiel: In einem Forschungsprojekt gibt es drei Projektpartner P1, P2 und P3. Daraus ergeben sich folgende Verbindungsmöglichkeiten: P1-P2, P2-P3, P1-P3. Demnach gibt es in diesem Forschungsprojekt drei mögliche Verbindungen.

ob diese Verbindung aktiv genutzt wird. Die Summe aller möglichen Aktivitäten eines Typs (Forschungsprojekt, Interessenverband, Joint Venture) und den daraus entstehenden Verbindungen wiederum stellt die jeweilige Vernetzungsebene dar (siehe Tabelle 1). Alle identifizierten Aktivitäten wurden auf diese Weise nach möglichen Verbindungen untersucht. Eine Klassifizierung der Verbindungen nach inhaltlichen Schwerpunkten wurde anhand der inhaltlichen Beschreibung der betrachteten Aktivitäten vorgenommen. Diese Schwerpunkte entsprechen den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette (siehe Abbildung 2), welche zu den Oberkategorien **Produktion** „P“ (Komponentenfertigung, Batteriezellfertigung, Modul- und Systemmontage, Batterieherstellung¹¹), **Anwendung und Nutzung** „N“ (Produktintegration¹²) und **Ressourcen** „R“ (Recycling¹³, Rohstoffgewinnung, Materialherstellung) zusammengefasst werden. Aufgrund der großen Datenmenge erfolgte die Klassifikation der Forschungsprojekte mittels Data Science-basiertem Ansatz (siehe Infobox „Technische Grundlagen“).

Oftmals sind Themen nicht eindeutig einer Kategorie zuzuordnen. Bei Verbindungen, bei denen zwei oder mehr Themen einen ähnlichen, anhand statistischer Metriken errechneten Scoringwert haben, wurde der Verbindung das Thema

mit dem höchsten Wert zugeordnet. Die Ergebnisse dieser automatisierten Klassifikation wurden stichprobenartig geprüft. Offensichtliche Falschzuordnungen wurden korrigiert, um die Qualität der Klassifikation zu erhöhen. Bei den Netzwerken und Joint Ventures wurde eine manuelle Zuteilung auf Basis einer Experteneinschätzung vorgenommen. In Fällen, in denen eine eindeutige Zuordnung zu einem Schwerpunkt nicht möglich war oder mehrere Wertschöpfungsstufen gleichermaßen relevant sind, wurde die Kategorie mit „Wertschöpfungskettenübergreifend“ angegeben.¹⁴

2.2 Annahmen zu den Rollen und Schnittstellen

Das folgende Kapitel zeigt die grundlegende Struktur des betrachteten Ökosystems Batteriezellfertigung. Dies dient der Verdeutlichung des dieser Studie zugrundeliegenden Verständnisses vom Ökosystem Batteriezellfertigung sowie der darin enthaltenen Rollen und Schnittstellen (siehe Abbildung 3).

Der abstrakten Darstellungsform liegt die Zuordnung der Akteure des Ökosystems Batteriezellfertigung zu den drei Be-



Legende: R – Ressourcen, P – Produktion, N – Nutzung

Abbildung 2: Stufen der Wertschöpfungskette der Batteriezellfertigung mit farblicher Zuordnung und Einordnung der einzelnen Stufen in die Hauptkategorien Ressourcen, Produktion und Nutzung.

11 Ohne Aspekte Nutzung/Anwendung und Ressourcen. Gemeint sind Produktionsthemen, die sich nicht einer konkreten Wertschöpfungsstufe zuordnen lassen. Dazu gehören beispielsweise additive Fertigungsverfahren oder die Herstellung von Maschinen und Anlagen.

12 In dieser Studie wird aus analytischen Gründen ein weites Verständnis von Produktintegration verwendet. Darunter fallen nicht nur die produktionsbedingte Integration in das Produkt, sondern auch Anwendungsmöglichkeiten (exkl. 2nd Use).

13 Ähnlich wie bei der Produktintegration wird auch hier ein weites Verständnis vom Thema Recycling verwendet, welches auch das Thema 2nd Use umfasst.

14 Dies ist etwa bei vielen Netzwerken der Fall. So deckt z. B. die European Battery Alliance in ihren Aktivitäten praktisch die gesamte Wertschöpfungskette ab.

reichen Politik, Forschung und Industrie zugrunde. In dieser abstrahierten Darstellung ist das Ökosystem kreisförmig aufgebaut, wobei die Kategorien Politik, Forschung und Industrie jeweils ein Drittel der Kreisfläche einnehmen. Im Zentrum des Kreises stehen alle identifizierten Akteure, die aus den drei genannten Kategorien stammen.

Auf dem ersten Kreis, der das Zentrum unmittelbar umgibt, sind die **Akteurskategorien** (siehe Akteursklassifizierung) angeordnet. Neben den Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die der Kategorie Industrie respektive der Kategorie Forschung zugeordnet werden können, sind hier Netzwerke aufgeführt. Die Netzwerke bilden eine Schnittstelle zwischen Industrie, Forschung und/oder Politik, so dass hier Akteure aus allen drei Bereichen vertreten sein können. Die Akteure der Kategorie SDO sind an der Schnittstelle zwischen Politik und Industrie angeordnet. Die Akteurskategorie „Sonstige“ ist hier nicht aufgeführt, da sie aufgrund der Unbestimmtheit der darin enthaltenen Akteure nicht eindeutig einem der drei Bereiche zugeordnet werden kann.

Der Kreis mit dem nächstgrößeren Radius repräsentiert die **Vernetzungsebene**, die darstellt, welche Arten der Vernetzung zwischen den Akteurskategorien in dieser Studie be-

trachtet werden. Im Bereich Industrie werden Joint Ventures zwischen Unternehmen berücksichtigt. Daneben werden Vernetzungen über Forschungsprojekte und Netzwerke berücksichtigt. Diese sind auf den Schnittstellen zwischen den einzelnen Bereichen angeordnet, da sie durch Akteure aus mindestens zwei Kategorien aufgebaut sind. Reine Industrieforschungsprojekte werden nicht berücksichtigt.

Auf dem äußeren Kreis sind die betrachteten **Wertschöpfungsstufen** angeordnet. Dies verdeutlicht, dass Unternehmen aus unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen an Joint Ventures beteiligt sein können, bzw. dass das Kerngeschäft des Joint Ventures unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen zugeordnet werden kann. Da sich die Wertschöpfungsstufen in erster Linie auf Unternehmen übertragen lassen, befinden sich diese alle im Bereich Industrie.

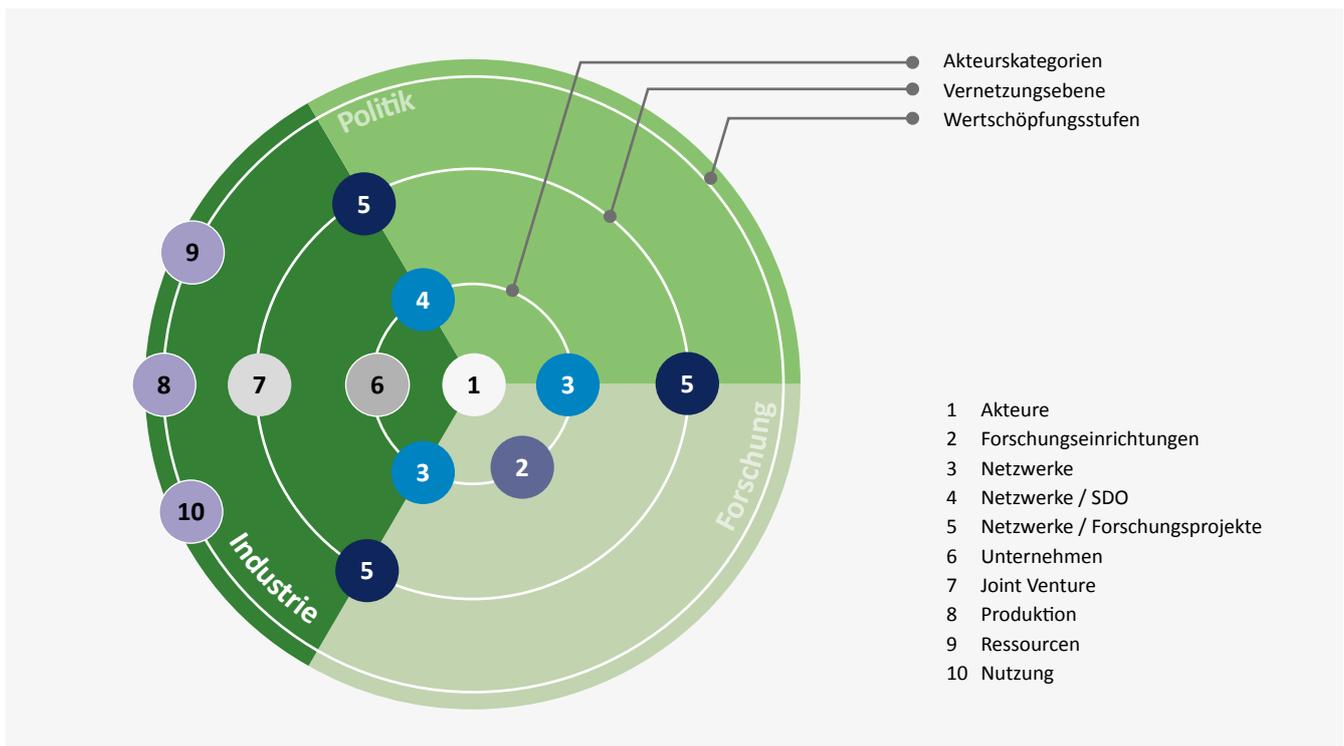


Abbildung 3: Abstrahierte Darstellung des betrachteten Ökosystems

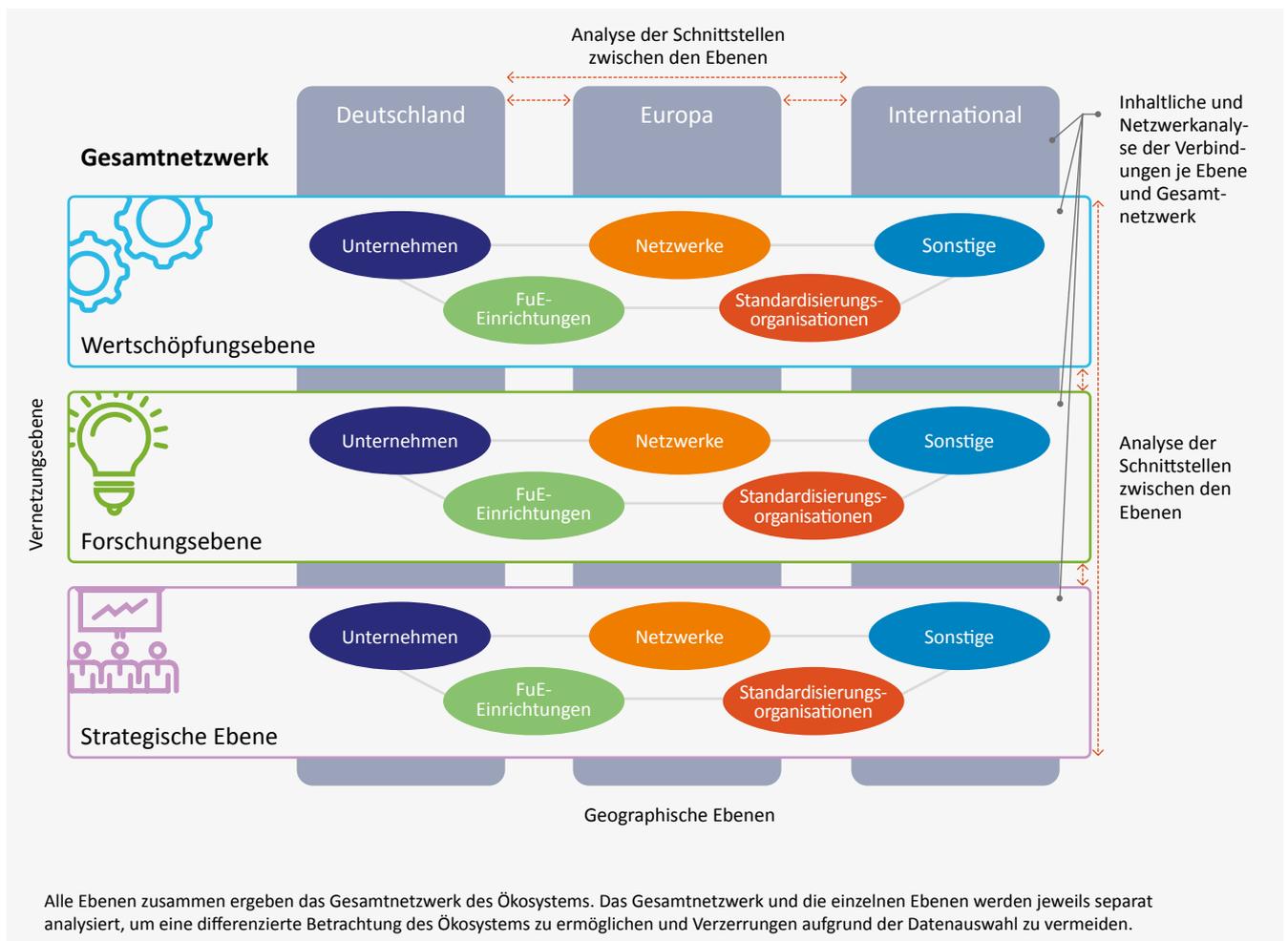


Abbildung 4: Analyseschema dieser Studie entlang der verschiedenen Vernetzungsebenen zur Strukturierung des Vorgehens

2.3 Analyse

Das grundlegende Schema, denen die Analysen in dieser Studie folgen, ist in Abbildung 4 zu sehen. Dieses bildet den Rahmen für die Analyse der identifizierten Einzelverbindungen, die anhand verschiedener Kriterien vorgenommen wird. Die identifizierten Einzelverbindungen bilden dabei die Grundgesamtheit der Verbindungen des Ökosystems Batteriezellfertigung. Die Darstellung des Status Quo und die weiterführenden Analysen wurden für die Vernetzungsebenen Wertschöpfung, Forschung und Strategie sowie für das Gesamtnetzwerk durchgeführt. In jeder dieser Ebenen erfolgt die geografisch differenzierte Betrachtung entsprechend der Ebenen Deutschland und Europa. Je nach Vernetzungsebene wird zudem die internationale Ebene einbezogen. Darüber hinaus werden auch die Schnittstellen zwischen einzelnen Ebenen identifiziert. Schnittstellen sind dabei Akteure, die

Aktivitäten auf mehr als einer der in dieser Studie betrachteten geografischen oder Vernetzungsebenen haben. Sie haben daher die Möglichkeit, Themen, Konzepte oder Fragestellungen, die sie auf einer Ebene behandeln, auch auf einer weiteren Ebene mit anderen Akteuren zu behandeln. In diesem Sinne können sie diese Themen über mehrere Ebenen verbreiten. Folgende Kriterien liegen der Analyse zugrunde:

Gewichtung der Verbindungen: Die Wichtung wird auf einer Skala von 1 bis 3 vorgenommen, um eine stärkere Differenzierung zwischen den einzelnen Vernetzungsebenen darstellen zu können.

- Verbindungen der Ebene *Wertschöpfung* wird der Wert 3 zugewiesen, da anzunehmen ist, dass sie **besonders belastbar und langfristig** sind. Hier besteht auch eine besondere Form der Rezip-



rozität, d. h. alle an einer solchen Verbindung beteiligten Partner erhalten eine konkrete, meist vertraglich festgelegte Gegenleistung für ihre Aktivitäten (z. B. der Zulieferer Geld für produzierte Teile, der OEM die Teile für den Fahrzeugbau). Somit besteht auf beiden Seiten ein starkes Interesse am Fortbestehen der Verbindung.

- Verbindungen der **Forschungsebene** wird der Wert 2 zugewiesen, da eine Zusammenarbeit in Forschungsprojekten zwar durchaus intensiv ausfallen kann, aber das **Fortbestehen der Verbindung an die Bearbeitung von Forschungsthemen geknüpft** ist. Wird ein Thema nicht mehr weiterverfolgt, weil es sich etwa als nicht zukunftsfähig erwiesen hat, verringert sich auch die Chance einer weiteren Zusammenarbeit. 
- Verbindungen auf **strategischer Ebene** wird der Wert 1 zugewiesen. Netzwerke und Interessenverbände bieten gute Vernetzungsmöglichkeiten, aber **keine Garantie für eine enge, reziproke Verbindung ihrer Mitglieder**, zumal Wettbewerber oftmals in

denselben Netzwerken und Interessenverbänden aktiv sind. Darüber hinaus ist die Chance, ohne geeignete Matching-Maßnahmen Kooperationspartner für einen Austausch oder sogar eine Zusammenarbeit zu finden, in sehr großen Netzwerken, wie z. B. dem VDMA, relativ gering. Daher werden Netzwerke als "schwächste" Verbindungsart eingestuft. In einem Ökosystem sind sie dennoch von Relevanz, da sie über die Vielzahl an Vernetzungsmöglichkeiten eine hohe Reichweite bieten. Als eigenständiger korporativer Akteur bündeln und vertreten Netzwerke und Verbände zudem die Interessen ihrer Mitglieder.

Differenzierung nach geografischer Ebene (siehe Tabelle 2): Anhand der Daten erfolgte eine Zuordnung der Aktivitäten zu den geografischen Ebenen Deutschland, Europa, und international, die eine geografisch differenzierte Darstellung innerhalb der Vernetzungsebenen Wertschöpfung, Forschung und Netzwerke erlaubt. Als Zuordnungskriterium

	Deutschland	Europa	International
Wertschöpfungsebene 	Kion Battery Systems, JT Energy Systems, Digital Energy Solutions, VW-VM Forschungsgesellschaft mbH & Co. KG (4 Joint Ventures)	Automotive Cells Company (ACC), Coulomb, Hydro Volt AS, Joint Venture zwischen Iveco, Nikola & FPT Industrial, Joint Venture zwischen VW und Northvolt, Joint Venture zwischen Eneris und Leclanché (6 Joint Ventures)	Weitere Joint Ventures und Wertschöpfungskooperationen (40 Joint Ventures, siehe vollständige Tabelle im Anhang)
Forschungsebene 	Förderkatalog (109 Verbundvorhaben)	CORDIS (92 Projekte)	(SCOPUS) ^{III} (1.240 Publikationen)
Strategische Ebene 	BDE, BEM, BVES, KLiB, VDA, VDMA Batterieproduktion (6 Verbände/Netzwerke)	ACEA, ALISTORE, CLEPA, CNESA, EBA, EBRA, EGVI, EIT InnoEnergy, EIT RawMaterials, ERTRAC, EUCAR, EUROBAT, EURO-METAUX, RECHARGE (14 Verbände/Netzwerke)	BAJ, CNESA, GBA (3 Verbände/Netzwerke)

III Die SCOPUS-Daten werden nicht systematisch in die Analyse mit einbezogen, daher sind sie in der Tabelle ausgegraut. Siehe hierzu den Hinweis im Abschnitt „Differenzierung nach geografischer Ebene“ zur Verwendung der SCOPUS-Daten.

Tabelle 2: Zuordnung der Datenquellen nach geografischer Ebene

diente die Herkunft der Verbindung. Bei Netzwerken ist entscheidend, ob es sich primär um eine europäisch gesteuerte Initiative handelt und auf Forschungsebene, ob geförderte Projekte bspw. durch Bundesmittel oder aus europäischen Mitteln finanziert werden.

Dieses Kriterium ist bei Wertschöpfungs Kooperationen aufgrund der starken Reziprozität der Beziehung nicht zielführend, sodass hier für die Zuordnung entscheidend ist, ob die beteiligten Akteure im internationalen, im europäischen oder im deutschen Raum ansässig sind.

Trotz des Fokus auf Deutschland und Europa diente die internationale Ebene ausschnittsweise als Referenz, da die meisten der betrachteten Aktivitäten auf Wertschöpfungsebene im internationalen Raum stattfinden und auch für die Entwicklung der Batteriezellfertigung wichtige Organisationen, wie z. B. die Global Battery Alliance, international tätig sind. Für die Analyse auf Forschungsebene im internationalen Raum wurde auf die Datenbank SCOPUS zurückgegriffen. Da der Fokus der Datenbank stark auf dem europäischen Raum liegt¹⁵ und im Rahmen von Forschungsprojekten oftmals Publikationen verfasst werden, ist eine Schnittmenge mit den CORDIS- oder Förderkatalog-Daten zu erwarten. Um eine Verzerrung zu vermeiden, wird die internationale Ebene nicht systematisch in die Betrachtung der Verbindungen einbezogen, sondern nur ergänzend betrachtet.

Inhaltliche Analyse der Verbindungen: Über die identifizierten Verbindungen erfolgte eine inhaltliche Analyse der Netzwerke und Interessenverbände, Joint Ventures oder Forschungsprojekte. Grundlage hierfür bildete die zuvor beschriebene Klassifikation einzelner Verbindungen nach Wertschöpfungsstufen in der in Abbildung 2 dargestellten, vereinfachten Einteilung nach Materialien (Materialgewinnung und -produktion), Produktion (Produktion von Komponenten

bis hin zur Produktintegration) und Recycling (inkl. Second Live-Ansätze).

Netzwerkanalyse: Die Beurteilung der Relevanz von Akteuren und ihre Position im Netzwerk erfolgte mittels Analyse des dem Ökosystem zugrundeliegenden Netzwerks nach verschiedenen Parametern einer Netzwerkanalyse¹⁶. Hierbei wurden u. a. der Grad der Vernetzung, der Grad der Nähe und der Grad der „Betweenness“ („Dazwischengehörigkeit“) einzelner Akteure betrachtet. Der **Vernetzungsgrad** ist die Menge aller Kanten eines Akteurs und gibt somit an, über wie viele Verbindungen ein Akteur jeweils mit anderen Akteuren verfügt¹⁷. Er ist daher ein einfaches Maß für die Zentralität eines Knotens¹⁸. Die **Nähe** gibt die Entfernung¹⁹ eines Knotens zu allen anderen Knoten an und zeigt auf, welche Knoten sich im „Zentrum“ des Netzwerkes befinden. Er ist daher beim Erreichen anderer Knoten weniger auf die Vermittlung durch andere Knoten angewiesen²⁰. Die **Betweenness** gibt an, wie oft sich ein Akteur auf kürzestem Weg zu anderen Akteuren befindet. Damit wird ein Maß für die strukturelle Abhängigkeit eines Knotenpaares zu einem dritten Knoten gegeben, also wie viele Knoten ein Knoten miteinander verbindet²¹. Während der Vernetzungsgrad ein **lokales Maß** darstellt, da es nur die Anzahl der „unmittelbaren Nachbarschaft“ eines Knotens misst, sind Nähe und Betweenness sogenannte **globale Maße**. Denn sie setzen einzelne Knoten immer in Bezug zum gesamten Netzwerk. Für die Netzwerkanalyse, ebenso wie zur Erstellung der in dieser Studie gezeigten Netzwerkgrafiken, wurde das Tool Gephi²² verwendet.

2.4 Limitationen der Studie

Analyse tatsächlich „aktiver“ Verbindungen: In der Studie werden Verbindungen zwischen Akteuren betrachtet, die im Sinne dieser Studie als durch die Akteure „aktivierbar“ angesehen werden. Im Hinblick auf zukünftige Kooperationen

¹⁵ vgl. Elsevier, 2020, S. 19

¹⁶ Eine Auseinandersetzung mit den verschiedenen Maßzahlen der Netzwerkanalyse kann an dieser Stelle nicht vorgenommen werden. Hierfür sei auf einschlägige Fachliteratur verwiesen, z. B. Stegbauer, C. (Hg.), 2010 und Stegbauer, C., & Häußling, R. (Hg.), 2010.

¹⁷ Mutschke, 2010, S. 367

¹⁸ „Knoten“ ist ein Begriff aus der Graphentheorie und bezeichnet einen Verbindungspunkt von mindestens zwei Kanten.

¹⁹ Die Entfernung bezieht sich auf die graphentheoretische Distanz, welche zu verstehen ist als „die Zahl der Kanten des kürzesten [zwei Knoten] verbindenden Pfades.“ (Mutschke, 2020, S. 367)

²⁰ Mutschke, 2010, S. 367

²¹ Mutschke, 2010, S. 370

²² gephi.org

gilt somit die Annahme, dass evtl. bereits über gemeinsame Aktivitäten bestehende Verbindungen für zukünftige Aktivitäten reaktiviert werden können. Ob die Verbindungen von den Akteuren auch tatsächlich aktiv genutzt werden, kann auf Basis der verwendeten Daten, mit Ausnahme von aktiven Joint Ventures und laufenden Forschungsprojekten, nicht belegt werden. In diesem Sinne ist das in dieser Studie skizzierte Ökosystem als ein „Möglichkeitsraum“ nutzbarer Verbindungen zu verstehen.

Verzerrungen aufgrund der Datenqualität: Bei der Datenbereinigung wurden Umbenennungen von Akteuren, z. B. in Folge von Unternehmensumstrukturierungen, soweit möglich berücksichtigt. Nicht geprüft wurde, ob einzelne Akteure noch existent oder bereits vom Markt verschwunden sind (z. B. infolge von Kauf durch andere Unternehmen, Insolvenz etc.). Die Daten weisen weiterhin z. T. unterschiedliche Aggregationsebenen von Unternehmen (z. B. Konzern - Tochterfirma, Forschungsgesellschaft - Institut, Universität - Fachbereich) auf. Nicht in jedem Fall ist klar ersichtlich, welcher Unternehmensteil an einer Kooperation beteiligt ist. Außerdem haben manche Unternehmen nationale Ableger in verschiedenen Ländern mit eigener Rechtsform. Um eine möglichst große Detailtiefe, insbesondere bei der geografischen Analyse (z. B. bzgl. der Beantragung von nationalen Fördergeldern, Eingebundenheit in lokale Strukturen)²³ zu erlangen, werden diese verschiedenen Ebenen aufgelöst, soweit dieses möglich ist. Besteht keine nähere Information zum Unternehmensteil oder der Organisationseinheit, wird die Verbindung der jeweiligen Mutterorganisation zugerechnet. Aufgrund der unterschiedlichen Aggregationsebenen der betrachteten Datenquellen kann es zu Verzerrungen bei der Netzwerkdarstellung kommen.

Bias aufgrund der Beschränkung auf öffentlich zugängliche Daten: Kooperationen auf Ebene der Wertschöpfung werden ausschließlich durch öffentlich bekanntgegebene Joint Ventures dargestellt. Zuliefererbeziehungen oder andere Formen der Unternehmenskooperation werden nur in Ausnahmefällen öffentlich gemacht. Daher existiert eine unbestimmte Anzahl an Verbindungen, die in dieser Studie nicht erfasst werden. Darüber hinaus verfügen einige der betrachteten Netzwerke über mehrere Hundert Mitglieder. Sofern keine strukturierten und für die einfache Bearbeitung in einem maschinenlesbaren Format vorliegenden Mit-

gliederlisten (z. B. als Excel-Datei) verfügbar waren, können diese aufgrund ihres Umfangs nur auszugsweise dargestellt werden (siehe Übersicht im Anhang). Daher werden in dieser Studie nur einzelne besonders relevante Initiativen und Interessenverbände (z. B. GBA und EBA) vollständig abgebildet. Außerdem werden bei der Betrachtung der Forschungsebene keine Forschungsprojekte aus nationaler Förderung der europäischen Mitgliedstaaten berücksichtigt²⁴, sondern nur Projekte aus der CORDIS-Datenbank. Daher ist die Vernetzung auf Forschungsebene bezogen auf den gesamten europäischen Raum voraussichtlich auch größer als in dieser Studie dargestellt.

Technische Grenzen von Data Science-Ansätzen: Aufgrund der in dieser Studie verwendeten großen Datenmenge erfolgte die Verarbeitung dieser mittels Data Science-Ansätzen. Data Science-Ansätze können dabei viele Abläufe erleichtern und bei der inhaltlichen Analyse großer Datenmengen unterstützen. Bereits im Vorfeld dieser Studie konnten sehr gute Ergebnisse mit den verwendeten Methoden erzielt werden. Dennoch sind „false positives“ etwa bei der automatisierten Klassifikation der Daten auf Forschungsebene nicht auszuschließen.

²³ Dies gilt zum Beispiel dann, wenn ein Unternehmen eine Tochterfirma in einem anderen Land gründet, um dort Zugang zu nationalen Fördermitteln zu bekommen.

²⁴ Deutschland wird in dieser Studie aufgrund des Fokus auf Deutschland im Ökosystem als eigene Ebene separat von der europäischen Ebene betrachtet.

3 ENTWICKLUNG DER BATTERIEZELLFERTIGUNG IN DEUTSCHLAND UND EUROPA

Kernerkenntnisse

- Erwarteter Anstieg des **globalen Marktbedarfs** an Lithium-Ionen-Batterien von 200 GWh/a in 2019 auf etwa **1.200 GWh/a bis 2030**.
- Laut Herstellerangaben steigt die **Batteriezellfertigungskapazität am Standort Europa** (inkl. IPCEIs) bis 2030 auf **bis zu 595 GWh/a**, global auf bis zu 2.100 GWh/a. Dieser Idealfall sieht vor, dass alle

Produktionsstätten wie geplant errichtet werden und unter Volllast ohne Ausschuss produzieren.

- Der **Anteil europäischer Zellhersteller** an den Produktionskapazitäten in Europa wird bis 2030 auf **ca. 50 Prozent** anwachsen.
- Durch die IPCEIs werden die europäische Zellproduktion hochgefahren, substantielle Innovationen in den Markt eingeführt und ein starkes Akteursnetzwerk entlang der gesamten Wertschöpfungskette geschaffen.

Für die **Wettbewerbsfähigkeit ihres Automobilssektors** sieht die EU in der **Entwicklung und Produktion von Batterien in Europa** eine **strategische Notwendigkeit**²⁵. Einer internen Marktanalyse der vom BMWi beauftragten wissenschaftlichen Begleitung Batteriezellfertigung zufolge ist der Bereich **Automotive bereits klarer Leitmarkt** für Lithium-Ionen-Batterien. Etwa zwei von drei LIB-Zellen wurden 2018 für Anwendungen im Automobilbereich benötigt.

In den kommenden Jahren wird der Bedarf deutlich zunehmen. Fahrzeughersteller müssen die durchschnittliche Kohlendioxid (CO₂)-Emission ihrer Flotte senken und dazu das **Inverkehrbringen von emissionsarmen und emissionsfreien Fahrzeugen beschleunigen**, um hohe Strafzahlungen zu vermeiden. Hierbei spielen Plug-in Hybride (PHEV) sowie batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und damit Batterien eine zentrale Rolle²⁶. Während die EU-weiten CO₂-Emissionsziele für Fahrzeugflotten eine deutliche Reduktion der Emissionen bereits 2020 vorsehen²⁷, lag die durchschnittliche Emission von PKW, die 2019 in der EU²⁸ zugelassen wurden, mit 122,4 Gramm CO₂ pro Kilometer deutlich oberhalb des 2020 in Kraft tretenden strengeren Grenzwertes von 95 g CO₂/km. Nach mehreren Jahren des zaghaften Wachstums steigt infolgedessen die **Zahl der in der EU produzierten** (und damit auf dem Markt verfügbaren) **EV-Modelle** laut einer Studie von T&E²⁹ stark an: Ausgehend von etwa 60 BEV-, PHEV- und

Brennstoffzellen- (FCEV) Modellen, die Ende 2018 verfügbar waren, wird ein Anstieg auf **214 Modelle im Jahr 2021** erwartet. In Kombination mit steigenden Zulassungszahlen zeichnet sich eine signifikante Steigerung des Bedarfs an Batterie(zelle)n ab.

Laut Prognose einer aktuellen Studie zeichnet sich ein Anstieg des globalen Marktbedarfs an LIB auf etwa 1.200 GWh bis 2030 ab³⁰. Im gleichen Zeitraum wird die globale Batteriezellfertigungskapazität laut Herstellerangaben 2.100 GWh/a erreichen. Voraussetzung für diesen Idealfall ist, dass alle Produktionsstätten wie geplant errichtet werden und bei voller Auslastung Zellen ohne Ausschuss produzieren. Abbildung 5 zeigt den Anstieg der **Produktionskapazität in Europa** von derzeit etwa 20 GWh/a auf etwa 595 GWh/a in 2030. Demnach werden Produktionsstätten für Batterie-zellen vor allem in Deutschland, Polen, Schweden, UK und Ungarn errichtet. Hierbei sind auch **europäische Hersteller maßgeblich beteiligt**. Während sie derzeit noch keine nennenswerten Produktionskapazitäten in Europa besitzen, wird ihr **Anteil bis 2030 auf etwa 50 Prozent** anwachsen.

Angetrieben von den CO₂-Zielen der EU für Fahrzeugflotten, **investierten Autobauer und Weitere** laut T&E³¹ mit 60 Mrd. Euro **2019 etwa 3,5-mal so viel in die Elektromobilität in Europa wie in China**. Angesichts des Umfangs und der Ge-

25 European Commission, 2018

26 Transport and Environment, 2019

27 European Commission, 2019b

28 EU-27 sowie UK, Island und Norwegen

29 ebd.

30 Avicenne, 2020

31 Transport & Environment, 2020

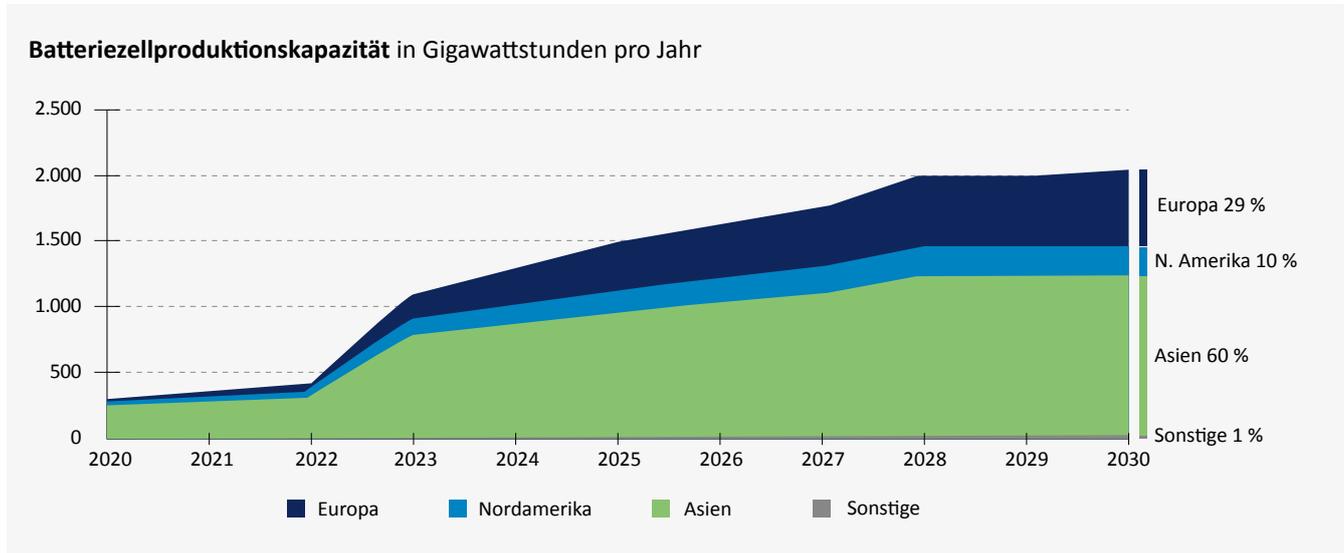


Abbildung 5: Zeitliche Entwicklung der jährlichen Produktionskapazität von Batteriezellen in Europa. Quelle: Analyse der wissenschaftlichen Begleitung Batteriezellfertigung auf Basis von öffentlich zugänglichen Informationsquellen

schwindigkeit der getätigten sowie der weiterhin erforderlichen Investitionen, kann diese strategische Herausforderung nicht fragmentiert angegangen werden. Daher werden in den **IPCEI zur Batteriezellfertigung grenzüberschreitende Arbeiten** in den vier Bereichen Rohstoffe und moderne Werkstoffe, Zellen und Module, Batteriesysteme sowie Umnutzung, Recycling und Raffination gefördert. Somit soll nicht nur die **europäische Zellproduktion** hochgefahren, sondern auch ein europäisches Konzept umgesetzt werden, das die **gesamte Wertschöpfungskette des Ökosystems** Batterien abdeckt und Nachhaltigkeit fokussiert. Für den erfolgreichen Aufbau eines nachhaltigen und lebendigen Batterieökosystems ist es notwendig, einen grundlegenden Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand des Ökosystems zu haben.

4 STATUS QUO DES ÖKOSYSTEMS IN DEUTSCHLAND UND EUROPA

Kernerkenntnisse

- Das **Ökosystem wird stark durch Unternehmen dominiert**, denn Unternehmen stellen in jeder Vernetzungsebene die größte Akteursgruppe im betrachteten Ökosystem dar, mit großem Abstand gefolgt von Forschungseinrichtungen.
- Unter den **TOP 10** der am meisten vernetzen Akteure befinden sich über die verschiedenen Vernetzungsebenen hinweg **überwiegend international agierende Großunternehmen**.
- Das Thema **Produktion** nimmt aufgrund des großen Anteils an Netzwerkverbindungen einen **Schwerpunkt im Ökosystem auf europäischer Ebene** ein.
- Die identifizierten Verbindungen auf Forschungsebene lassen sich vor allem den Aspekten der Nutzung und Produktion zuordnen, wobei hierbei regionale Unterschiede zwischen Deutschland und Europa zu beobachten sind. In **Deutschland** wird das Thema Produktion in der Forschung stärker behandelt als in Europa.
- Die Akteurskategorie der **Unternehmen** stellt im Vergleich zu den anderen Kategorien die **meisten Schnittstellen** (Akteure mit Aktivitäten auf mehreren Ebenen) zwischen verschiedenen Ebenen dar.
- Im Vergleich zur Grundgesamtheit (n=3.178) der betrachteten Akteure gibt es **vergleichsweise wenige Akteure**, die **als Schnittstelle zwischen deutschen und europäischen Aktivitäten** fungieren (ca. fünf Prozent).

Für eine erfolgreiche Etablierung der Schlüsselbranche Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa ist unter anderem der Aufbau eines dynamischen und gut vernetzten Ökosystems notwendig, in das diese Schlüsselbranche „eingebettet“ ist. In Europa gibt es bereits viele Akteure mit geeigneten Kompetenzen, die für den Aufbau einer Batteriezellfertigung notwendig sind. Beispielhaft erwähnt seien hier die starke Forschungslandschaft sowie die Kompetenzen der deutschen Maschinen- und Anlagenbauer. Dennoch existieren entlang der Wertschöpfungskette auch offenkundige Schwachstellen in Europa, wie etwa der nur schwache Zugang zu strategisch wichtigen Rohstoffen. Bevor in Kapitel 5 eine Betrachtung der Lücken erfolgt, wird im Folgenden zunächst der „Status Quo“ des Ökosystems aufgezeigt, wie er sich anhand der in dieser Studie verwendeten Datengrundlagen darstellt.

4.1 Akteure und Treiber

Im Ökosystem Batteriezellfertigung befindet sich **eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure**, die in die **fünf Kategorien „Unternehmen“, „Forschungseinrichtungen“, „Netzwerke“, „Standardisierungsorganisationen“ und „Sonstige“** eingeordnet werden. Abbildung 6 zeigt die Anzahl und die Verteilung der einzelnen Kategorien für das gesamte Ökosystem sowie je Vernetzungsebene. Insgesamt sind in allen betrachteten Verbindungen Unternehmen die dominierende Gruppe (81 Prozent). Dies resultiert insbesondere aus der großen

Anzahl an Unternehmen in den betrachteten Netzwerken. Aber auch auf Forschungsebene dominieren Unternehmen mit einem Anteil von 67 Prozent an allen Akteuren auf dieser Ebene. Wie zu erwarten, sind vor allem Forschungseinrichtungen auf Forschungsebene vertreten.

In den betrachteten Akteurskategorien findet sich eine **große Bandbreite unterschiedlicher Akteure** wieder. In der Gruppe der **Unternehmen** sind sowohl international agierende Großunternehmen und Konzerne als auch kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) vertreten. Erstere gehören oftmals zu den besonders stark vernetzten Unternehmen. Inhaltlich decken die Aktivitäten der beteiligten Unternehmen die gesamte Wertschöpfungskette ab (siehe auch Kapitel 4.2 und Kapitel 5). Bei den Forschungseinrichtungen reicht die Bandbreite von Universitäten, teilweise durch mehrere Institute vertreten, über große Forschungsorganisationen bis hin zu öffentlichen und privatwirtschaftlichen Forschungsinstituten. In der Kategorie **Netzwerke** finden sich vor allem zahlreiche große Interessenverbände. Als eigenständige Akteure³² sind hier sowohl reine Automobilverbände als auch batterie- und speicherzentrierte Verbände, Netzwerke und Plattformen vertreten. Weiterhin finden sich zahlreiche Akteure im Ökosystem Batteriezellfertigung, die keiner der drei zuvor genannten Kategorien zuzuordnen sind und daher unter **Sonstige** zusammengefasst sind. Diese Kategorie umfasst vor allem Gemeinden und Städte, aber auch öffentliche Einrichtungen, wie beispielsweise die Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Auch die Europäische Kommission ist über

³² Diese sind von den Netzwerken und Interessenverbänden zu unterscheiden, die auf Vernetzungsebene betrachtet werden. Siehe hierzu auch die methodischen Anmerkungen in Kapitel 2.1.

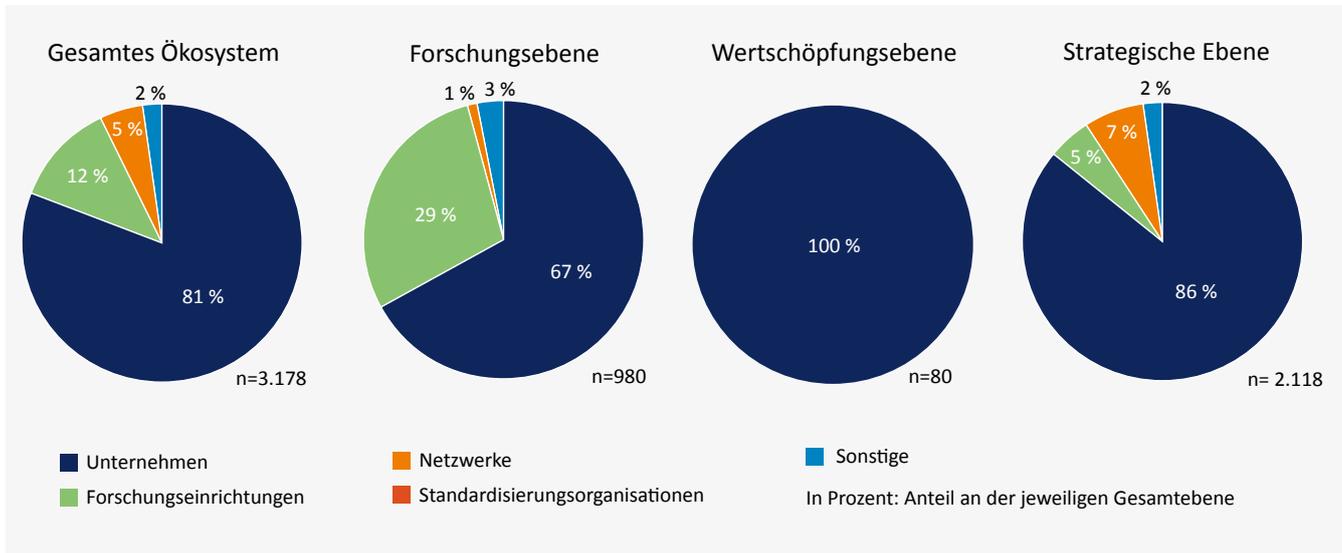


Abbildung 6: Anzahl der Akteure je Verbindungsebene

verschiedene Generaldirektionen und deren Mitwirkung an Netzwerken direkt ins Ökosystem eingebunden. Ferner sind in dieser Gruppe auch Handelskammern oder Geldgeber (z. B. der European Fund for Strategic Investments) zu finden. Hervorzuheben ist außerdem, dass vier **Standardisierungsorganisationen**, DIN, DKE, CEN, CEN/CENELEC und die spanische Normungs- und Zertifizierungsgesellschaft, Asociacion Espanola De Normalizacion, in die identifizierten Aktivitäten eingebunden sind. Diese werden aufgrund ihrer besonderen Bedeutung für die Normung, Standardisierung und Zertifizierung im Ökosystem trotz ihrer nur sehr geringen Anzahl als eigene Gruppe dargestellt.

Alle Vernetzungsebenen zusammen betrachtet, finden sich unter den **am stärksten vernetzten Akteuren**, also den Akteuren, die über besonders viele Verbindungen zu anderen Akteuren verfügen, überwiegend international agierende Großunternehmen³³. So befindet sich in den Top 5 der am meisten vernetzten Akteure lediglich eine größere Forschungsorganisation, die ebenfalls europaweit agiert. Unter der Einschränkung, dass die internationale Ebene in dieser Studie nur bedingt betrachtet wurde, ist festzustellen, dass sich unter den am meisten vernetzten Akteuren (Top 10) fast ausschließlich deutsche Akteure befinden.

Ein anderes Bild ergibt sich bei alleiniger Betrachtung der Forschungs- oder der Wertschöpfungsebene: Auf For-

schungsebene sind vor **allem Forschungseinrichtungen aus dem europäischen Raum stark vernetzt** - unter den Top 5 finden sich hier zwei größere deutsche Forschungsorganisationen. Bedingt durch den hohen Anteil internationaler Aktivitäten, befinden sich unter den Top 5 auf Wertschöpfungsebene ausschließlich international agierende Großunternehmen, von denen lediglich eines aus dem europäischen Raum (ohne Deutschland) stammt. Hier ist eine starke asiatische Präsenz in den betrachteten Aktivitäten festzustellen. Erweitert man den Kreis auf die Top 10, befinden sich auch auf internationaler Ebene zwei deutsche Unternehmen unter den am stärksten vernetzten Akteuren der Wertschöpfungsebene.

Betrachtet man das **Ökosystem differenziert nur nach geografischer Ebenen**, also ohne Unterscheidung zwischen Wertschöpfungs-, Forschungs- und strategischer Ebene, sind auch hier, mit Ausnahme der europäischen Ebene, fast ausschließlich international agierende Großunternehmen unter den am stärksten vernetzten Akteuren zu finden. Die europäische Ebene bildet eine Ausnahme. Hier ist nicht nur der Anteil der Forschungseinrichtungen in den Top 5 bzw. Top 10 deutlich größer, sondern es finden sich Akteure, die in anderen Ebenen nicht zu den am stärksten vernetzten Akteuren zählen, darunter auch ein größerer, europäischer OEM. Dies liegt vor allem an dem großen Anteil an Netzwerkverbindungen, welche auch diesen Akteuren die Möglichkeit bieten,

33 Da der Fokus in dieser Studie vor allem auf Deutschland und Europa lag und auch entsprechende Datengrundlagen verwendet wurden, ist hier eine gewisse Verzerrung zu erwarten.

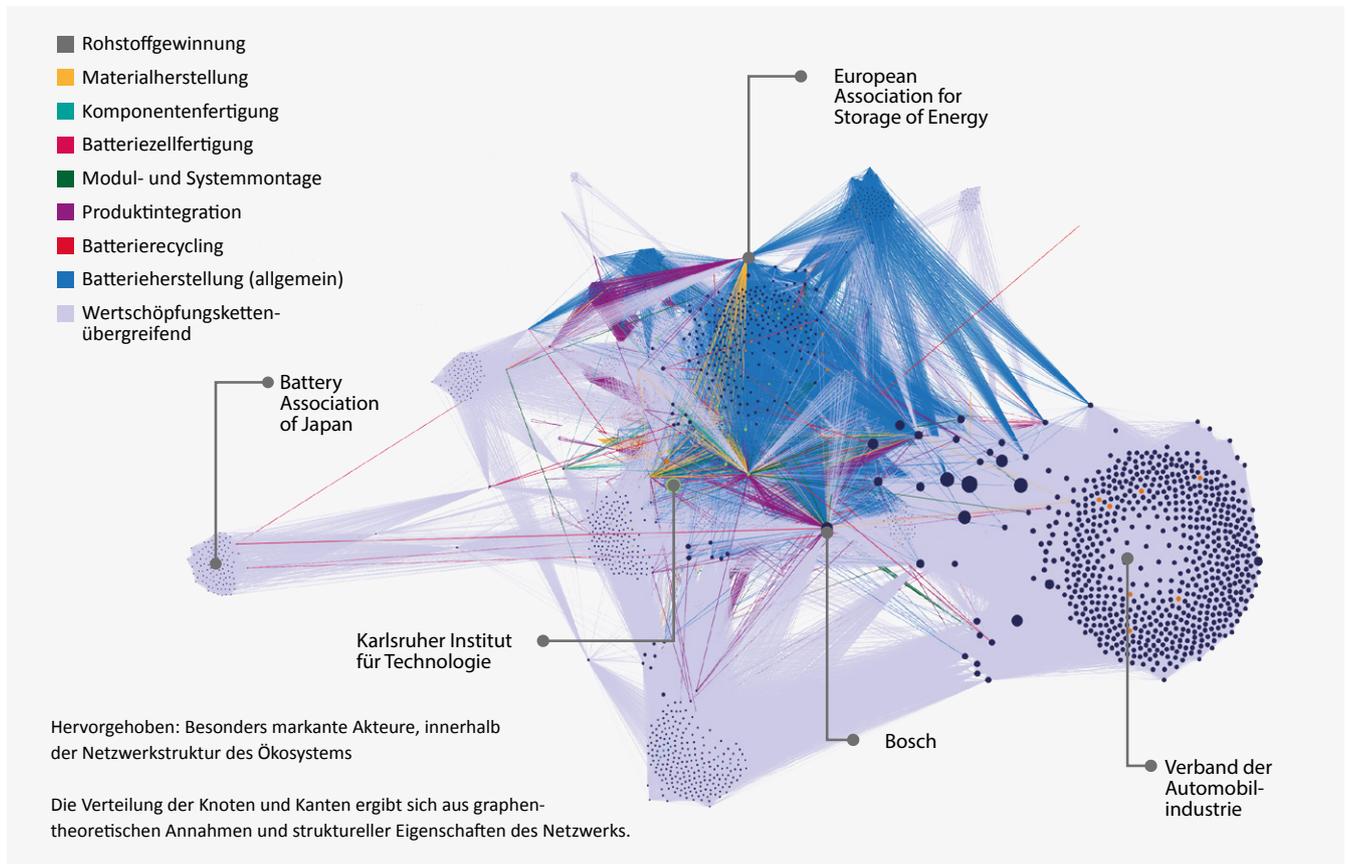


Abbildung 7: Überblick über das gesamte Ökosystem über alle Ebenen nach Wertschöpfungsstufen

sich mit vielen anderen Akteuren zu verknüpfen. Insgesamt ist bei den vorhergehenden Betrachtungen in Hinblick auf die Aussagekraft aber auch die in dieser Studie getroffene Datenauswahl zu berücksichtigen.

4.2 Schnittstellen und Verbindungen

Die Netzwerkdarstellung des in dieser Studie betrachteten Ökosystems Batteriezellfertigung in Abbildung 7 gibt einen **Überblick über dessen Struktur und Vernetzungen**. Alle identifizierten Akteure werden durch einen Knoten repräsentiert, dessen Fläche proportional zur Anzahl an Verbindungen ist. Akteure, die zahlreiche Verbindungen in viele Bereiche des Ökosystems aufweisen, werden durch vergleichsweise große Knoten in exponierter Lage repräsentiert. Diejenigen Akteure, die wenige Verbindungen aufweisen, werden durch vergleichsweise kleine Knoten repräsentiert, die oftmals ag-

glomerieren. Auffällig sind mehrere Agglomerate³⁴, bei denen es sich um Ansammlungen von Akteuren handelt, die alle innerhalb dieses Agglomerats miteinander verbunden sind, aber wenige oder keine Verbindungen zu Akteuren außerhalb des jeweiligen Agglomerats besitzen. Im betrachteten Ökosystem bilden vor allem die Mitglieder von Netzwerken und Interessenverbänden Agglomerate. Beispielhaft hervorgehoben sind der VDA, rechts im Bild, sowie die Battery Association of Japan (BAJ), links im Bild. Obwohl z. B. der VDA eine besonders große Anzahl an Mitgliedern aufweist, konnten nur wenige Mitglieder identifiziert werden, die auch mit Akteuren aus anderen Kontexten des Ökosystems, z. B. anderen Verbänden oder Forschungsprojekten, verbunden sind. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für andere Verbände und Netzwerke, wie z. B. die VDMA Batterieproduktion oder die CLEPA. Das bedeutet, dass innerhalb der Netzwerke zwar sehr viele Zugangsmöglichkeiten zu anderen Akteuren (Mitgliedern) bestehen, aber nur wenige Verbindungen zum

³⁴ Diese wie auch die folgenden Netzwerkgrafiken zeigen keine geografisch korrekte Verteilung der Akteure auf. Die Abbildungen zeigen vielmehr, wie die Akteure anhand graphentheoretischer Prämissen und struktureller Eigenschaften des Netzwerks verteilt sind.

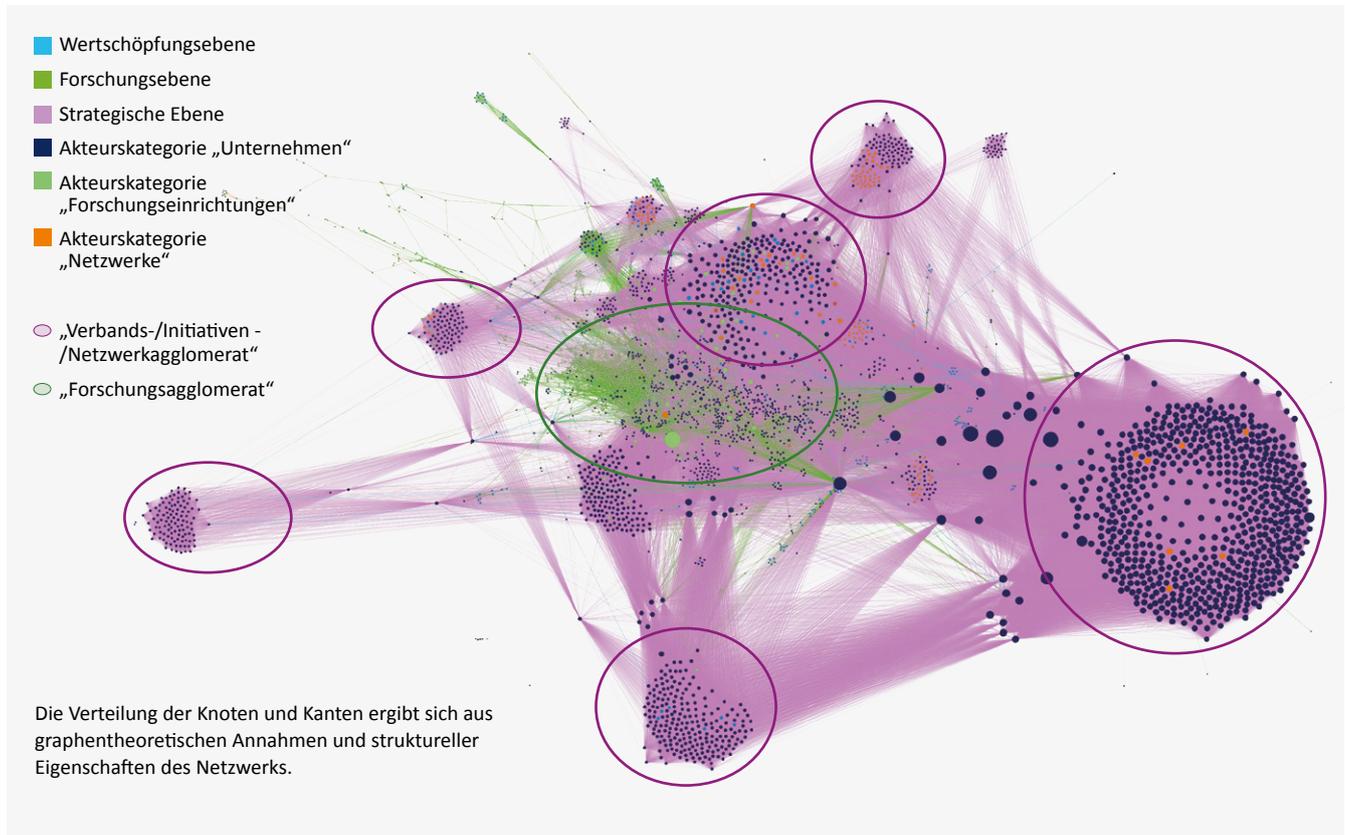


Abbildung 8: Überblick über das gesamte Ökosystem nach Vernetzungsebene mit beispielhafter Hervorhebung einzelner Agglomerate.

restlichen Ökosystem. Somit weisen diese Verbände und Netzwerke eine gewisse Binnenwirkung auf. Trotz dieser Binnenwirkung bedeutet das nicht, dass Verbände und Netzwerke für das Gesamtökosystem Batteriezellfertigung nicht relevant sind, sondern, dass viele Mitglieder mit Relevanz für das Ökosystem derzeit noch nicht entsprechend über Vernetzungen zu anderen Akteuren außerhalb der Verbände und Netzwerke verfügen, in denen sie Mitglieder sind³⁵.

Innerhalb des Ökosystems ist zudem ein **Agglomerat** von Forschungsprojekten zu finden (siehe Abbildung 8), dessen Grenzen verglichen mit denen der Netzwerke weniger scharf verlaufen. Entsprechend sind die Akteure aus der Forschung heterogener im Ökosystem vernetzt. Dies ist zum einen auf die im Vergleich zu Interessenverbänden geringere Anzahl an Akteuren pro Forschungsprojekt zurückzuführen, zum anderen gibt es auch über Forschungsprojekte hinweg mehrere Schnittmengen. Daher wird das Agglomerat von Forschungsprojekten quasi in die Breite „gezogen“, weshalb einzelne

Forschungsprojekte eine geringere Binnenwirkung aufweisen als Netzwerke. Abbildung 9, welche nur die Vernetzung über Forschungsprojekte darstellt, verdeutlicht die heterogene Verteilung der Akteure im Ökosystem.

Die Anzahl an Joint Ventures, die in dieser Studie betrachtet wurden, fällt im Vergleich zu der Anzahl an Forschungsprojekten bzw. Netzwerken gering aus. Folglich sind verhältnismäßig wenige Akteure daran beteiligt, so dass auf dieser Ebene keine Agglomeration festzustellen ist. Das bedeutet auch, dass die **Joint Ventures untereinander kaum vernetzt** sind, etwa durch Schnittmengen bei den beteiligten Akteuren, und sie deshalb eher für sich allein stehen. Da die an Joint Ventures beteiligten Akteure auch in Netzwerken oder Forschungsprojekten eingebunden sind, fungieren sie hier als Schnittstellen zu diesen Agglomeraten (siehe nächster Abschnitt).

³⁵ Dies ist vorbehaltlich der Einschränkung zu sehen, dass, wie eingangs in Kapitel 2 erläutert, im Rahmen dieser Studie nur öffentlich zugängliche Verbindungen dargestellt werden.

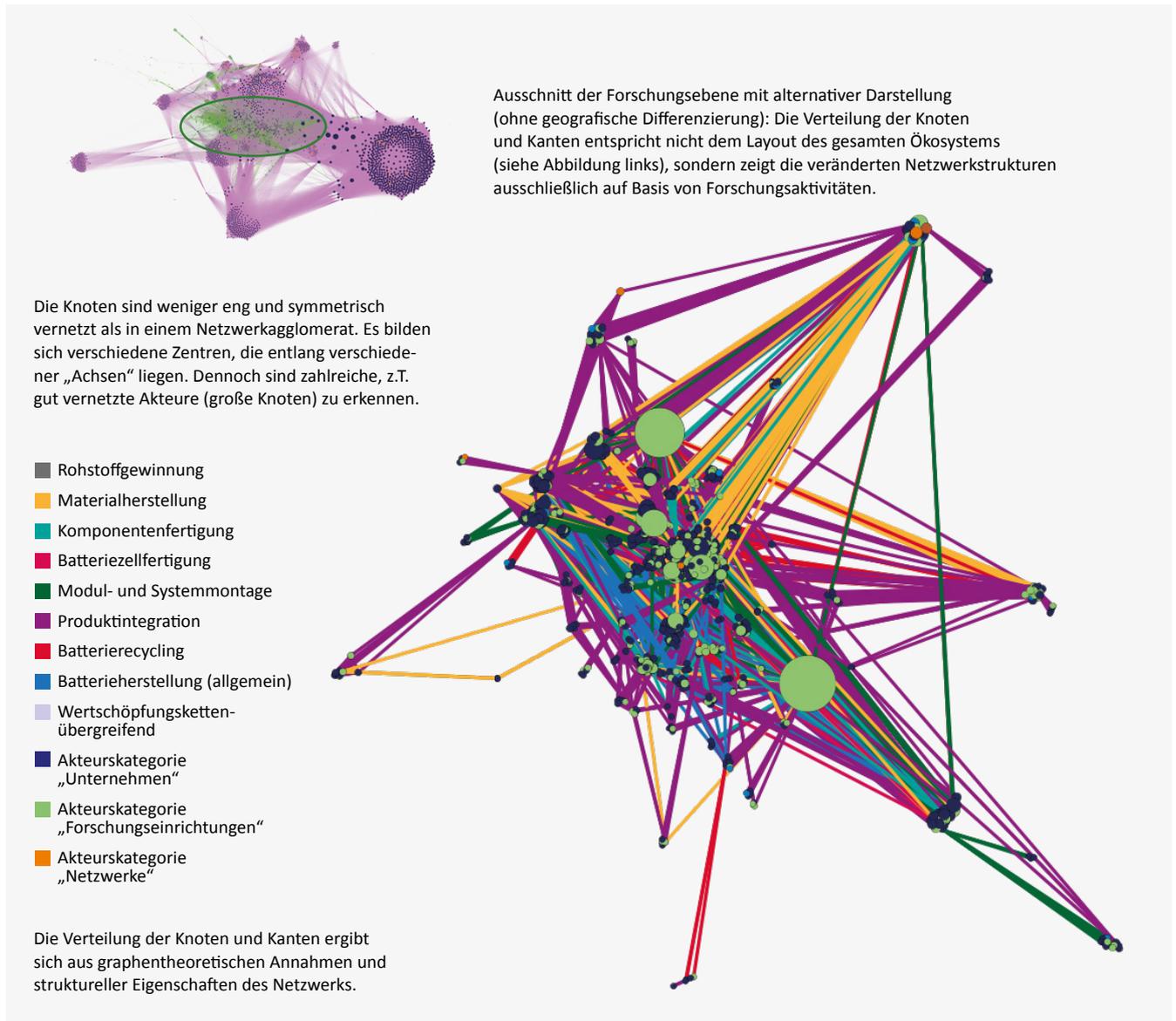


Abbildung 9: Fokus auf die Forschungsebene: Vernetzung über Forschungsprojekte und Verteilung der Akteure

Analysiert man das **Ökosystem differenziert nach den einzelnen Ebenen**, zeigt sich, dass der Großteil der in dieser Studie identifizierten Verbindungen unabhängig von der betrachteten Region über Netzwerke realisiert wird (Abbildung 10). Dabei kennzeichnet eine Verbindung immer einen direkten Kontakt zweier Akteure. Die Zahl der Verbindungen ist also nicht identisch mit der Anzahl an Aktivitäten im Sinne von Forschungsprojekten, Netzwerken oder Joint Ventures.

Netzwerke und Verbände weisen im Vergleich zu Forschungsprojekten oder Joint Ventures in der Regel eine größere Anzahl an Mitgliedern auf und können somit eine **größere**

Reichweite generieren. Zu beachten ist jedoch, dass in dieser Studie nur öffentlich bekannte Joint Ventures berücksichtigt werden konnten und andere Wertschöpfungskooperationen, wie z. B. strategische Kooperationen oder Zuliefererbeziehungen, die einen nicht geringen Anteil an Verbindungen zwischen den betrachteten Akteuren und darüber hinaus ausmachen dürften, keine Berücksichtigung fanden.

Eine nach den Regionen *Deutschland* und *Europa* sowie den Ebenen *Wertschöpfung*, *Forschung* und *Netzwerke* differenzierte Betrachtung der in dieser Studie identifizierten Aktivitäten belegt die **Dominanz von Netzwerken** bei der

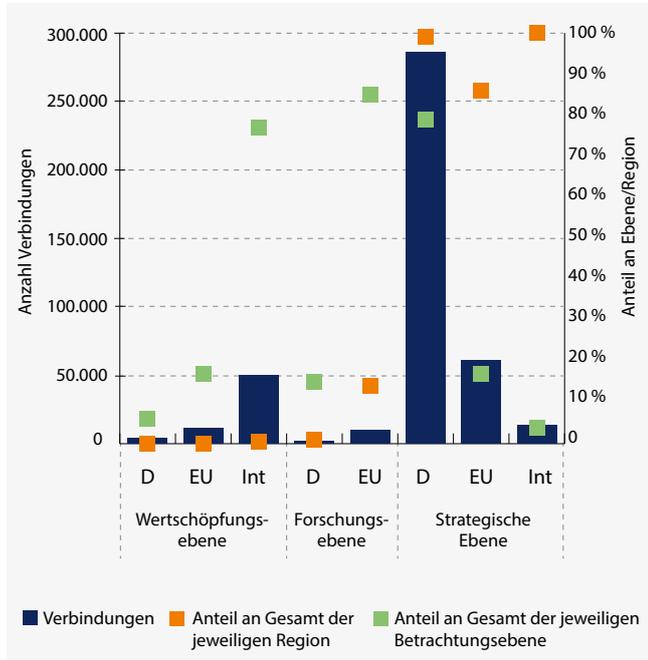


Abbildung 10: Anzahl Verbindungen des Gesamtnetzwerkes nach Ebene. Zur Einordnung wird in Prozent deren jeweiliger Anteil an allen Verbindungen der jeweiligen Vernetzungsebene sowie der jeweiligen geografischen Ebene dargestellt.

Verbindung von Akteuren. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass auf Ebene der Forschung nur die deutsche und die europäische Ebene in die Betrachtung eingeflossen ist³⁶. Auf Ebene der *deutschen Aktivitäten* im Bereich Batteriezellfertigung werden mit ca. 99 Prozent nahezu alle identifizierten Verbindungen über Netzwerke realisiert. Etwa ein Prozent der Verbindungen besteht über Forschungsaktivitäten. Auf *europäischer Ebene* bestehen rund 86 Prozent der Verbindungen über gemeinsame Mitgliedschaften in Netzwerken und ca. 14 Prozent über Forschungsaktivitäten. In der Vernetzungsebene *Forschung* finden 15 Prozent der Aktivitäten in Deutschland und 85 Prozent in Europa statt. Die internationale Ebene wurde hier nicht betrachtet. In der Vernetzungsebene *Wertschöpfung* finden sich auf europäischer Ebene 17 Prozent und auf deutscher Ebene sechs Prozent aller Verbindungen im Bereich der Batteriezellfertigung. Die meisten der auf dieser Ebene über Joint Ventures verbundenen Akteure sind auf internationaler Ebene zu finden.

Auf Forschungsebene bestehen die meisten Verbindungen aufgrund von Aktivitäten, die den Aspekt der *Nutzung* von Batteriespeichern fokussieren, dicht gefolgt vom Themenschwerpunkt *Produktion* (siehe Abbildung 11). Hier zeigen

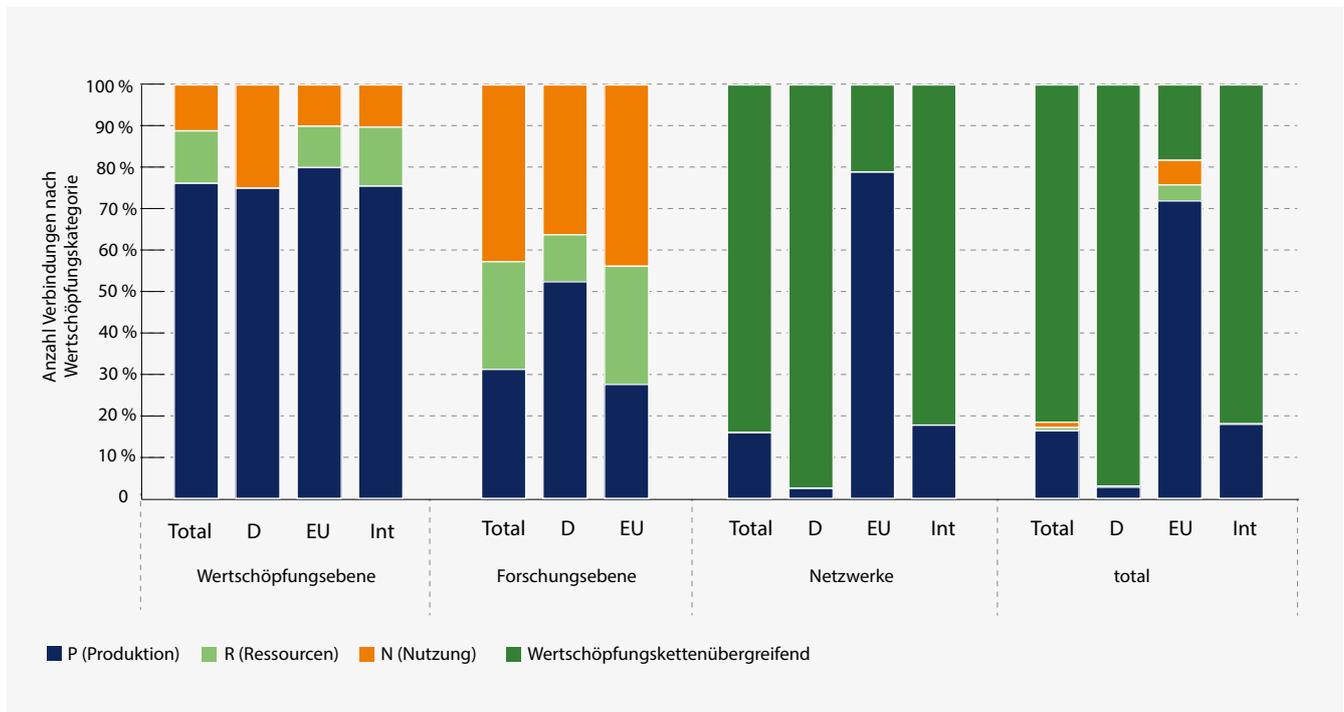


Abbildung 11: Thematische Schwerpunkte der Verbindungen nach den übergeordneten Wertschöpfungskategorien

36 Siehe hierzu in Kapitel 2 den Hinweis zur Datengrundlage.

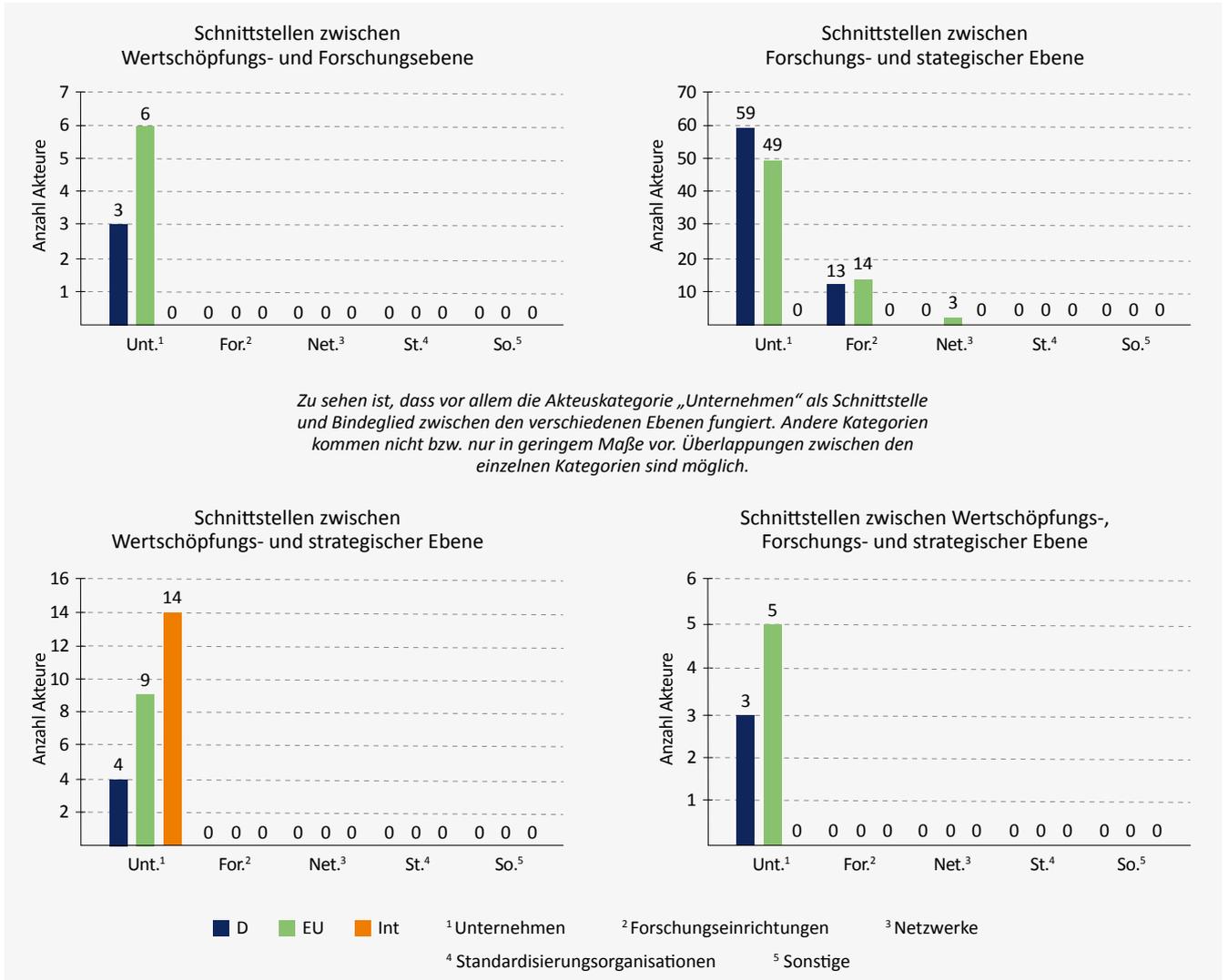


Abbildung 12: Schnittstellen zwischen den verschiedenen Vernetzungsebenen nach Akteurstyp

sich jedoch regionale Unterschiede. In **Deutschland wird die Produktion stärker in der Forschung adressiert** als auf europäischer Ebene. Die Nutzung adressieren vor allem Projekte im Bereich der Elektromobilität, in denen die Batterie nur einen Teilaspekt des Projekts ausmacht. Häufig werden dabei Leistungsparameter von Batterien untersucht, die Einfluss auf die Reichweite von Elektrofahrzeugen und somit auch auf die Entwicklung von Ladetechnologien haben. Auf Basis von identifizierten *Forschungskooperationen* zum Thema *Ressourcen* sind im Vergleich zu den anderen beiden Themen geringfügig weniger Verbindungen zu finden. Verbindungen zum Thema *Materialgewinnung* sind kaum vorhanden.

Über alle Vernetzungsebenen hinweg ist die **Produktion ein Themenschwerpunkt im Ökosystem**, was insbesondere auf den großen Anteil an Netzwerkverbindungen zu diesem Thema zurückzuführen ist, weshalb dies nichts über die tatsächlichen Produktionskapazitäten in Deutschland aussagt. Insbesondere die Zuordnung großer Netzwerke, die sich übergreifend mit der Batteriezellfertigung beschäftigen, zu einem Themenschwerpunkt verzerren das Bild, da diese zum Teil auch weitere Themen abdecken. Auch auf Ebene der Wertschöpfung liegt der Schwerpunkt sowohl in Deutschland als auch in Europa auf dem Thema Produktion. Zum Thema Ressourcen, zu dem unter anderem auch das Recycling gehört, konnte nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Verbindungen aufgefunden werden.

Einige Akteure des betrachteten Ökosystems verfügen über vergleichsweise viele Verbindungen zu anderen Akteuren, zum Teil auf mehreren oder allen Ebenen (Abbildung 7). Als einzige betrachtete Akteurskategorie sind **Unternehmen in allen drei betrachteten Ebenen vertreten**. Diese weit vernetzten Akteure weisen zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten unterschiedliche Verbindungsarten auf, von der engen Zusammenarbeit auf Wertschöpfungsebene bis hin zu losen Verbindungen über Netzwerke und Interessenverbindungen. Aus der zu Beginn des Kapitels 4.2 vorgestellten Gesamtbetrachtung des Ökosystems geht aber auch hervor, dass in Bezug zu der Gesamtanzahl an Akteuren nur wenige mehrere Schnittstellen besetzen (vgl. Abbildung 7 und Abbildung 8).

Bedingt durch die im Vergleich zu Joint Ventures große Anzahl an Akteuren in Netzwerken und Forschungsprojekten, ist die Schnittmenge dieser beiden Ebenen am größten (Abbildung 12). Etwa **fünf Prozent aller Akteure im betrachteten Ökosystem sind sowohl in Forschungsprojekten als auch in Netzwerken** aktiv. Dabei handelt es sich vorwiegend um größere Unternehmen und Universitäten auf deutscher und europäischer Ebene (Abbildung 13). Die Ausnahme bildet ein Test- und Zertifizierungsunternehmen, welches an deutschen und europäischen Forschungsaktivitäten sowie Netzwerken beteiligt ist.

Etwa **fünf Prozent der Akteure sind auch sowohl an deutschen als auch an europäischen Aktivitäten** beteiligt. An dieser Schnittstelle sind überwiegend Unternehmen, aber auch Forschungseinrichtungen und -organisationen sowie zu einem geringen Anteil auch Netzwerke zu finden.

Im Vergleich zur Gesamtanzahl an Akteuren im betrachteten Ökosystem sind insgesamt relativ wenige Akteure in mehreren bzw. allen Ebenen aktiv. Neben den am stärksten vernetzten Akteuren je Vernetzungsebene sind im Ökosys-

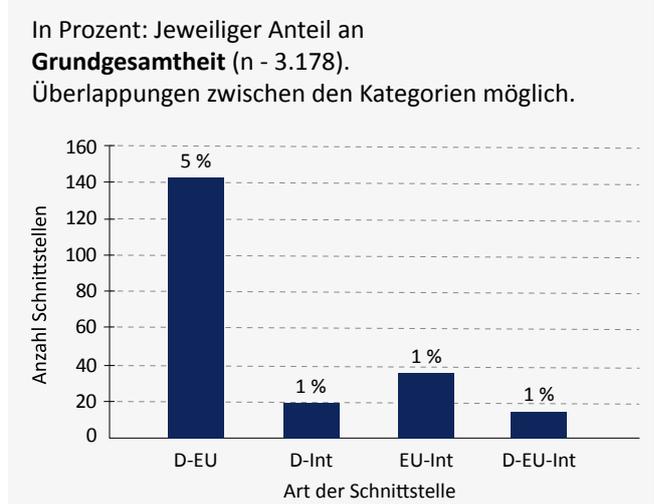


Abbildung 13: Anzahl der Akteure mit Aktivitäten in mehr als einer geographischen Region

tem auch einige Unternehmen vertreten, die bislang kaum vernetzt sind, aber aufgrund ihrer Tätigkeiten (z. B. Rohstofflieferant oder Recyclingspezialist) eine relevante Rolle in der Wertschöpfungskette nachhaltig produzierter Batteriezellen und somit auch im Ökosystem innehaben. Dazu gehören auch wichtige Netzwerke und Interessenverbände, die als eigenständige, korporative Akteure agieren. Für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft fehlen solche Akteure und Organisationen, die für das Thema einen wichtigen Promotoren darstellen könnten.

5 ANALYSE DER NETZWERKSTRUKTUREN DES ÖKOSYSTEMS IN DEUTSCHLAND UND EUROPA

Kernerkenntnisse

- Viele Akteure sind im hier betrachteten Ökosystem **Batteriezellfertigung innerhalb von organisierten Gruppen und Verbänden gut vernetzt**, haben darüber hinaus **aber nur wenige Kontakte nach außen** an andere Teile des Ökosystems.
- Einige, im Verhältnis zur Gesamtzahl wenige, **Schlüsselakteure** bilden die Schnittstellen zwischen den Ebenen.
- Akteure, die als Schnittstellen zwischen mehreren Ebenen agieren, haben eine **strategische Funktion im Ökosystem** inne, da sie Impulse über verschiedene Ebenen hinwegsetzen und Themen aufgrund ihrer zentralen Rolle als Verbinder zwischen verschiedenen Ebenen („Gatekeeper“) steuern können.
- Im wenig vernetzten und schwach eingebundenen Teil des Ökosystems gibt es kleine Unternehmen, die gerade erst in dem Thema Fuß fassen, sowie thematisch sehr fokussierte Unternehmen und OEMs, die mit ihrem **Spezialwissen** einen großen Beitrag bei der Entwicklung innovativer Produkte und Prozesse leisten und die daher sehr wichtig für das Gesamtökosystem sind.
- **Unternehmen** stellen bei den identifizierten Schnittstellen zwischen mehreren Ebenen die größte Akteurskategorie dar und nehmen dadurch eine **vielfältige Rolle** im Ökosystem ein, da sie nicht nur an der Wertschöpfung beteiligt sind, sondern auch den Wissenstransfer im Ökosystem leiten können.
- Die strategische Rolle der Forschungsakteure in Bezug auf die Verknüpfung der für die Etablierung einer **Kreislaufwirtschaft** wichtigen Aktivitäten, Recycling und Zell-, Modul-, System- und/oder Automobilherstellung spricht für eine **Fokussierung der Forschung**, aber auch für eine **schwächere Einbindung der Industrie**.
- Auf europäischer Ebene ist der Fokus auf **industrienahe Entwicklungsprojekte** mit dem Themenschwerpunkt Produktion im Vergleich zur deutschen Ebene weniger stark ausgeprägt, dafür bieten groß angelegte **Demonstrationsprojekte** mit vielen Akteuren ein hohes Vernetzungspotenzial.
- Im Themencluster **Ressourcen** widmen sich die Projekte bisher in erster Linie der Entwicklung neuer Materialien und nicht dem Thema Recycling. Neue Initiativen zeigen jedoch, dass das Thema Recycling zukünftig stärker in den Vordergrund rücken wird.

Aufbauend auf den Ausführungen zum Status Quo in Kapitel 4 erfolgt in diesem Kapitel eine tiefergehende Analyse des Ökosystems. Im Fokus steht dabei die Identifikation von Lücken im Ökosystems hinsichtlich charakteristischer Aspekte wie Vernetzung und Rollenbesetzung.

5.1 Rollen im Ökosystem

In diesem Abschnitt erfolgt eine Betrachtung der Rollenverteilung der in Kapitel 2 definierten Akteurskategorien (Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Netzwerke, Standardisierungsorganisationen [SDO] und Sonstige) auf den unterschiedlichen Vernetzungsebenen. Wie in Kapitel 4 dargestellt, wird im Rahmen dieser Studie die Vernetzung von Akteuren über Forschungsprojekte, Netzwerke sowie über Joint Ventures untersucht, wobei in der folgenden Betrachtung zudem zwischen deutscher und europäischer Forschungsebene unterschieden wird.

Rollen in der deutschen und europäischen Forschungslandschaft

Zur Beurteilung der Rollenverteilung innerhalb der deutschen Forschungslandschaft wurden 190 durch Bundesmittel finanzierte oder teilfinanzierte Verbundvorhaben ausgewertet. Insgesamt konnten **340 unterschiedliche Akteure** identifiziert werden, von denen knapp drei Viertel der Kategorie *Unternehmen* und ein Viertel der Kategorie *Forschungseinrichtung* zugeordnet werden konnte. Der Kategorie *Sonstige* konnte kein Akteur zugeordnet werden, der Kategorien *SDO* und *Netzwerk* jeweils ein Akteur. Die Anteile der Akteure pro definierter Kategorie sind in Abbildung 14 gezeigt. Alle identifizierten Akteure sind in Deutschland ansässig.

Innerhalb der europäischen Forschungslandschaft wurden 92 durch europäische Fördermittel finanzierte oder teilfinanzierte Projekte ausgewertet. Analog zur Analyse der deutschen Forschungslandschaft erfolgte eine Zuordnung der insgesamt 652 unterschiedlichen Akteure zu einer Kategorie.

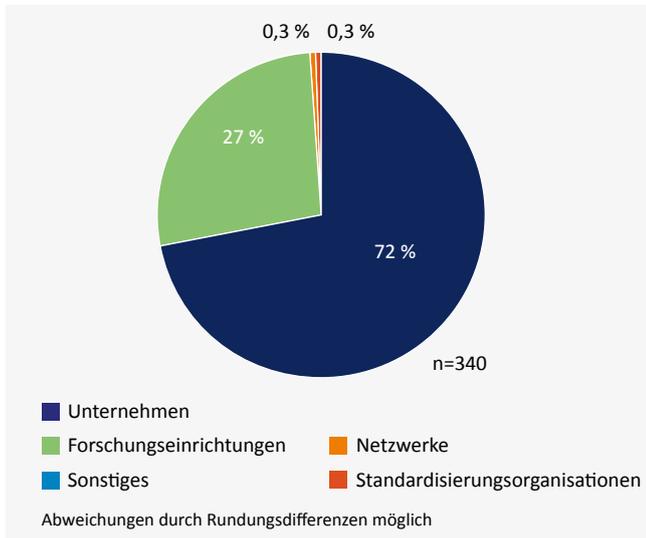


Abbildung 14: Anzahl unterschiedlicher Akteure in durch Bundesmittel finanzierten Forschungsprojekten.

Etwa **zwei Drittel der Akteure konnten der Kategorie Unternehmen** und etwa 30 Prozent der Kategorie **Forschungseinrichtung** zugeordnet werden. Die übrigen Akteure verteilen sich auf die Kategorien **Netzwerk**, **Sonstige** und **SDO**. Die Verteilung ist in Abbildung 15 gezeigt.

Die Niederlassungen der **652 durch die EU geförderten Akteure** verteilen sich auf 39 Länder, wobei 80 Prozent der identifizierten Akteure aus zehn Ländern stammen. Mit 101 unterschiedlichen Akteuren weist Deutschland den höchsten Wert auf, gefolgt von Frankreich (90) und Spanien (74). Abbildung 15 visualisiert die jeweilige Anzahl an Akteuren aus den zehn Ländern und zeigt, dass mit 265 auf europäischer Ebene geförderten Akteuren etwa 40 Prozent aus den drei zuvor genannten Ländern stammen. Die Zuordnung der Akteure aus diesen zehn Ländern zu den Akteurskategorien ergab, dass in den meisten Ländern mindestens 60 Prozent der Akteure der Kategorie **Unternehmen** angehören (Abbildung 16). Hiervon weichen lediglich das Vereinigte Königreich, Belgien und Dänemark ab. Während im Vereinigten Königreich sowie in Dänemark im Vergleich zu den anderen Ländern mehr Forschungseinrichtungen beteiligt sind, sind die Abweichungen in Belgien auf eine höhere Anzahl an beteiligten Netzwerken zurückzuführen, die sich aufgrund ihrer oftmals europäischen Ausrichtung vorwiegend in Brüssel angesiedelt haben.

Bis auf in Deutschland, Belgien und Österreich sind in den zehn betrachtenden Ländern auch Akteure der Kategorie **Sonstige** zu finden. Bei diesen Akteuren handelt es sich oftmals um **Gebietskörperschaften**, aber auch um **Behörden**,

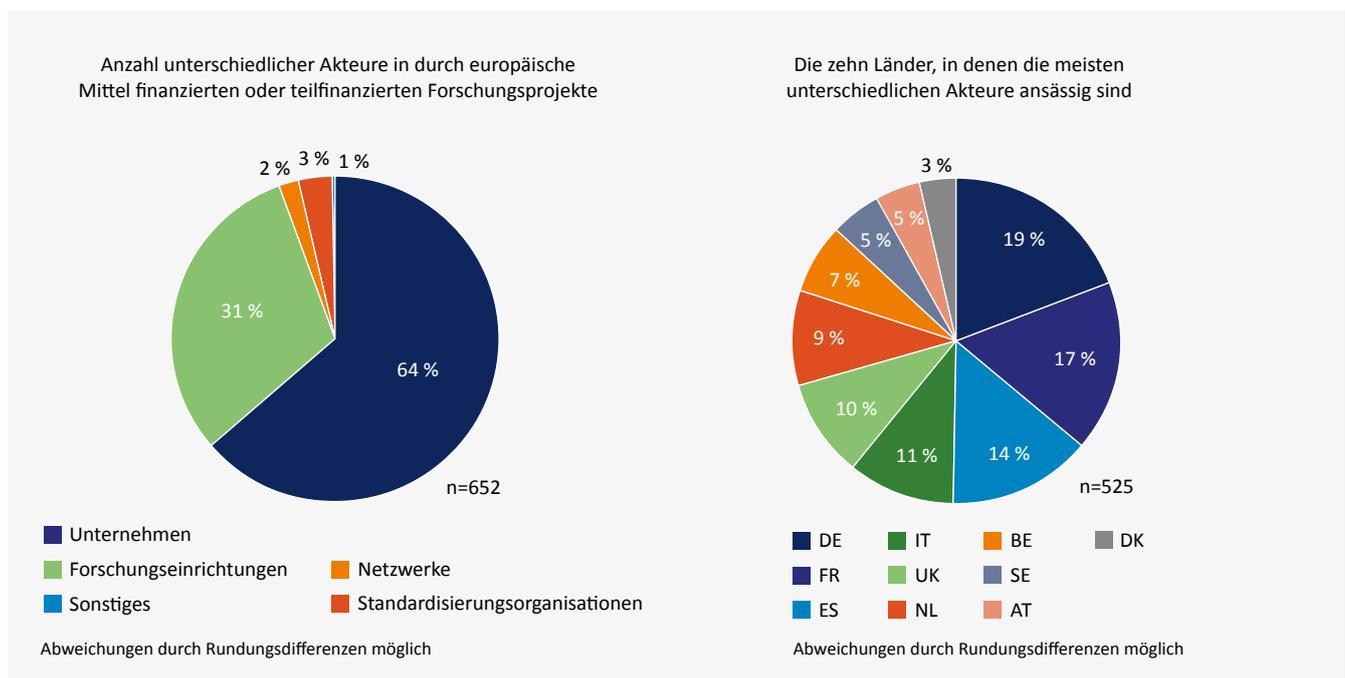


Abbildung 15: Überblick über die Akteurslandschaft auf europäischer Ebene

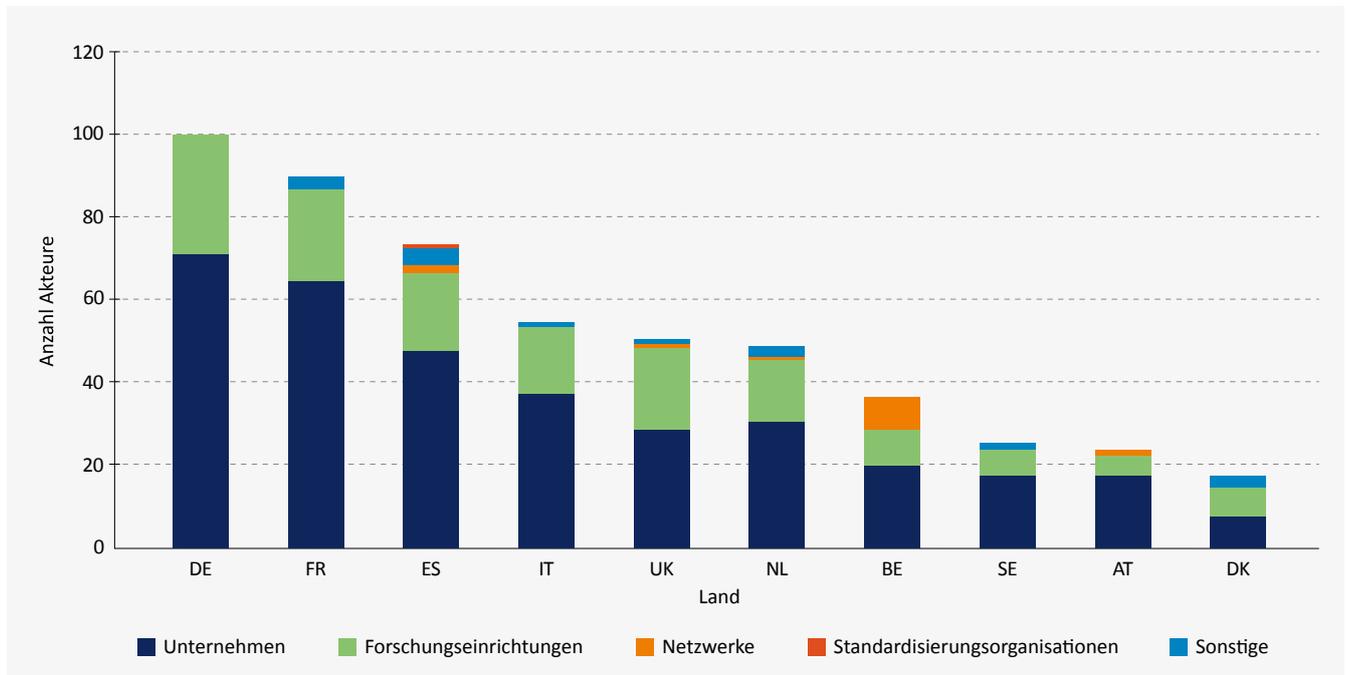


Abbildung 16: Klassifizierung der Akteure entsprechend der in Kapitel 2 definierten Kategorien für die zehn Länder mit den meisten unterschiedlichen Akteuren.

gemeinnützige Organisationen oder Agenturen für Städte- und Projektentwicklung. Wie in der deutschen Forschungslandschaft ist die Kategorie *SDO* lediglich durch einen Akteur besetzt.

Im Vergleich zur deutschen Forschungslandschaft bildet die europäische Forschungslandschaft trotz geringerer Anzahl an ausgewerteten Projekten **ein größeres Netzwerk aus unterschiedlichen Akteuren**. Dies ist vorwiegend darauf zurückzuführen, dass an europäischen Projekten im Mittel zwölf und an deutschen Projekten im Mittel vier Partner beteiligt sind. Weiterhin konnte auf europäischer Ebene ein höherer Anteil der identifizierten Akteure den Kategorien *Netzwerk* und *Sonstige* zugeordnet werden. Insbesondere die Akteure der Kategorie *Sonstige*, z. B. Gebietskörperschaften aber auch Behörden, gemeinnützige Organisationen oder Agenturen für Städte- und Projektentwicklung, sind oftmals in Demonstrationsprojekte eingebunden und ermöglichen die Umsetzung von Projektzielen unter realen Bedingungen und teilweise öffentlichkeitsnah.

Die in der deutschen Forschungslandschaft nicht besetzte Akteurskategorie *Sonstige* ist ein Indiz, dass die mit Bundesmitteln geförderten Projekte weniger die Umsetzung von öffentlichkeitsnahen **Demonstrationsprojekten** unter rea-

len Bedingungen adressieren, sondern die Entwicklung von Industrielösungen fokussieren.

Rollen in Joint Ventures und Netzwerken

Wie bereits in Kapitel 4 dargelegt, handelt es sich bei Joint Ventures um Kooperationen von Unternehmen. Daher vernetzen die identifizierten Joint Ventures ausschließlich Akteure aus der Kategorie *Unternehmen*.

Dahingegen sind in den ausgewerteten Netzwerken alle Akteurskategorien zu finden (Abbildung 6). Wie in Kapitel 4.1 gezeigt, sind Unternehmen in Netzwerken besonders stark vertreten. Dies resultiert unter anderem aus der Art der Netzwerke, unter denen sich auch einige Branchenverbände befinden. Forschungseinrichtungen spielen quantitativ in den Netzwerken und Verbänden eine untergeordnete Rolle und sind noch hinter der Akteurskategorie *Netzwerke* an dritter Stelle positioniert. An vierter Stelle liegt die Kategorie *Sonstige*, gefolgt von *SDO*, aus der zwei Vertreter unter den Akteuren zu finden sind.

In der Kategorie *Sonstige* finden sich neben politischen Institutionen auch Banken und andere Mittelgeber. Akteure, die der Kategorie *Sonstige* zugeordnet wurden, sind insbesondere in Allianzen aktiv, die mit unterschiedlichem regionalen Fokus das Ziel verfolgen, eine nachhaltigen Batteriewertschöp-

fungskette zu etablieren. Da die Etablierung der nachhaltigen Wertschöpfungsketten möglichst ganzheitlich erfolgen soll, vereinen die Allianzen eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure aus dem gesamten Batterieökosystem. Dies verdeutlicht, dass neben den in dieser Studie primär betrachteten Akteuren *Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Netzwerke* und *SDOs weitere Akteure*, wie z. B. politische Institutionen, Banken und Mittelgeber oder Gebietskörperschaften vorhanden sind, **die als ein Teil des Batterieökosystems gesehen werden können**. In dieser Studie sind diese Rollen in der Akteurskategorie *Sonstige* zusammengefasst. Für zukünftige Analysen bietet es sich an, die genannten Rollen jeweils einer eigenen Akteurskategorie zuzuordnen, um gezielt deren Einbindung ins Ökosystem zu untersuchen.

Zusammenfassung: Rollen im Ökosystem

In der deutschen Forschungslandschaft sind insbesondere Vertreter der Akteurskategorien *Unternehmen* und *Forschungseinrichtungen* zu finden. Dies spricht für einen Fokus auf industriennahe Forschungsprojekte. Auf europäischer Ebene sind zusätzlich zu den ebenfalls stark vertretenen Unternehmen und Forschungseinrichtungen mehr Akteure der Kategorien *Netzwerke* und *Sonstige* vertreten. Entsprechend werden auf europäischer Ebene neben den industriennahen Forschungsprojekten aufgrund der Einbindung von z. B. Gebietskörperschaften ergänzende Demonstrationsprojekte unter realen und teilweise öffentlichkeitsnahen Bedingungen durchgeführt.

Die der Kategorie *Sonstige* zugehörigen Akteure weisen darauf hin, dass neben Unternehmen, FuE-Einrichtungen, Netzwerken und SDOs weitere Akteure für ein funktionierendes Batterieökosystem relevant sind. Hierzu gehören z. B. Gebietskörperschaften, Banken und andere Finanzierungsinstrumente oder politische Institutionen.

5.2 Thematische Cluster

Die Zuordnung der Forschungsprojekte und Joint Ventures zu den thematischen Clustern *Ressourcen*, *Produktion* und *Nutzung* (vgl. Kapitel 2) ist in Abbildung 17 gezeigt.

Bei den Forschungsprojekten erfolgt eine Unterscheidung zwischen deutscher Forschungslandschaft und europäischer Forschungslandschaft. Aufgrund der teilweise hohen thematischen Diversität bei den betrachteten Netzwerken erfolgte hier keine Zuordnung zu thematischen Clustern.

Themencluster in der deutschen und europäischen Forschungslandschaft

Die betrachtete deutsche Forschungslandschaft umfasst 190 durch Bundesmittel finanzierte Verbundprojekte. Mit über 100 Verbundprojekten liegt der Fokus innerhalb der deutschen Forschungslandschaft deutlich auf dem Thema *Produktion*. Mit 45 Verbundprojekten folgt an zweiter Stelle das Thema *Nutzung*, dicht gefolgt von dem Thema *Ressourcen* mit 33 Verbundprojekten. Durchschnittlich waren im Bereich der Ressourcen gerundet vier und im Bereich Produktion sowie Nutzung fünf Verbundpartner an den Projekten beteiligt.

Die starke Fokussierung auf das Thema *Produktion* untermauert die in Kapitel 5.1 aufgestellte These, dass die mit Bundesmitteln finanzierten Projekte stärker die **Entwicklung von Industrielösungen zur Fertigung von Batterien** adressieren. Öffentlichkeitsnahe Demonstrationen unter realen Bedingungen bieten sich im Hinblick auf die Nutzung an. In diesem Themenfeld sind, entgegen der in Kapitel 5.1 formulierten Vermutung, auch entsprechende Demonstrationsprojekte zu finden. Die Erprobung unter realen Bedingungen kann jedoch ohne Mittelfluss an assoziierte Partner, wie z. B. Gebietskörperschaften erfolgen, weshalb diese nicht explizit als Projektpartner in den Datenbanken gelistet sind. Daher können Demonstrationsprojekte unter realen und öffentlichkeitsnahen Bedingungen durchgeführt werden, obwohl keine Akteure in der Kategorie *Sonstige* gelistet sind.

Im Themenfeld *Ressourcen* entwickeln die Projekte in erster Linie **neue Materialien für Lithium-Ionen-Batterien** aber auch für Post-Lithium-Ionen-Batterien. Das Thema Batterierecycling wurde nur von wenigen der ausgewerteten Projekte gezielt adressiert. Zur Realisierung einer weitestgehend geschlossenen Kreislaufführung und zur Reduzierung der Rohstoffabhängigkeit ist das Thema Batterierecycling zukünftig stärker einzubeziehen. Erste Schritte in diese Richtung werden bereits unternommen.

Auf europäischer Ebene sind mit 39 der 92 ausgewerteten Projekte die meisten dem Themencluster *Produktion* zugeordnet. Im Gegensatz zur deutschen Forschungslandschaft, ist der Abstand gegenüber den Themen *Ressourcen* und *Nutzung* deutlich geringer. Das Thema *Ressourcen* folgt an zweiter Stelle mit 28 Projekten und das Thema *Nutzung* an dritter Stelle mit 25 Projekten. Durchschnittlich waren im Bereich *Ressourcen* zwölf, im Bereich *Produktion* zehn und im Bereich *Nutzung* 16 Partner beteiligt.

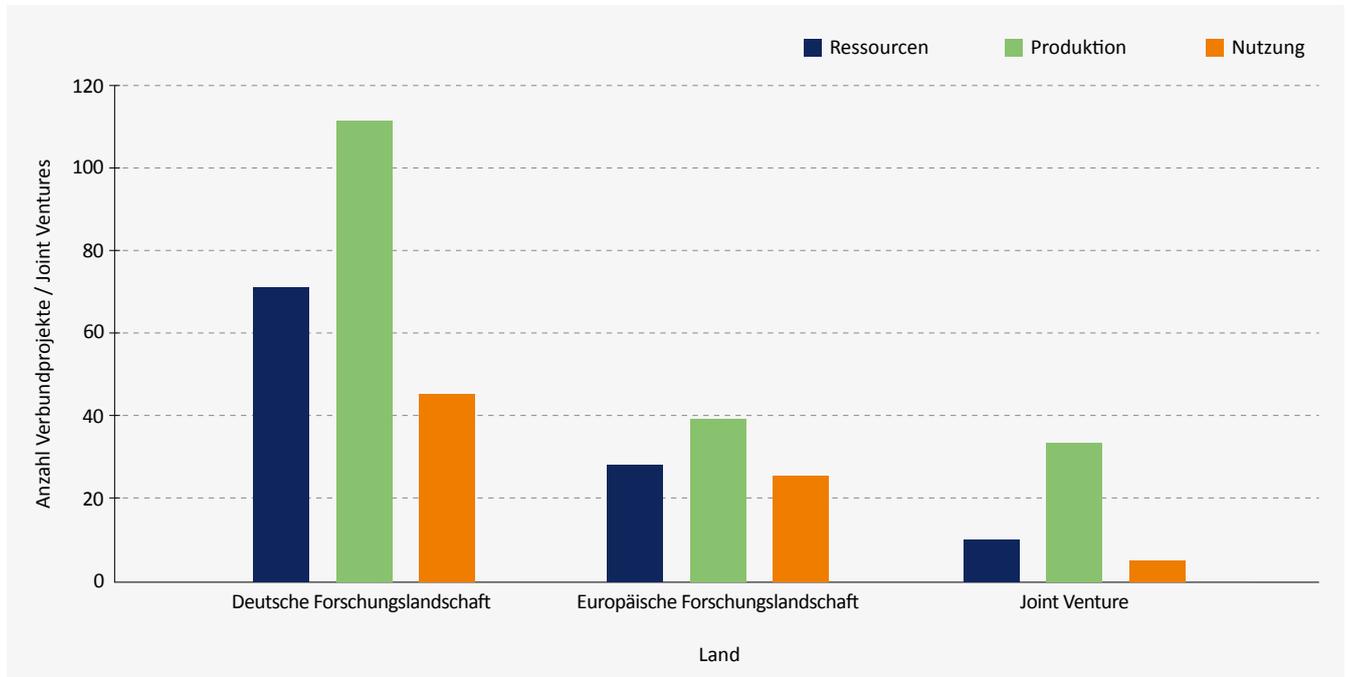


Abbildung 17: Zuordnung der identifizierten Forschungsprojekte und Joint Ventures zu den thematischen Clustern Ressourcen, Produktion und Nutzung. Bei den Forschungsprojekten erfolgt eine Differenzierung zwischen deutscher und europäischer Forschungslandschaft.

Im Vergleich zu deutschen Forschungsprojekten sind **an den einzelnen Vorhaben auf europäischer Ebene deutlich mehr Partner beteiligt**. Dies gilt insbesondere für den Bereich *Nutzung*, wo im Schnitt mehr als dreimal so viele Partner in die europäischen Projekte involviert sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der europäischen Forschungslandschaft umfangreiche Demonstrationsprojekte mit vielen Akteuren umgesetzt werden, in denen Technologien z.B. in mehreren Regionen in der EU erprobt werden. Die hohe Anzahl an involvierten Akteuren führt schließlich zu der in Kapitel 4.2 dargelegten höchsten Anzahl an Vernetzungen im Themenbereich *Nutzung*.

Wie in der deutschen Forschungslandschaft werden in den europäischen Projekten im Themencluster *Ressourcen* primär neue Materialien für Lithium-Ionen- und Post-Lithium-Ionen-Batterien erforscht und entwickelt. Das Thema *Recycling* wird von weniger Projekten adressiert. Auf europäischer Ebene gibt es jedoch Institutionen, die sich speziell dem Thema *Ressourcen* widmen und Forschungsprojekte in diesem Bereich fördern. In diesem Zusammenhang wurde die European Battery Alliance gegründet, die sich speziell den Themen Rohstoffversorgung und Reduzierung der Rohstoffabhängigkeit widmet.

Themencluster der Joint Ventures

Mit 34 der 49 ausgewerteten Joint Ventures sind ebenfalls die meisten dem Themenfeld *Produktion* zugeordnet. Das Themenfeld *Ressourcen* folgt mit zehn Joint Ventures an zweiter Stelle und das Thema *Nutzung* mit fünf Kooperationen an dritter Stelle.

Die Joint Ventures im Themenfeld *Produktion* bestehen oftmals zwischen Anwendern, wie z.B. Automobil- oder Nutzfahrzeugherstellern und Zell-, Modul- oder Systemfertigern und dienen neben dem **Wissensausbau der zuverlässigen Versorgung der Anwender mit Batterien**. Daneben gibt es Joint Ventures zwischen Anlagenherstellern oder von Zulieferern von Elektroautokomponenten, die oftmals dazu dienen, das Produktportfolio zu erweitern und neue Märkte zu erschließen.

Joint Ventures im Bereich *Ressourcen* bestehen u.a. zwischen Zell- und Materialherstellern bzw. Rohstoffproduzenten. Diese dienen vorwiegend einer zuverlässigen Rohstoff- und Materialversorgung. Zusätzlich gibt es in diesem Bereich Firmenkooperationen mit dem Ziel, Recyclingkapazitäten aufzubauen und/oder Second Life-Anwendungen zu erschließen. Die Joint Ventures im Themenfeld *Nutzung* bestehen u.a. zwischen Automobilherstellern und dienen der **Erschlie-**

ßung von Märkten oder der gemeinsamen Entwicklung von Elektroautos. Daneben gibt es auch Kooperationen, die den Aufbau oder die Entwicklung von Ladeinfrastruktur zum Ziel haben.

Zusammenfassung der Themencluster

In der deutschen Forschungslandschaft und bei Joint Ventures liegt ein starker Fokus auf dem Themencluster *Produktion*. Auf europäischer Ebene sind ebenfalls die meisten Projekte dem Themencluster *Produktion* zugeordnet, der Fokus ist jedoch weniger stark ausgeprägt. Auf europäischer Ebene werden umfangreiche Demonstrationsprojekte umgesetzt, in die eine Vielzahl von Akteuren involviert ist. Die hohe Anzahl an involvierten Akteuren führt dazu, dass das Themencluster Nutzung, wie in Kapitel 4.2 gezeigt, die meisten Verbindungen aufweist. Das Themencluster *Produktion* in Bezug auf die Anzahl der Verbindungen folgt an zweiter Stelle, trotz der gegenüber der Nutzung insgesamt signifikant höheren Anzahl an Verbundprojekten und Joint Ventures. Im Themencluster *Ressourcen* widmen sich die Projekte in erster Linie der Entwicklung neuer Materialien und weniger dem Thema Recycling. Neu gegründete Initiativen zeigen, dass das Thema Recycling zukünftig mehr Berücksichtigung finden wird.

5.3 Einbindung der Akteure im Ökosystem

Sonderfälle bei der Interpretation der Daten: Zusammenhang zwischen Vernetzungsgrad, Nähe und Betweenness

Es existieren auch Sonderfälle, die bei der Interpretation der Daten zu beachten sind. Dazu gehören Akteure, die in den Top 10 der am stärksten vernetzten Akteure zu finden sind, obwohl die für sie ermittelte Betweenness-Zentralität bei 0 liegt. Dies tritt bei Akteuren auf, die als Mitglied eines Netzwerks bzw. eines Interessensverbandes nur mit weiteren Mitgliedern dieses Netzwerkes verbunden sind. Diese Knoten (Akteure) haben also einen hohen Vernetzungsgrad, aber keinen zentralen "Ort" im Netzwerk, da jeder Akteur mit jedem vernetzt ist. Bei sehr großen Netzwerken weisen diese Akteure daher zwar einen hohen Vernetzungsgrad auf, aber nur einen Betweenness-Wert von 0. In anderen Fällen wiederum weisen Akteure mit einer Nähe von 1 einen sehr geringen Vernetzungsgrad auf. Diese Akteure befinden sich in einer Art sehr kleinem separaten Netzwerk au-

ßerhalb des restlichen Ökosystemnetzwerkes. Innerhalb dieses separaten Netzwerkes sind alle Akteure jeweils Bestandteil möglichst vieler kürzester Wege. Aufgrund der geringen Anzahl an Akteuren in diesem separaten Netzwerk haben sie nur wenige Verbindungen mit weiteren Akteuren.

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse der Strukturanalyse des Ökosystems präsentiert, für die verschiedene Parameter einer Netzwerkanalyse, wie Vernetzungsgrad, Nähe und *Betweenness*-Zentralität (vgl. Kapitel 2.3) bestimmt wurden. Die Ergebnisse geben u. a. Aufschluss darüber, **wie stark ein Akteur im Netzwerk eingebunden ist** und ob ein Akteur beispielsweise eine **zentrale Position im Netzwerk** einnimmt (Akteure des „inneren“ Kreises des Ökosystems). Ausgewertet wurde zudem, welche Akteure gegenwärtig nicht besonders stark in das Ökosystem eingebunden sind, obwohl sie beispielsweise aufgrund ihrer Tätigkeiten oder Branchenzugehörigkeit eine wichtige Rolle im Ökosystem einnehmen könnten (Akteure des „erweiterten“ Kreises des Ökosystems). Diese Akteure könnten über Vernetzungsmaßnahmen zielführend in das Ökosystem eingebunden werden.

Der Vernetzungsgrad wird maßgeblich von den Werten *Nähe* und *Betweenness* bestimmt. Allgemein gilt: Je höher die *Nähe* (Wertebereich: 0-1) und die *Betweenness* (Wertebereich: 0-1) ausfallen, desto höher ist in der Regel auch der Vernetzungsgrad (absolute Anzahl der Verbindungen).

Die Analyse der Zusammenarbeit innerhalb bestimmter thematisch relevanter Netzwerke (siehe Tabelle b im Anhang II) ergab, dass hier besonders **Unternehmen unabhängig von der geografischen Ebene** (innerhalb von Deutschland, Europa oder international) **eine entscheidende Rolle** spielen. Neben Unternehmen befinden sich in Deutschland eine Forschungsgesellschaft und in Europa zwei Universitäten und ein Netzwerk unter den zehn bestvernetzten Akteuren. Unter 100 Akteuren im internationalen Raum befinden sich 99 Unternehmen sowie eine Forschungsinstitution. Die Vorteile der Vernetzung über Netzwerke werden also weitestgehend von Unternehmen genutzt. Hier besteht ein Potenzial zur Ausweitung der Netzwerke durch die Integration von Universitäten und Forschungseinrichtungen bzw. der Zusammenschluss dieser Akteursgruppen zu Netzwerken. Die wenig vernetzten Akteure auf der Ebene der Netzwerke sind auch größtenteils Unternehmensvertreter, bei denen es sich im

europäischen und internationalen Raum zu 40 Prozent um OEMs handelt.

Eine geografisch differenzierte Betrachtung der in dieser Studie ausgewerteten Grundgesamtheit der Netzwerkebene zeigt, dass der **Vernetzungsgrad umso höher ist, je geografisch eingeschränkter die Ebene** ist. Der Vernetzungsgrad (Wertebereich: 0-2350) der Top 10-Akteure liegt in Deutschland zwischen 1100 und 1900 und damit weitaus höher als innerhalb von Europa (410-560) und im internationalen Vergleich (110-210). Hinzukommt, dass internationale Netzwerke vergleichsweise stark von asiatischen Akteuren geprägt werden. Unter den sieben am stärksten vernetzten Akteuren befinden sich hier nur zwei europäische, von denen einer aus Deutschland kommt. Bei den in dieser Studie analysierten Verbindungen wird deutlich, dass sich Unternehmen teilweise auf Deutschland, Europa bzw. auf den internationalen Raum fokussieren und sich dort engagieren. Außerdem fällt auf, dass auch die weniger vernetzten Akteure auf internationaler Ebene einen vergleichsweise hohen Vernetzungsgrad innerhalb der Netzwerkebene (~60) aufweisen und es sich hierbei größtenteils um europäische Akteure handelt.

Die in Bezug auf Akteure mit hohem Vernetzungsgrad **relevanten Netzwerke** sind der Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) sowie der Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V. (BVES) und das Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien e.V. (KLiB) in Deutschland, die European Battery Alliance (EBA) in Europa und die China Energy Storage Alliance (CNESA) sowie Global Battery Alliance (GBA) auf internationaler Ebene (siehe Abbildung 18). Die zuvor genannten Netzwerke decken viele Bereiche ab, sodass ein Schwerpunkt innerhalb der Wertschöpfungskette nicht eindeutig herauskristallisiert werden kann.

Auf der Ebene der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurde die Zusammenarbeit und die entsprechende Vernetzung im Rahmen von Forschungsprojekten in Deutschland sowie in Europa ausgewertet. Auf internationaler Ebene wurden wiederum Publikationen der SCOPUS-Datenbank analysiert. Auch hier konnte der Zusammenhang zwischen dem Vernetzungsgrad, der *Nähe* und der *Betweenness* festgestellt werden, wobei die *Betweenness* einen größeren Einfluss hat. Umfassende Analyseergebnisse sind den Tabellen in Anhang II zu entnehmen.

Im Vergleich zur Netzwerkebene haben **Forschungs- und Technologieorganisationen auf der Forschungsebene den größten Einfluss**. Unter Berücksichtigung aller geografischen Ebenen befinden sich ausschließlich Forschungsinstitute und Universitäten unter den Top 3 und insgesamt nur fünf Unternehmen unter den Top 10 (vier innerhalb Deutschlands und eines innerhalb von Europa). Zu den Low 10-Akteuren gehören sowohl Forschungseinrichtungen als auch Unternehmen. Auffällig sind hier Akteure mit Vernetzungsgrad 1, *Nähe* 1 und *Betweenness* 0. Diese Akteure gehören zu einem separaten Netzwerk, innerhalb dessen sie ohne Verbindungen zu dem restlichen Ökosystem vernetzt sind.

Die Auswertung der in dieser Studie betrachteten Grundgesamtheit auf Forschungsebene nach der geografischen Ebene zeigt, dass im Gegensatz zur Netzwerkebene der Vernetzungsgrad mit Erweiterung des geografischen Horizonts (Deutschland < Europa < international) zunimmt. In Deutschland sind die drei Akteure mit den meisten Verbindungen große Forschungsinstitutionen, gefolgt von einer Universität. Die identifizierten Forschungsprojekte fokussieren Batteriezellen, Komponenten, Produktion und System, Materialforschung und Recycling sowie Anwendungen im Automobilbereich und in der stationären Speicherung. Schwerpunkte liegen in den Bereichen Batteriezelle, Komponenten und Produktion.

Auch auf europäischer Ebene ist eine starke Präsenz von Forschungsinstitutionen auszumachen. Hier sind neben dem Forschungsschwerpunkt der Batteriesysteme auch viele Forschungsaktivitäten im Bereich der Materialentwicklung zu finden, welche auf eine Fokussierung der Grundlagenforschung hindeuten. Außerdem gibt es speziell **im europäischen Raum Überschneidungen bei großen Forschungsprojekten** an denen alle Top 5-Akteure beteiligt sind. Diese Projekte werden teilweise von mehr als 30 Partnern durchgeführt und fungieren somit als Promotoren für die Vernetzung.

Die Auswertung der wissenschaftlichen Publikation auf internationaler Ebene ergab, dass sich neun Forschungseinrichtungen und Universitäten aus Deutschland innerhalb der Top 10 befinden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die SCOPUS-Datenbank asiatische Publikationen nicht fokussiert³⁷ und diese Akteure damit nicht ausreichend berücksichtigt werden konnten. Im europäischen Vergleich pub-

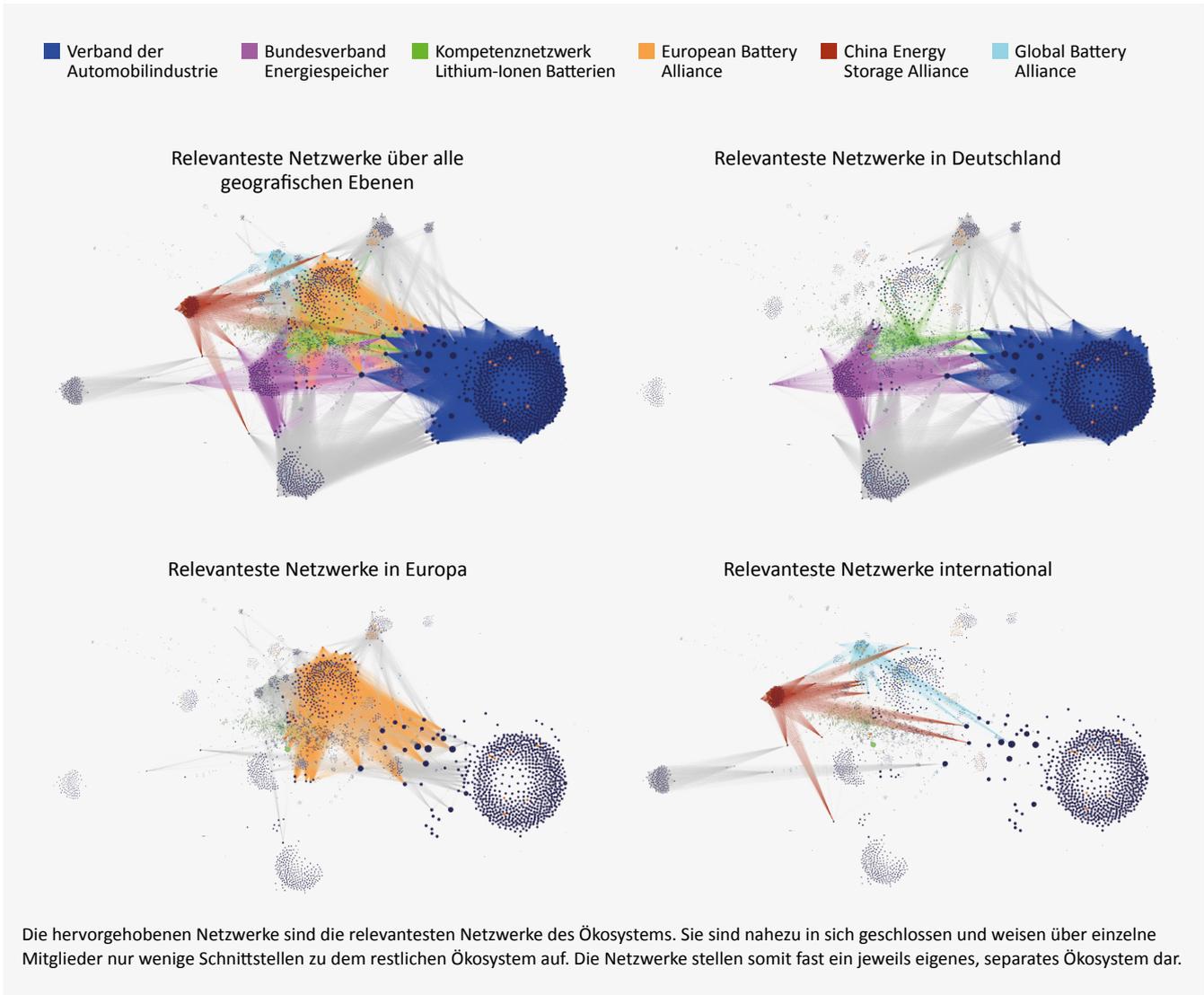


Abbildung 18: Überblick über die relevantesten Netzwerke des betrachteten Ökosystems

lizierten deutsche Akteure die meisten wissenschaftlichen Ausarbeitungen und sind dementsprechend sehr aktiv in der Grundlagenforschung im Bereich Batteriezellen.

Die Auswertung des Vernetzungsgrads auf Basis von Joint Ventures ergab, dass dieser in keinem der geografischen Ebenen einen Wert von sechs übersteigt (siehe Tabelle d Anhang I). Dies ist primär auf die geringe Anzahl an identifizierten Joint Ventures im Bereich Batteriezellfertigung (37) zurückzuführen. Zudem sind ausschließlich Unternehmen über Joint Ventures verbunden und im Gegensatz zu Netzwerken, Forschungsprojekten und wissenschaftlichen Publikationen zumeist nur zwei Akteure hieran beteiligt. Die in Joint Ventures vertretenen Akteure sind ausschließlich Unterneh-

men. Auf deutscher Ebene wurden bei den Joint Ventures acht Akteure identifiziert, von denen vier über alle Ebenen (Netzwerke, FuE und Joint Ventures) hinweg keine weiteren Verbindungen aufweisen und damit ein separates Netzwerk darstellen. Auf europäischer Ebene sind 11 Akteure an Joint Ventures beteiligt, auf der internationalen Ebene 65. Internationale Joint Ventures weisen sehr häufig eine Beteiligung asiatischer Akteure auf. Unter den Top 25 internationalen Akteuren befinden sich drei deutsche Akteure. Insgesamt sind 28 Akteure aus Europa an internationalen Joint Ventures beteiligt, davon 12 aus Deutschland. Als **Themenschwerpunkte der Joint Ventures** konnten **Batteriesysteme und Batteriezellen** ausgemacht werden. Einzelne Joint Ventures

Schlüsselakteure für das europäische Ökosystem Batterie

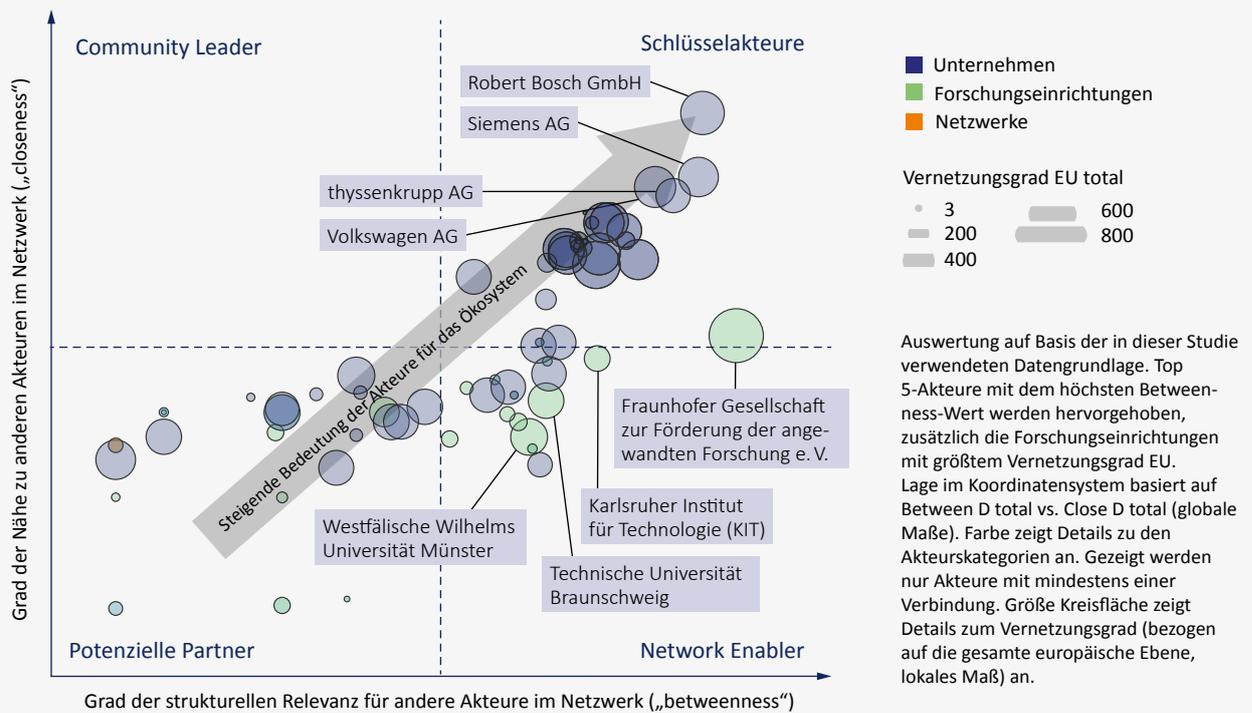


Abbildung 19: Schlüsselakteure der gesamten deutschen Vernetzungsebene für das europäische Ökosystem Batteriezellfertigung

adressieren auch die Bereiche Recycling, 2nd Use sowie den Anwendungsbereich.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass **im gut vernetzten Teil des Ökosystems** vor allem **thematisch breit aufgestellte große Unternehmen sowie größere Forschungsinstitute** zu finden sind, die gut eingebunden sind. Sie bilden den sogenannten „*inneren Kreis*“ des Ökosystems. Im **wenig vernetzten Teil des Ökosystems**, also dem „*äußeren Kreis*“, sind **kleine sowie thematisch sehr fokussierte Unternehmen sowie OEMs** zu finden, die nur wenige, aber sehr starke Verbindungen beispielsweise über Kooperationen oder Joint Ventures aufweisen. Diese Unternehmen mit Spezialwissen sind aber tendenziell wichtig für das Gesamtökosystem und sollten stärker eingebunden werden. Außerdem fällt auf, dass die Vernetzung innerhalb bestimmter Akteursgruppen ausgeprägter ist als die übergreifende Vernetzung. Auf der Forschungsebene befinden sich beispielsweise viele gut vernetzte Forschungseinrichtungen, während auf der Netzwerkebene vorwiegend Unternehmen miteinander verbunden sind. Der höchste Vernetzungsgrad wird über Netzwerke er-

reicht. Geringere Vernetzungsgrade werden über FuE-Publikationen bzw. -Projekte realisiert. Die geringsten Grade der Vernetzung ergeben sich über Joint Ventures.

Forschungsinstitutionen, die sowohl in der Forschung aktiv als auch an Netzwerken beteiligt sind und eventuelle Industriekooperationen eingehen, sind besonders gut im Gesamtnetzwerk vernetzt. Aber auch große thematisch breit aufgestellte Unternehmen sind unter den stark vernetzten Akteuren zu finden.

Dieses Phänomen wird noch einmal untermauert, indem die Maße *Betweenness* und *Nähe* innerhalb des europäischen Ökosystems in einem Koordinatensystem ins Verhältnis gesetzt werden und zugleich der Vernetzungsgrad der Akteure betrachtet wird. Hierbei agieren Akteure mit hohem *Betweenness*-Maß als verbindende Glieder, die das Ökosystem aufrechterhalten (*Network Enabler*). Akteure mit großer Nähe haben im Gegensatz dazu kurze Kommunikationswege zu möglichst vielen Bereichen des Ökosystems und können dies nutzen um proaktiv Themen zu setzen und dadurch eine

Schlüsselakteure für die Forschungsebene des europäischen Ökosystem Batterie

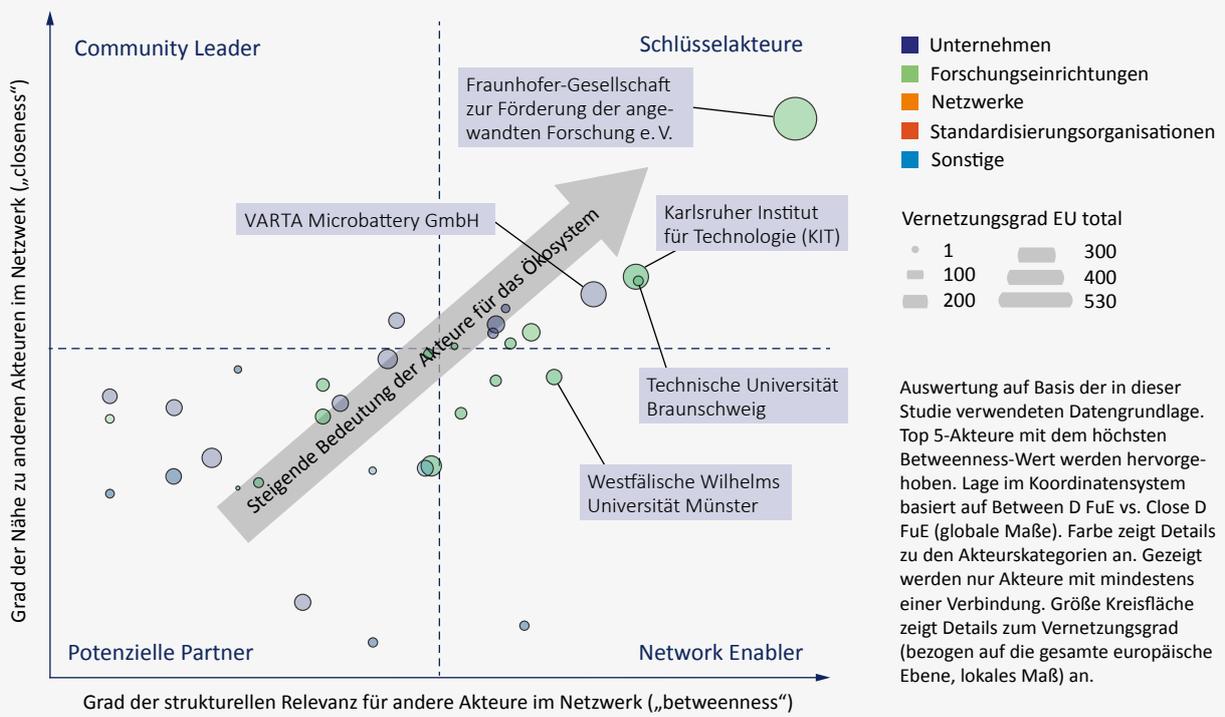


Abbildung 20: Schlüsselakteure der deutschen Forschungsebene für das europäische Ökosystem Batteriezellfertigung

gewisse Führungsrolle einzunehmen (*Community Leader*). Vereint ein Akteur sowohl hohe Betweenness als auch hohe Nähe, hat er die Möglichkeit **Themenschwerpunkte in seinen Netzwerken zu platzieren** und über Verbindungen **verschiedene Teile des Ökosystems zusammenzuführen**. Diese Akteure werden als eine Art Schlüsselakteur angesehen. Abbildung 19 zeigt diesen Zusammenhang am Beispiel der deutschen Akteure und deren Potenzial für die europäische Vernetzung. Man erkennt, dass Akteure, die auf deutscher Ebene einen hohen *Betweenness*-Grad und eine hohe *Nähe* aufweisen und damit gut auf Ebene deutscher Aktivitäten eingebunden sind (Quadrant oben rechts, „Schlüsselakteure“), aufgrund eines hohen Vernetzungsgrads auf europäischer Ebene (Flächengröße der Knoten) schnell und direkt viele andere Akteure erreichen können. Sie sind damit besonders wichtig für den Wissenstransfer.

Ein ähnliches Bild ergibt sich, wenn man einzelne Vernetzungsebenen untersucht. Abbildung 20 zeigt daher den zuvor beschriebenen Zusammenhang am Beispiel der Forschungsebene. Auch hier ist zu erkennen, dass verschiedene

Schlüsselakteure, die auf deutscher Ebene in der Forschung gut eingebunden sind, auch auf europäischer Ebene in der Forschung einen großen Vernetzungsgrad aufweisen und so wichtig für den Wissenstransfer sind. Auffällig ist im Vergleich zu Abbildung 19 allerdings, dass es weniger Akteure sind, die über einen hohen Vernetzungsgrad verfügen. Dies ist aber darauf zurückzuführen, dass es auf Forschungsebene zum einen weniger Akteure gibt, und dass zum anderen die Vernetzung auf Forschungsebene breiter verteilt ist, so dass es weniger Agglomerate aus vielen Akteuren gibt, die untereinander groß vernetzt sind (vgl. auch Kapitel 4.2 für die deutsche Forschungsebene). Darüber hinaus ist zu sehen, dass Forschungseinrichtungen eine deutlich prominentere Rolle haben, wenn man die Forschungsebene separat von den anderen Vernetzungsebenen betrachtet. Dies ist, wie schon in den Kapiteln zuvor angedeutet, auf den großen Einfluss großer Netzwerke zurückzuführen.

Trotz bereits guter Vernetzung deutscher Akteure innerhalb Europas erscheint jedoch die Ebenen übergreifende Vernetzung noch steigerungsfähig. Dies könnte beispielsweise

durch universitäre Forschungsprojekte mit Industriebeteiligung oder den Aufbau akteursübergreifender Netzwerke realisiert werden. Thematisch wird vor allem die Produktion in den Aktivitäten fokussiert. Bei der Auswertung der FuE-Publikationen zeigt sich, dass hier zudem das Thema *Ressourcen* (hauptsächlich Materialentwicklung) adressiert wird, wohingegen Themen wie *Recycling*, *Mining* und die *Nutzung* selten behandelt werden. Die geringe Adressierung des Themas *Nutzung* kann dabei auch auf einen hohen Anteil an Industrieforschung hinweisen, aus dem selten Ergebnisse veröffentlicht werden.

5.4 Vernetzung

Insgesamt kann man für das hier betrachtete Ökosystem Batteriezellfertigung feststellen, dass viele Akteure in großen Netzwerken und Verbänden beteiligt sind. In diesen ist eine gute Binnenvernetzung gegeben. Allerdings sind die Akteure in diesen Netzwerken oftmals nur schwach an andere Teile des Ökosystems Batteriezellfertigung angebunden. Diese **Anbindung erfolgt über wenige Schlüsselakteure**, die mit anderen Netzwerken verbunden sind oder über gemeinsame Forschungsprojekte andere Akteursgruppen erreichen (Abbildung 12). Demzufolge bekleiden diese Akteure strategische Positionen im Ökosystem und können beispielsweise Impulse über verschiedene Ebenen hinweg setzen. Daher können sie auch als "Gatekeeper" für andere Akteure be-

trachtet werden, die nur in einer Ebene aktiv sind. Denn über diese Akteure kann eine Vernetzung mit anderen Ebenen des Ökosystems stattfinden und so beispielsweise ein Wissenstransfer initiiert aber auch kontrolliert werden.

Betrachtet man die Vernetzung im Ökosystem vor dem Hintergrund des in Kapitel 2.2 abstrahierten Rollenmodells, wird ersichtlich, dass der Großteil der Akteure, die in Aktivitäten auf mehreren Vernetzungsebenen involviert sind und somit eine **Schnittstelle repräsentieren, in der Forschungs- und der strategischen Ebene zu finden** ist. Dies gilt sowohl für die europäische als auch die deutsche Ebene (vgl. auch Abbildung 12 in Kapitel 5). Dabei handelt es sich vor allem um Unternehmen, insbesondere international tätige Großunternehmen. Die Ausnahme auf deutscher als auch auf europäischer Ebene bilden einige (größere) Forschungsorganisationen und Universitäten. Überschneidungen zwischen der deutschen und europäischen Ebene sind kaum vorhanden. Bezüglich der inhaltlichen Ausrichtung der Akteure ist festzuhalten, dass vielen Stufen der Wertschöpfungskette abgedeckt werden. Ebenfalls enthalten sind Produktintegratoren und OEMs, also Unternehmen, deren Fokus darauf liegt, Batteriepacks in Elektrofahrzeuge oder andere Produkte zu integrieren. Diese stammen fast ausschließlich aus der Automobilindustrie. Akteure als Schnittstelle aus dem Bereich Mining konnten nicht und aus dem Bereich Recycling nur in sehr geringer Anzahl identifiziert werden. Sowohl auf europäischer als auch auf deutscher Ebene bilden aber

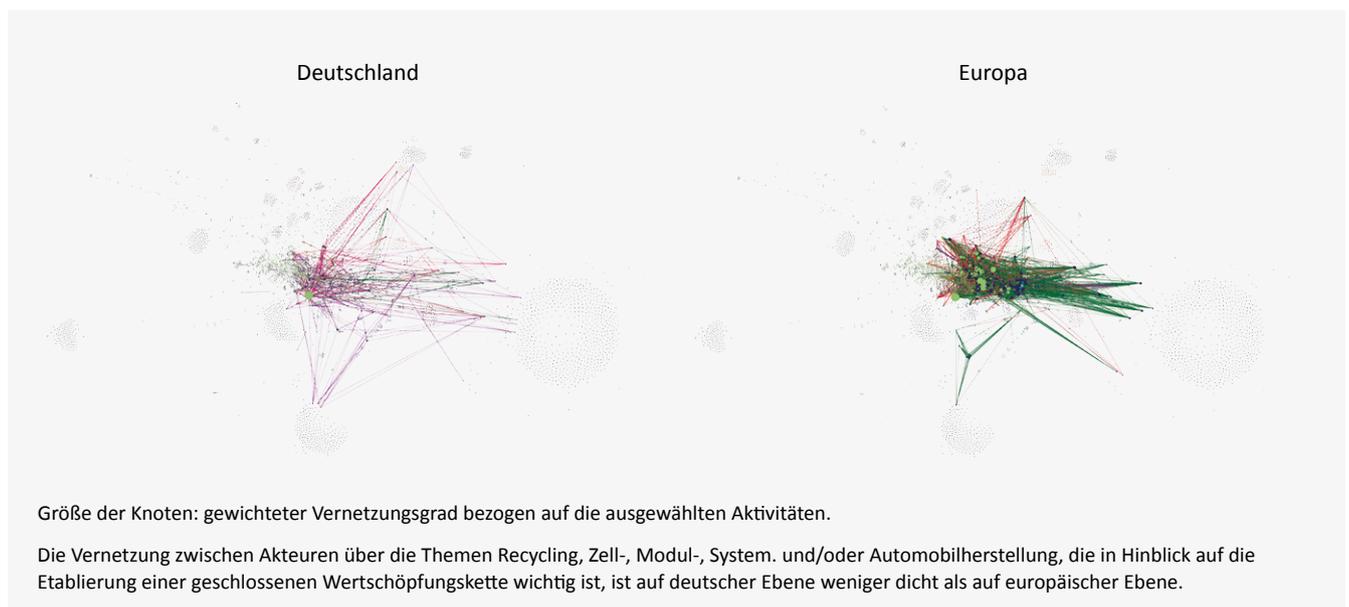


Abbildung 21: Vernetzungsdichte zwischen Akteuren über Aktivitäten zu Recycling und Zell-, Modul-, System- und/oder Automobilherstellung in Deutschland und Europa über alle Vernetzungsebenen.

auch einige wenige Zellhersteller eine Schnittstelle zwischen den beiden Vernetzungsebenen. Auf europäischer Ebene bildet außerdem ein Test- und Zertifizierungsunternehmen eine solche Schnittstelle. Insgesamt spiegelt sich somit die thematische Ausrichtung des Ökosystems im Wesentlichen auch in der Zusammensetzung der Schnittstellen zwischen der Forschungs- und der strategischen Ebene wieder. Außerdem fällt auf, dass die Schnittstellen überwiegend von großen international agierenden Großunternehmen bedient werden.

Im Gegensatz zu den Ebenen Forschung und Strategie existieren zwischen den Ebenen Wertschöpfung und strategischer Ebene bzw. Wertschöpfungs- und Forschungsebene praktisch kaum Schnittstellen. Daraus resultiert, dass es wenige Akteure mit öffentlichen Forschungs- und Wertschöpfungsaktivitäten gibt. Insbesondere im Hinblick auf **Forschung im Bereich industrielle Anwendung ist hier ein Bedarf** festzustellen. Die Vorhaben der IPCEI-Förderung, aber auch die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungsfabrik können dazu beitragen, den Bedarf zu decken.

Das Verhältnis der Anzahl an Schnittstellen zur Gesamtanzahl an Akteuren im betrachteten Ökosystem (siehe Kapitel 4.2) verdeutlicht, dass die Quervernetzung des Ökosystems durch wenige Akteure erzeugt wird. Auch das Vernetzungspotenzial zwischen der deutschen und europäischen Ebene ist, wie Abbildung 13 in Kapitel 4.2 zeigt, nur sehr gering. Die Anzahl an Akteuren, die unabhängig von der Zuordnung zu den Vernetzungsebenen im betrachteten Ökosystem in Deutschland

und in Europa tätig sind, fällt mit 144 von 3.178 Akteuren gering aus. Im Hinblick auf das Rollenmodell (siehe Kapitel 2.2) bedeutet dies, dass **Unternehmen eine deutlich vielfältigere Rolle im Ökosystem einnehmen** und nicht nur auf der Ebene der Wertschöpfung eine Schlüsselfunktion im Ökosystem ausüben.

Die Analyse des Zusammenwirkens von Akteuren bei Aktivitäten zu verschiedenen Wertschöpfungsstufen am Beispiel der für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft wichtigen Aktivitäten zu Recycling und Zell-, Modul-, System- und/oder Automobilherstellung im Ökosystem zeigt, dass die Vernetzung und die Dichte der Aktivitäten auf europäischer Ebene deutlich höher ist als auf deutscher Ebene (Abbildung 20). Entgegen des Trends im Hinblick auf das Rollenmodell des Ökosystems nehmen hier viele Forschungsakteure eine strategische Rolle ein. Dies spricht für eine **Fokussierung der Forschung, aber auch für eine schwächere Einbindung der Industrie**. Darüber hinaus ist festzustellen, dass nur wenige Akteure mehr als eine Wertschöpfungsstufe in ihren Aktivitäten abdecken und folglich nur wenige Akteure eine Schnittstellenposition innehaben, aus der sie Impulse oder Erkenntnisse zwischen verschiedenen Ebenen bzw. Wertschöpfungsstufen weitergeben können.

6 STÄRKEN UND SCHWÄCHEN DES ÖKOSYSTEMS BATTERIEZELLFERTIGUNG

Die vorhergehenden Ausführungen haben bereits erste Stärken und Schwächen des Ökosystems Batteriezellfertigung aufgezeigt. Da der Fokus in dieser Studie auf den Strukturen des Ökosystems lag, werden im Folgenden die Aspekte Vernetzung und Schnittstellen des Ökosystems in den Fokus der Betrachtung der Stärken und Schwächen des Ökosystems gebracht. Zunächst wird eine kurze Zusammenfassung der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken aus der Analyse gegeben (siehe Kapitel 4) und anschließend eine SWOT-Analyse durchgeführt, bei der jeweils die Stärken (**Strengths**), Schwächen (**Weaknesses**), Chancen (**Opportunities**) und Risiken (**Threats**) im Zusammenhang betrachtet werden. Dies beschreibt die Zustände des Ökosystems zu den Akteuren/Rollen und Vernetzung/Schnittstellen jeweils in Hinblick auf:

- den Ausbau vorhandener Stärken, um Chancen nutzen zu können (**Stärken-Chancen**),
- die Absicherung in Bezug auf Risiken durch Nutzung vorhandener Stärken (**Stärken-Risiken**),
- das Potenzial von Chancen, um Schwächen aufholen zu können (**Schwächen-Chancen**) sowie
- die Vermeidung von Gefahren durch Risiken, die durch vorhandene Schwächen verstärkt werden (**Schwächen-Risiken**).

Aus den Ergebnissen der Analysen werden schließlich die Handlungsempfehlungen abgeleitet, die im nächsten Kapitel betrachtet werden. Abbildung 22 fasst dieses Vorgehen zusammen.

6.1 Betrachtung der Akteure und Rollen

Überblick über Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken in Bezug auf Akteure und Rollen

Die Ergebnisse der Analyse der Akteure und Rollen des Ökosystems Batteriezellfertigung auf Basis der Datengrundlage dieser Studie zeigen, dass Akteure aus Deutschland, insbesondere Unternehmen, eine gute Position haben und auch auf europäischer Ebene gut vernetzt sind. Einige Unternehmen können hier als Schlüsselakteure agieren. Auch der Aufbau von Produktionsstandorten mit hohem Innovationsgrad erscheint möglich. Dennoch liegt darin auch eine Schwachstelle des Ökosystems. Außer Unternehmen und Forschungseinrichtungen sind kaum weitere Akteure im Ökosystem vertreten. Auch die Kompetenzen entlang der Wertschöpfungskette sind ungleich verteilt. Hier liegen nicht nur im Bereich der Zellproduktion, sondern auch im Bereich



Abbildung 22: Von der Analyse zur Ableitung der Handlungsempfehlungen

Ressourcen und Recycling Schwachstellen vor. Ohne Akteure aus diesem Bereich und ohne entsprechende Kompetenzen ist die Umsetzung einer geschlossenen und nachhaltigen Wertschöpfungskette nicht möglich.

SWOT-Analyse in Bezug auf Akteure und Rollen

Betrachtet man diese Chancen, Risiken, Stärken und Schwächen der Analyse im Rahmen einer SWOT-Analyse jeweils im Zusammenhang, zeigt sich folgendes Bild der Akteure und Rollen des Ökosystems.

Stärken – Chancen

In Bezug auf das gesamte betrachtete Ökosystem gibt es eine starke Unternehmensbasis auf deutscher und europäischer Ebene mit auch international sehr aktiven Unternehmen an Schlüsselpositionen. Diese können **Themen** in verschiedenen Bereichen des Ökosystems **vorantreiben und Impulse** setzen. Auf Ebene der deutschen Forschung liegt ein starker Fokus auf dem Thema **Produktion** mit im Vergleich zur europäischen Forschung höherem Unternehmensanteil, der den **Aufbau von Produktionsstandorten in Deutschland mit hohem Innovationsgrad** ermöglicht. Auf Ebene der europäischen Forschung gibt es eine hohe Beteiligung deutscher Akteure an Forschungsprojekten; diese **europäische Vernetzung** kann zum **Aufbau einer europäischen Wertschöpfung** genutzt werden.

Stärken – Risiken

Bislang gibt es **wenig Innovation beim Thema Recycling**. Insbesondere die deutsche Forschungslandschaft mit ihrem hohen Unternehmensanteil kann hier aber industriennahe Forschungsprojekte anstoßen.

Schwächen – Chancen

Weitere Akteure und Rollen neben Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die für ein funktionierendes und selbsttragendes Ökosystem wichtig sind, wie z. B. Normungs- und Standardisierungsorganisationen, Zertifizierungsunternehmen oder Interessenverbände und politische Institutionen³⁸, **sind bislang kaum in das Ökosystem eingebunden**. Die zum Aufbau eines Ökosystems **notwendigen Kompetenzen mit Fokus auf geschlossene Wertschöpfungsketten** sind nicht gleichmäßig über die Wertschöpfungskette verteilt. Lücken gibt es besonders im Bereich Recycling und Ressourcen.

Schwächen – Risiken

Beim Aufbau einer geschlossenen Wertschöpfungskette können **Lücken ohne die Einbindung wichtiger Akteurskatego-**

rien wie Normungs-/Standardisierungsorganisationen oder Zertifizierungsunternehmen **kaum geschlossen werden**. Die **Ressourcenversorgung kann bislang nicht ausreichend „aus eigener Kraft“** sichergestellt werden, d.h. durch Rohstoffversorgung oder Wiederverwertung.

Tabelle 3 fasst diese Ergebnisse zusammen.

	Stärken	Schwächen
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen an Schlüsselpositionen können Themen in verschiedenen Bereichen des Ökosystems vorantreiben und Impulse setzen. • Aufbau von Produktionsstandorten in Deutschland mit hohem Innovationsgrad durch hohen Unternehmensanteil auf deutscher Forschungsebene möglich. • Gute Möglichkeiten zum Aufbau einer europäischen Wertschöpfung durch hohe Beteiligung deutscher Akteure an europäischen Forschungsprojekten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Für ein funktionierendes und selbsttragendes Ökosystem wichtige Akteure und Rollen (z. B. Normungs-/ Standardisierungsorganisationen, Zertifizierungsunternehmen oder Interessensverbände und politische Institutionen^{IV}) sind bislang kaum in das Ökosystem eingebunden. • Kompetenzen mit Fokus auf geschlossene Wertschöpfungsketten nicht gleichmäßig über die Wertschöpfungskette verteilt.
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeit zum Anstoß industrienaher Forschungsprojekte beim insgesamt wenig besetzten Thema Recycling durch die deutsche Forschungslandschaft mit ihrem hohen Unternehmensanteil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lückenschließung hinsichtlich dem Aufbau einer geschlossenen Wertschöpfungskette ohne die Einbindung hierfür wichtiger Akteurskategorien kaum möglich. • Sicherstellung der Ressourcenversorgung bislang nicht ausreichend „aus eigener Kraft“ möglich.

IV Die genannten Akteure und insbesondere politische Institutionen nehmen auch an der Entwicklung des Ökosystems teil, ohne explizit in Aktivitäten der in dieser Studie betrachteten Vernetzungsebenen eingebunden zu sein, beispielsweise als Gesetz- oder Fördermittelgeber. Siehe auch Hinweis in vorheriger Fußnote.

Tabelle 3: SWOT in Bezug auf Akteure und Rollen

38 Dabei ist zu beachten, dass bei dieser Auswertung nur Institutionen betrachtet werden, die aktiv in die identifizierten Aktivitäten auf den verschiedenen Vernetzungsebenen eingebunden sind. Denn natürlich nehmen die genannten Akteure wie z. B. politische Institutionen auch an der Entwicklung des Ökosystems teil, ohne explizit in Aktivitäten der in dieser Studie betrachteten Vernetzungsebenen eingebunden zu sein. So haben sie beispielsweise als Gesetz- oder Fördermittelgeber einen maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklung des Ökosystems.

6.2 Betrachtung der Vernetzung und Schnittstellen

Überblick über Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken in Bezug auf die Vernetzung und Schnittstellen im Ökosystem

In Bezug auf die **Vernetzung und Schnittstellen im Ökosystem** zeigt die Analyse der Daten, dass die Akteure des Ökosystems grundsätzlich von der großen Reichweite einer starken Netzwerklanschaft mit großen, thematisch breit aufgestellten Verbänden, Initiativen und Netzwerken profitieren können. Ähnliches gilt auch für europäische Forschungsprojekte. Die große Chance einer Transformation des Ökosystems liegt darin, die Vernetzung auch auf anderen Vernetzungsebenen voranzutreiben. Dies ist derzeit eine Schwachstelle. Eine Vernetzung über die Netzwerke hinaus ist häufig nicht gegeben. Viele Akteure sind daher nicht stark in das Ökosystem eingebunden. Auch innerhalb der Wertschöpfungsebenen herrscht, mit Ausnahme der hier nicht tiefer betrachteten Wertschöpfungsverbindungen außerhalb von Joint Ventures, nur eine geringe Vernetzung. Insgesamt ist die geringe Anzahl an Schnittstellen eine Schwäche des Ökosystems. Dies führt insgesamt zu verschiedenen Risiken, wie z. B. einer Monopolstellung stark eingebundener Akteure oder der erschwerten Marktdiffusion durch eher sehr lokale (Demonstrations-)Projekte. Auch dies kann den Ausbau hin zu einem nachhaltigen und wirksamen Ökosystem Batteriezellfertigung erschweren.

SWOT-Analyse in Bezug auf Vernetzung und Schnittstellen

Betrachtet man diese Chancen, Risiken, Stärken und Schwächen der Analyse im Rahmen einer SWOT-Analyse jeweils im Zusammenhang, zeigt sich folgendes Bild der Vernetzung und Schnittstellen des Ökosystems.

Stärken – Chancen

Große Netzwerke und Interessensverbände auf deutscher und europäischer Ebene, ebenso wie große europäische FuE-Projekte mit potenziell großer Reichweite sind eine gute Möglichkeit, viele **Kontakte zu knüpfen und damit Zugang zu anderen Teilen des Ökosystems** zu erlangen. Gut vernetzte Akteure können als **Promotoren zum Aufbau einer europäischen Wertschöpfung** im Bereich der Batteriezellfertigung genutzt werden. Eine breite, in sich vernetzte Forschungslandschaft in Deutschland und Europa bietet im

Zusammenhang mit der vergleichsweise intensiven Zusammenarbeit die **Möglichkeit für Akteure, sich im Ökosystem zu etablieren**.

Stärken – Risiken

Mögliches fehlendes Interesse von Akteuren, sich außerhalb ihrer Akteursgruppe zu vernetzen, kann durch wertschöpfungsketten- und akteursgruppenübergreifende Netzwerke und Verbände mit **niedrigschwelligen Vernetzungsangeboten** ausgeglichen werden.

Schwächen – Chancen

Große Netzwerke und Verbände sind eine gute Ausgangsbasis für die weitere Vernetzung. Sie **erweitern den Akteurskreis und „Aktionsradius“ des Ökosystems** und z. T. die Vielfalt der Akteure. So kommen z. B. für das Ökosystem wichtige Akteure wie Banken über Verbände in das Ökosystem. Aus den Netzwerken und Verbänden heraus gibt es aber im betrachteten Ökosystem nur eine geringe Vernetzung zu anderen Aktivitäten³⁹. Viele Akteure sind nicht richtig in das gesamte Ökosystem eingebunden. Themen wie Recycling, Mining aber auch Nutzung werden zurzeit im Ökosystem noch vernachlässigt. **Wertschöpfungsstufenübergreifende Netzwerke und Verbände** enthalten teilweise Akteure mit entsprechenden Kompetenzen. Sie **können daher zur Vernetzung dieser bisher vernachlässigten Themen beitragen**.

Schwächen – Risiken

Eine **Monopolstellung gut vernetzter Akteure** ist auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten festgestellt, insgesamt verhältnismäßig geringen Vernetzung zwischen den verschiedenen Ebenen möglich. Diese Schlüsselakteure bzw. „Gatekeeper“ haben so Kontrollmöglichkeiten und können Themen in eigenem Interesse setzen und steuern. Das **Interesse** der Akteure, sich außerhalb ihrer Akteursgruppe **zu vernetzen**, ist möglicherweise **eingeschränkt**, da sich daraus meist Kompromisse ergeben (z. B. Austausch von Informationen). Stark lokalisierte Demonstrationsprojekte können die **Marktdiffusion von Technologien** erschweren.

Tabelle 4 fasst die Ergebnisse zusammen.

39 Siehe hierzu auch Kapitel 2 zu den Limitationen der Studie.

	Stärken	Schwächen
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Möglichkeiten, durch große Netzwerke und Interessensverbände in Deutschland und Europa viele Kontakte zu knüpfen und Zugang zu anderen Teilen des Ökosystems zu erlangen. • Gut vernetzte Akteure als Promotoren zum Aufbau einer europäischen Wertschöpfung im Bereich der Batteriezellfertigung. • Möglichkeit für Akteure, sich im Ökosystem zu etablieren durch breite, in sich vernetzte Forschungslandschaft in Deutschland und Europa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Große Netzwerke und Verbände erweitern den Akteurskreis und „Aktionsradius“ des Ökosystems um wichtige Akteure, die bislang nicht eingebunden sind. • Beitrag zur Vernetzung in bisher vernachlässigten Themen wie z.B. Recycling durch wertschöpfungsstufenübergreifende Netzwerke und Verbände.
Risiken	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgleich für fehlendes Interesse von Akteuren an Vernetzung außerhalb ihrer Akteursgruppe durch wertschöpfungsketten- und akteursgruppenübergreifende Netzwerke und Verbände mit niedrigschwelligem Vernetzungsangeboten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Monopolstellung gut vernetzter Akteure aufgrund der insgesamt verhältnismäßig geringen Vernetzung^V zwischen den verschiedenen Ebenen möglich. • Interesse von Akteuren an Vernetzung außerhalb ihrer Akteursgruppe aufgrund fehlender Kompromissbereitschaft (z.B. Austausch von Informationen) möglicherweise eingeschränkt • Stark lokal fokussierte Demonstrationsprojekte können die Marktdiffusion von Technologien erschweren.

^V Zu beachten ist dabei die zugrundeliegende Datenbasis dieser Studie, die auf der Wertschöpfungsebene nur Joint Ventures betrachtet (siehe zur Erläuterung Kapitel 2).

Tabelle 4: SWOT in Bezug auf Vernetzung und Schnittstellen

7 FAZIT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Ein Ökosystem Batteriezellfertigung ist trotz der in dieser Studie aber auch an anderen Stellen aufgezeigten Schwachstellen in Grundzügen in Europa vorhanden. Dies belegt nicht nur die **große Anzahl an Akteuren** mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten, die auf den verschiedenen Ebenen in das Ökosystem eingebunden sind, sondern auch die **starke Vernetzung einzelner Schlüsselakteure**. Diese sind nicht nur auf deutscher und europäischer Ebene aktiv, sondern zum Teil auch auf internationaler Ebene. Ein weiterer Beleg ist die **thematische Breite der Aktivitäten** der Akteure im Ökosystem Batteriezellfertigung über die Wertschöpfungskette hinweg, auch wenn etwa im Bereich des Recyclings oder der Rohstoffversorgung Schwachstellen vorliegen.

Dennoch besteht Handlungsbedarf - sowohl auf inhaltlicher Ebene als auch in Bezug auf die weitere Vernetzung. Viele der identifizierten Akteure sind, soweit es anhand der Datenbasis erkennbar ist, nur **eindimensional im Ökosystem** vernetzt. Folglich stehen sie nur über ein Netzwerk bzw. einen Interessenverband oder ein Forschungsprojekt mit anderen Akteuren in Verbindung. **Schnittstellen** zwischen den betrachteten Ebenen **liegen** ebenso wie zwischen den geografischen Ebenen, soweit erkennbar, **kaum vor**. Dies ist eine Schwachstelle des Ökosystems. Insbesondere in Hinblick auf die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft, um die Abhängigkeit von strategisch wichtigen Rohstoffen und den ökologischen Fußabdruck zu verringern, ist bislang keine konkrete Einbindung entsprechender Initiativen in Forschungsprojekte oder Aktivitäten anderer Netzwerke erkennbar. Auf inhaltlicher Ebene liegen die **Schwachstellen im Bereich Recycling und Rohstoffversorgung**.

Abschließend kann festgehalten werden, dass das Ökosystem sehr dynamisch ist und flankiert durch die Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen und geeigneter Fördermaßnahmen schnell wachsen kann. Dementsprechend sind die Ergebnisse dieser Studie eine Momentaufnahme der aktuell vorliegenden Situation.

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Studie lassen sich folgende Handlungsempfehlungen formulieren:

Strukturen des Wissenstransfers zwischen Forschung und Industrie stärken

Obwohl Unternehmen und, in etwas geringerer Anzahl, Forschungseinrichtungen die dominierenden Akteurskategorien im betrachteten Ökosystem Batteriezellfertigung darstellen (Kapitel 4.1 und 5.1), ist das Potenzial für die Vernetzung dieser Akteursgruppen, soweit es aus den vorliegenden Daten

Ein in dieser Studie nicht betrachtetes, aber relevantes Thema für die Zukunftsfähigkeit des Ökosystems der Batteriezellfertigung: Gleichstellung und Diversität in den Unternehmen und Institutionen

Die Relevanz des Themas liegt insbesondere in der Sicherung und Gewinnung von Fachkräften in Industrie und Forschung und in der Diversität von Herangehensweisen, Führungsstilen und Formen der Zusammenarbeit, die die Arbeitsergebnisse von Teams nachweislich steigern. Besonders in den für das Ökosystem Batteriezellfertigung relevanten MINT-Ausbildungsgängen und -Berufen ist die Chancengleichheit und Gleichstellung von Frauen bisher geringer ausgeprägt als in anderen Fachbereichen. Damit das Ökosystem Batteriezellfertigung zukunftsfähig bleibt und mit der gleichstellungsorientierten Gesellschaft Schritt halten kann, sollten noch existente, strukturelle Ungleichheit und Handlungsoptionen aufgezeigt werden. Aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit stichhaltiger Daten im Rahmen dieser Studie konnte hier nicht ermittelt werden, wie stark und in welchen Rollen Frauen bei den verschiedenen Akteuren im Ökosystem, in den unterschiedlichen Themenbereichen und Querschnittsthemen repräsentiert sind.

erkennbar ist, aus struktureller Sicht relativ gering. Das gilt insbesondere für den Wissenstransfer zwischen Forschung und industrieller Anwendung. Eine gezielte Vernetzung zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen findet z. B. im Rahmen von FuE-Aktivitäten statt (Kapitel 4.2 und 5). Der Anteil der durch Forschungsprojekte entstandenen Verbindungen ist im Vergleich zum Gesamtanteil aller Verbindungen im Ökosystem aber relativ gering (Kapitel 4.2). Ebenso wenig ist eine starke Vernetzung zwischen der Wertschöpfungs- und Forschungsebene erkennbar (Kapitel 5.4), zumal auf Wertschöpfungsebene ausschließlich Unternehmen identifiziert wurden. In Anbetracht der Gesamtanzahl an Akteuren ist daher der gezielte Wissensaustausch zwischen Industrie und Forschung eingeschränkt.

Empfehlung

Gezielt die Vernetzung zwischen Akteuren aus Industrie und Forschung fördern (z. B. über Vernetzungsveranstaltungen oder gezielte Förderprogramme zum Wissenstransfer aus der Forschung in die Industrie), um das Potenzial von Schlüsselakteuren aus der Industrie zu nutzen und Erkenntnisse aus der Forschung stärker ins Ökosystem zu transferieren.

Transfer von Produktionswissen aus FuE in die industrielle Anwendung

Insbesondere in der deutschen Forschungslandschaft liegt ein großer Schwerpunkt im Bereich Produktion – Know-How, das beim Aufbau einer innovativen europäischen Batteriezellfertigung von großer Wichtigkeit ist (Kapitel 5.2). Daher erscheint auch aus inhaltlicher Sicht eine Stärkung des Wissenstransfers zwischen Forschung und Industrie sinnvoll, um Innovationen schneller aus der Forschung in die industrielle Anwendung zu transferieren. Hierzu kann auch die relativ starke Beteiligung deutscher Akteure an der europäischen Forschungsebene (Kapitel 5.2) genutzt werden.

Empfehlung

Produktionswissen aus Forschung und Entwicklung sollte in Produktionsstandorte transferiert werden (z. B. durch geeignete Vernetzungsformate, Fördermaßnahmen mit dem Ziel der industriellen Anwendung der Forschungsergebnisse) und Nutzung des Potenzials der Unternehmen im Ökosystem zum Aufbau einer europäischen Batterieindustrie.

Schlüsselakteure als Schnittstellen zwischen verschiedenen Ebenen zur Verbreitung von relevanten Themen und wichtigen Impulsen

Der Anteil der Schnittstellen im Ökosystem zwischen verschiedenen Ebenen ist verhältnismäßig gering (Kapitel 4.2 und 5.4), weshalb u. a. der systematische Wissensaustausch zwischen den verschiedenen betrachteten Ebenen insgesamt erschwert ist. Es konnte aber eine Reihe von Akteuren identifiziert werden, die auf mehreren Ebenen aktiv sind und die daher diese Ebenen miteinander verbinden. Diese Schlüsselakteure können zur Steigerung des Transferpotenzials beitragen.

Empfehlung

Akteure mit Schnittstellenfunktion sollten gezielt in Vernetzungsaktivitäten eingebunden werden (z. B. über Konferenzen, Workshops), um von deren Reichweite in verschiedene Ebenen und Themen zu profitieren.

Schaffung weiterer Schnittstellen zur größeren Verbreitung relevanter Themen

Angesichts der verhältnismäßig geringen Anzahl an Schnittstellen besteht hier die Gefahr der Monopolbildung. Einzelne Akteure sind in der Lage, die Themen zu setzen und gezielt auszugestalten. Um eine Diffusion von relevanten Themen und wichtigen Impulsen in das Ökosystem sicherzustellen und eine Monopolbildung zu vermeiden, ist eine größere Anzahl Schnittstellen sinnvoll.

Empfehlung

Über die Vernetzung von Schlüsselakteuren mit wichtigen, aber weniger vernetzten Akteuren sollten weitere Schnittstellen geschaffen und so diese Akteure z. B. in Forschungsprojekte oder konkrete Netzwerkaktivitäten integriert werden. Dies gilt gerade auch zwischen verschiedenen Wertschöpfungsstufen, wie z. B. zwischen Recyclern und Zell-, Modul-, System- und/oder Automobilherstellern.

Einbindung weiterer Akteursgruppen

Im Rahmen dieser Studie wurde gezeigt, dass Akteursgruppen, die für den nachhaltigen Aufbau des Ökosystems Batteriezellfertigung wichtig sind, bereits im Ökosystem vorhanden sind (Kapitel 5.2 und 5.3), wenn auch z. T. nur im geringen Ausmaß. Dazu gehören sowohl Normungs- und Standardisierungsorganisationen als auch Banken, die Kapital und entsprechende Finanzierungsinstrumente bereitstellen und Gebietskörperschaften etwa hinsichtlich der Umsetzung von großskaligen Demonstratoren.

Empfehlung

Empfohlen wird, weitere Akteursgruppen, die den nachhaltigen Aufbau des Ökosystems Batteriezellfertigung unterstützen, durch gezielte Vernetzungsmaßnahmen (z. B. Förderprogramme, Matching- und Austauschformate) stärker in das Ökosystem einzubinden.

Qualitative Betrachtung der Verbindungen im Ökosystem

In dieser Studie wurde das Ökosystem unter strukturellen Gesichtspunkten betrachtet. Vereinfacht gesagt wurde geprüft, an welchen Stellen die Voraussetzungen für einen Wissensaustausch gegeben sind und wo nicht. Über die qualitative Beschaffenheit dieser Verbindungen, also „wie gut“ oder „wie schlecht“ ein Wissensaustausch stattfinden kann, konnte aus methodischen Gründen sowie aus Gründen der Datenverfügbarkeit keine Aussage getroffen werden. Ebenfalls nicht näher untersucht wurde, inwiefern beispielsweise der regulatorische Rahmen einen Einfluss auf die Vernetzung hat.

Empfehlung

Grundsätzlich ist zu prüfen, welche konkreten Hindernisse (z. B. Umgang mit geistigem Eigentum, fehlende Geschäftsmodelle) die weitere Vernetzung, aber auch den Datenaustausch (z. B. in Hinblick auf die durchgängige Nachverfolgbarkeit von Batteriezellen und Rohstoffen bis hin zum Recycling) von Akteuren ausbremsen. Hier könnten beispielsweise Aktivitäten der Global Battery Alliance weiteren Aufschluss geben, die sich u. a. bereits mit der Identifikation solcher Hindernisse beschäftigt und entsprechende Lösungskonzepte entwickelt.

Stärkung der Themen Recycling und Kreislaufwirtschaft durch Forschung und flankierende Maßnahmen

Einige Themen sind im gesamten Ökosystem, aber insbesondere in der Forschung bislang wenig repräsentiert (Kapitel 5.2 und 5.4). Dazu gehören vor allem die Themen Recycling und Kreislaufwirtschaft, die für eine nachhaltige Gestaltung der Wertschöpfungskette im Sinne einer Kreislaufwirtschaft wichtig sind. Die Gründung der European Raw Materials Alliance zeigt, dass dieses Thema auf europäischer Ebene bereits stärker in den Fokus rückt. Auch das Thema Kreislaufwirtschaft wird derzeit sowohl auf deutscher als auch europäischer Ebene mit entsprechenden Initiativen (Circular Economy Initiative oder der European Circular Economy Stakeholder Platform [ECESP]) stärker flankiert.

Empfehlung

Forschung und Entwicklung im Bereich Recycling und insbesondere Kreislaufwirtschaft sollten stärker bspw. in Förderprogrammen adressiert werden. Entsprechende Initiativen, wie die Circular Economy Initiative, sollten bereits frühzeitig eingebunden werden, um frühzeitig eine starke Vernetzung zwischen Forschung und Industrie auf nationaler ebenso wie auf europäischer Ebene zu unterstützen. Hierzu gehört auch die Flankierung der Vernetzung durch entsprechende Normungs- und Standardisierungsvorhaben.

Adressierung weiterer Forschungsthemen

Einige Themen, die für den nachhaltigen Erfolg des Ökosystems Batteriezellfertigung, beispielsweise in puncto Wettbewerbsvorteil, von hoher Relevanz sind, wurden im Rahmen dieser Studie nicht näher untersucht. Als Beispiel wurde das Thema Gleichstellung und Diversität aufgeführt (siehe Info-box S. 53). Ebenfalls nicht untersucht wurde die Start-Up-Landschaft und ihr Potenzial für das Ökosystem Batteriezellfertigung. Insbesondere Start-Ups verfügen über ein großes Innovationspotenzial, von dem das Ökosystem profitieren kann.

Empfehlung

Eine Bestandsaufnahme bei bislang wenig untersuchten Themen wie z. B. Gender & Diversity ist empfehlenswert, um mögliche Potenziale oder weitere Handlungsbedarfe für das Ökosystem Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa zu identifizieren. Dies betrifft beispielsweise die Verfügbarkeit von Fachkräften in Industrie und Forschung, die Einbindung von Expert:innen in das Ökosystem und die Attraktivitätssteigerung der Thematik für Frauen. Auch die Start-Up-Landschaft sowie deren Potenziale für das Ökosystem Batteriezellfertigung sollte im Rahmen weiterer Forschungsstudien evaluiert werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Avicenne (2020). The Worldwide rechargeable Battery Market 2019-2030.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2018). Thesen zur industriellen Batteriezellfertigung in Deutschland und Europa. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/thesen-zur-industriellen-batteriezellfertigung-in-deutschland-und-europa.pdf?__blob=publicationFile&v=5, letzter Zugriff am 23.10.2020.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020). Batterien für die Mobilität von morgen. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/batteriezellfertigung.html>, letzter Zugriff am 23.10.2020.

Elsevier (2020). SCOPUS Content Coverage Guide. https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0007/69451/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf, letzter Zugriff am 23.10.2020

European Commission (2018). ANNEX to the COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: EUROPE ON THE MOVE - Sustainable Mobility for Europe: safe, connected and clean. COM/2018/293 final. Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52018DC0293>, letzter Zugriff am 23.10.2020.

European Commission (2019a). REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK on the Implementation of the Strategic Action Plan on Batteries: Building a Strategic Battery Value Chain in Europe. COM/2019/176 final. Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52019DC0176>, letzter Zugriff am 23.10.2020.

European Commission (2019b). Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO₂ emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles, and repealing Regulations (EC) No 443/2009 and (EU) No 510/2011 (Text with EEA relevance.): PE/6/2019/REV/1. Official Journal of the European Union, L 111(62). 13–53.

Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien e. V. (KLiB) (2020). Batterieforum Deutschland: Projektdatenbank. <https://www.batterieforum-deutschland.de/projektdatenbank/>, letzter Zugriff am 23.10.2020.

Mutschke, P. (2010). Zentralitäts- und Prestigemaße. In C. Stegbauer & R. Häußling (Eds.), *Netzwerkforschung. Handbuch Netzwerkforschung* (1st ed., pp. 365–378). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität - Arbeitsgruppe 4 „Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung“, Fokusgruppe Wertschöpfung (NPM - AG 4) (2019). 1. ZWISCHENBERICHT ZUR WERTSCHÖPFUNG. Bericht Oktober 2019. Berlin. <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/2download/1-zwischenbericht-zur-wertschoepfung/>, letzter Zugriff am 23.10.2020.

Stegbauer, C. (Hg.) (2010). *Netzwerkforschung: Vol. 2. Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie: Ein neues Paradigma in den Sozialwissenschaften* (2. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Stegbauer, C., & Häußling, R. (Hg.) (2010). *Netzwerkforschung: Vol. 4. Handbuch Netzwerkforschung* (1. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Transport & Environment (2019). Electric surge: Carmakers' electric car plans across Europe 2019-2025. Brussels. <https://www.transportenvironment.org/publications/electric-surge-carmakers-electric-car-plans-across-europe-2019-2025>, letzter Zugriff am 23.10.2020.

Transport & Environment (2020). Record €60bn investment in electric cars and batteries in Europe secured last year. <https://www.transportenvironment.org/press/record-%E2%82%AC60bn-investment-electric-cars-and-batteries-europe-secured-last-year>, letzter Zugriff am 23.10.2020.

ANHANG I: ÜBERSICHT DER BETRACHTETEN NETZWERKE UND WERTSCHÖPFUNGSVERBINDUNGEN

a) Betrachtete Netzwerke und Interessenverbände auf Netzwerkebene

Name	Herkunft	Betrachtungsumfang Mitglieder
European Automobile Manufacturers Association (ACEA)	EU	Vollständig
ALISTORE	EU	Vollständig
Battery Association of Japan (BAJ)	Int.	Vollständig
Bundesverband der deutschen Abfall-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft (BDE)	D	Vollständig
Bundesverband Elektromobilität (BEM)	D	Vollständig
Bundesverband Energiespeicher (BVES)	D	Vollständig
European Association of Automotive Suppliers (CLEPA)	EU	Vollständig
China Energy Storage Alliance (CNESA)	Int.	Vollständig
European Battery Alliance (EBA)	EU	Vollständig
European Battery Association (EBRA)	EU	Vollständig
European Green Vehicle Initiative (EGVI)	EU	Vollständig
EIT-InnoEnergy	EU	Auszug
EIT-RawMaterials	EU	Vollständig
European Road Transport Research Advisory Council (ERTRAC)	EU	Vollständig
European Council for Automotive R&D (EUCAR)	EU	Vollständig
Association of European Manufacturers of automotive, industrial and energy storage batteries (EUROBAT)	EU	Vollständig
EUROMETAUX	EU	Vollständig
Global Battery Alliance (GBA)	Int.	Vollständig
KLiB - Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen Batterien	D	Vollständig
RECHARGE	EU	Vollständig
Verband der Automobilwirtschaft (VDA)	D	Vollständig
VDMA Batterieproduktion	D	Vollständig

a) Betrachtete Joint Ventures⁴⁰ auf Wertschöpfungsebene

Name (sofern vorhanden) und beteiligte Unternehmen
4R Energy: Sumitomo Corporation, Nissan
Amperex GAC Power Batterie: CATL, GAC
Automotive Cells Company (ACC): PSA, Opel, Total, Saft
Automotive Electronics Power Pvt. Ltd - AEPPL: Emberion OY, Toshiba, Denso Automotive Deutschland GmbH
Automotive Energy Supply Corporation (AESC): NEC, Nissan
BASF TODA Battery Materials LLC: BASF SE, Toda Kogyo
Beijing Benz Automotive Company: Farasis, Daimler, BAIC Group
BESK: SK Innovation, Beijing Automotive, Beijing Electronics
BMW Brilliance Automotive-BBA: BMW AG, Brilliance
BorgWarner, Romeo Power Technology
BYD Toyota EV Technology: BYD, Toyota
BYD, Changan Ford Automobile
BYD, Qinghai Salt Lake Industry Co Ltd
CATL Geely Power Battery: CATL, Geely
CATL-FAW Power Battery Company: CATL, FAW
Cinovec Lithium Project: European Metals, CEZ
Coloumb: GETEC Energie GmbH, The Mobility House
Continental AG, Chengfei Integration Technology
CNH Industrial (Iveco, FPT Industrial)
Digital Energy Solutions: BMW AG, Viessmann Group
Dongfeng Amperex: CATL, Dongfeng
Dongfeng Lishen Power Battery Systems Co.: Lishen, Dongfeng
EcoPro EM: Samsung, EcoPro BM
Eisenmann, Onejoon

⁴⁰ Zum Redaktionsschluss z. T. noch als strategische Kooperationen mit dem Ziel, ein Joint Venture zu gründen.

Name (sofern vorhanden) und beteiligte Unternehmen
ElringKlinger, Sichuan Chengfei Integration Technology Co., Ltd. (CITC)
Eneris, Leclanché S.A.
HL Green Power: LG Chem, Hyundai
Hydro Volt AS: Hydro, Northvolt
InoBat Auto: Wildcat, Inobat
Nikola, CNH Industrial
JT Energy Systems: Jungheinrich AG, Triathlon Holding GmbH
JV 1: LG Chem, Huayou Cobalt
JV 2: LG Chem, Huayou Cobalt
Kion Battery Systems: BMZ GmbH, Kion
Leclanché S.A., Exide Industries
LG Chem, Geely
LG Chem, VinFast
Lithium Energy and Power GmbH & Co. KG: Bosch, GS Yuasa, Mitsubishi
Morrow Batteries: Graphene Batteries, Agder Energy Ventures
Panasonic Automotive Energy Dalian Co. Ltd.: Panasonic Corporation, Dalian Levear Electric
Panasonic, Tesla
Prime Planet Energy & Solutions: Panasonic, Toyota
Primibus: SMS Group, Neometals
SAFT SA, Tianneng Energy Technology
SAIC-GM: SAIC, GM
Ultium Cells: General Motors, LG Chem
VW, Northvolt
VW, QuantumScape
VW-VM Forschungsgesellschaft mbH & Co. KG: VW, VARTA
Williams Advanced Engineering, Unipart
Yunnan Phinergy Chuang Neng Metal Air Battery: Phinergy, Yunnan Aluminium, Shanghai Zuoyong New Energy Technology

ANHANG II: WERTETABELLEN

a) Top 10 total nach Vernetzungsgrad

Deutschland	EU	International
BASF SE Vernetzungsgrad: 1936 Nähe: 0,650 Betweenness: 0,00106	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Vernetzungsgrad: 739 Nähe: 0,640 Betweenness: 0,00517	Panasonic Vernetzungsgrad: 213
Continental AG Vernetzungsgrad: 1738 Nähe: 0,649 Betweenness: 0,000674	UMICORE NV/SA Vernetzungsgrad: 565 Nähe: 0,601 Betweenness: 0,0021	NEC Vernetzungsgrad: 168
Siemens AG Vernetzungsgrad: 1722 Nähe: 0,735 Betweenness: 0,00443	GigaVaasa- Ecosystem for future batteries Vernetzungsgrad: 557 Nähe: 0,526 Betweenness: 0,000001	Chinese Academy of Sciences Institute of Metal Research Vernetzungsgrad: 168
Thyssenkrupp AG Vernetzungsgrad: 1609 Nähe: 0,714 Betweenness: 0,00308	COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (CEA) Vernetzungsgrad: 523 Nähe: 0,566 Betweenness: 0,00517	SAFT Groupe S.A. Vernetzungsgrad: 163
ZF Friedrichshafen AG Vernetzungsgrad: 1587 Nähe: 0,664 Betweenness: 0,00157	Robert Bosch GmbH Vernetzungsgrad: 477 Nähe: 0,585 Betweenness: 0,00219	Volkswagen (VW) AG Vernetzungsgrad: 156
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Vernetzungsgrad: 1566 Nähe: 0,570 Betweenness: 0,00764	AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY GMBH Vernetzungsgrad: 474 Nähe: 0,584 Betweenness: 0,00114	Toshiba Vernetzungsgrad: 112
Daimler AG Vernetzungsgrad: 1391 Nähe: 0,644 Betweenness: 0,00187	Vrije Universiteit Brussel (VUB) Vernetzungsgrad: 462 Nähe: 0,595 Betweenness: 0,00150	GS Yuasa International Ltd. Vernetzungsgrad: 111
LEAR Corporation GmbH Vernetzungsgrad: 1347 Nähe: 0,601 Betweenness: 0	SAFT Groupe S.A. Vernetzungsgrad: 450 Nähe: 0,586 Betweenness: 0,00286	106 Akteure mit Vernetzungsgrad 110

Deutschland	EU	International
Vibracoustic Vernetzungsgrad: 1344 Nähe: 0,600 Betweenness: 0	BASF SE Vernetzungsgrad: 445 Nähe: 0,571 Betweenness: 0,000961	
Robert Bosch GmbH Vernetzungsgrad: 1188 Nähe: 0,815 Betweenness: 0,00470	University of Technology at Belfort-Montbéliard (UTBM) Vernetzungsgrad: 437 Nähe: 0,526 Betweenness: 0,000001	

b) Top 10-Netzwerke nach Vernetzungsgrad

Deutschland	EU	International
BASF SE Vernetzungsgrad: 1910 Nähe: 0,699 Betweenness: 0,000288 Netzwerke: VDA	GigaVaasa- Ecosystem for future batteries Vernetzungsgrad: 557 Nähe: 0,639 Betweenness: 0 Netzwerke: EBA	Panasonic Vernetzungsgrad: 210 Nähe: 0,802 Betweenness: 0,00097 Netzwerke: CNESA
Continental AG Vernetzungsgrad: 1738 Nähe: 0,703 Betweenness: 0,000465 Netzwerke: VDA	University of Technology at Belfort and Montbéliard Vernetzungsgrad: 437 Nähe: 0,639 Betweenness: 0 Netzwerke: EBA	Chinese Academy of Sciences Institute of Metal Research Vernetzungsgrad: 168 Nähe: 0,608 Betweenness: 0 Netzwerke: CNESA
Siemens AG Vernetzungsgrad: 1708 Nähe: 0,820 Betweenness: 0,00318 Netzwerke: VDMA_Batt, BVES, KLiB	EUROBAT Vernetzungsgrad: 430 Nähe: 0,714 Betweenness: 0,000502 Netzwerke: EBA, ERTRAC	NEC Vernetzungsgrad: 167 Nähe: 0,713 Betweenness: 0,000273 Netzwerke: CNESA, GBA
ZF Friedrichshafen AG Vernetzungsgrad: 1587 Nähe: 0,782 Betweenness: 0,00155 Netzwerke: VDA, BEM	Robert Bosch GmbH Vernetzungsgrad: 428 Nähe: 0,716 Betweenness: 0,000624 Netzwerke: EBA, EGVI, ERTRAC, RE-CHARGE, CLEPA	SAFT Groupe S.A. Vernetzungsgrad: 162 Nähe: 0,706 Betweenness: 0,000241 Netzwerke: CNESA, GBA

Deutschland	EU	International
Thyssenkrupp AG Vernetzungsgrad: 1571 Nähe: 0,774 Betweenness: 0,00157 Netzwerke: BVES, KLiB, VDA	Renault Group Vernetzungsgrad: 427 Nähe: 0,716 Betweenness: 0,000315 Netzwerke: EBA, ERTRAC, RECHARGE, EGVI	Volkswagen (VW) AG Vernetzungsgrad: 155 Nähe: 0,693 Betweenness: 0,000222 Netzwerke: CNESA, GBA
Daimler AG Vernetzungsgrad: 1369 Nähe: 0,696 Betweenness: 0,00111 Netzwerke: VDA	Aalto University Vernetzungsgrad: 423 Nähe: 0,697 Betweenness: 0,000209 Netzwerke: EBA, EIT-InnoEnergy, EIT-RawMaterials	Murata Manufacturing Co., Ltd. Vernetzungsgrad: 110 Nähe: 0,542 Betweenness: 0 Netzwerke: BAJ
LEAR Corporation GmbH Vernetzungsgrad: 1347 Nähe: 0,683 Betweenness: 0 Netzwerke: VDA	Volvo Group Vernetzungsgrad: 418 Nähe: 0,697 Betweenness: 0,000208 Netzwerke: EBA, EGVI, ERTRAC, EUCAR	The Furukawa Battery Co., Ltd. Vernetzungsgrad: 110 Nähe: 0,542 Betweenness: 0 Netzwerke: BAJ
Vibracoustic Vernetzungsgrad: 1344 Nähe: 0,682 Betweenness: 0 Netzwerke: VDA	VITO Vernetzungsgrad: 418 Nähe: 0,682 Betweenness: 0,000261 Netzwerke: EBA, EIT-InnoEnergy, EIT-RawMaterials	105 weitere Einträge mit Vernetzungsgrad 110 Nähe: 0,542 Betweenness: 0 Netzwerk: BAJ
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Vernetzungsgrad: 1307 Nähe: 0,540 Betweenness: 0,000158 Netzwerke: BVES, KLiB	Tecnalia Vernetzungsgrad: 414 Nähe: 0,697 Betweenness: 0,000208 Netzwerke: EBA, EIT-InnoEnergy, EIT-RawMaterials	
Robert Bosch GmbH Vernetzungsgrad: 1177 Nähe: 0,460 Betweenness: 0,00025 Netzwerke: VDA, BVES, KLiB, BEM	Eramet Vernetzungsgrad: 411 Nähe: 0,705 Betweenness: 0,000316 Netzwerke: EBA, EIT-RawMaterials, RECHARGE, EUROMETAUX	

c) Top 10-FuE nach Vernetzungsgrad

Deutschland	EU	International
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Vernetzungsgrad: 259 Nähe: 0,646 Betweenness: 0,001622	COMMISSARIAT AL ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (CEA) Vernetzungsgrad: 523 Nähe: 0,660 Betweenness: 0,00379	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Vernetzungsgrad: 897 Nähe: 0,520 Betweenness: 0,00787
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Vernetzungsgrad: 113 Nähe: 0,510 Betweenness: 0,000291	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Vernetzungsgrad: 343 Nähe: 0,595 Betweenness: 0,00156	Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V. Vernetzungsgrad: 847 Nähe: 0,538 Betweenness: 0,00943
Technische Universität Braunschweig Vernetzungsgrad: 103 Nähe: 0,507 Betweenness: 0,000298	FUNDACION CIDETEC Vernetzungsgrad: 254 Nähe: 0,547 Betweenness: 0,000488	Universität Ulm Vernetzungsgrad: 259 Nähe: 0,424 Betweenness: 0,000962
VARTA Microbattery GmbH Vernetzungsgrad: 64 Nähe: 0,497 Betweenness: 0,000184	POLITECNICO DI TORINO Vernetzungsgrad: 203 Nähe: 0,545 Betweenness: 0,000379	Technische Universität Dresden Vernetzungsgrad: 211 Nähe: 0,399 Betweenness: 0,00161
Westfälische Wilhelms-Universität (Münster) Vernetzungsgrad: 49 Nähe: 0,439 Betweenness: 0,00012	CENTRO RICERCHE FIAT SCPA Vernetzungsgrad: 184 Nähe: 0,533 Betweenness: 0,000298	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen Vernetzungsgrad: 210 Nähe: 0,434 Betweenness: 0,00180
SGL Carbon Vernetzungsgrad: 40 Nähe: 0,486 Betweenness: 0,000071	Vrije Universiteit Brussel (VUB) Vernetzungsgrad: 170 Nähe: 0,553 Betweenness: 0,000641	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Vernetzungsgrad: 187 Nähe: 0,458 Betweenness: 0,00252
Justus-Liebig-Universität Gießen Vernetzungsgrad: 39 Nähe: 0,476 Betweenness: 0,000054	AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY GMBH Vernetzungsgrad: 168 Nähe: 0,529 Betweenness: 0,000315	Justus-Liebig-Universität Gießen Vernetzungsgrad: 185 Nähe: 0,441 Betweenness: 0,00105
Litarion GmbH Vernetzungsgrad: 39 Nähe: 0,451 Betweenness: 0,000019	NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO Vernetzungsgrad: 164 Nähe: 0,541 Betweenness: 0,000492	Max-Planck-Gesellschaft Vernetzungsgrad: 180 Nähe: 0,466 Betweenness: 0,00248

Deutschland	EU	International
Thyssenkrupp AG Vernetzungsgrad: 38 Nähe: 0,434 Betweenness: 0,000047	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE CNRS Vernetzungsgrad: 163 Nähe: 0,507 Betweenness: 0,000425	Technische Universität Darmstadt Vernetzungsgrad: 149 Nähe: 0,430 Betweenness: 0,00120
ZSW - Zentrum für Solarenergie- und Wasserstoff-Forschung, Ulm Vernetzungsgrad: 37 Nähe: 0,436 Betweenness: 0,000064	UMICORE NV/SA Vernetzungsgrad: 156 Nähe: 0,522 Betweenness: 0,000181	Massachusetts Institute of Technology Vernetzungsgrad: 135 Nähe: 0,402 Betweenness: 0,00074

d) Top 10-JV nach Vernetzungsgrad

Deutschland	EU	International
Jungheinrich AG Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriesysteme	Saft Groupe S.A. Vernetzungsgrad: 3 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	LG Chem Vernetzungsgrad: 6 Nähe: 0,5 Betweenness: 0,000002 Schwerpunkt: Batteriezellen
Triathlon Holding GmbH Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriesysteme	Adam Opel AG Vernetzungsgrad: 3 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	Beijing Automotive Vernetzungsgrad: 4 Nähe: 1 Betweenness: 0
Viessmann Group Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Weitere Anwendungen	Groupe PSA S.A. Vernetzungsgrad: 3 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	CATL Vernetzungsgrad: 4 Nähe: 0,458 Betweenness: 0,000002
Kion Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriesysteme	Total S.A. Vernetzungsgrad: 3 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	BYD Vernetzungsgrad: 3 Nähe: 0,545 Betweenness: 0
BMZ Batterien-Montage-Zentrum GmbH Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriesysteme	Northvolt Vernetzungsgrad: 2 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	Panasonic Vernetzungsgrad: 3 Nähe: 0,545 Betweenness: 0

Deutschland	EU	International
Varta Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	Volkswagen (VW) AG Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 0,667 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	Huayou Cobalt, Mitsubishi , SK Innovati- on, GS Yuasa International Ltd., Toshiba, Beijing Electronics, Chengfei Integration Technology (CITC), Dongfeng Motor Corporation, Farasis Energy Inc., Geely, General Motors, Nissan, Phinergy, Shang- hai Zuoyong New Energy Technology, Suzuki, Yunnan Aluminium, Toyota, DEN- SO AUTOMOTIVE DEUTSCHLAND GMBH, Robert Bosch GmbH, Daimler AG Vernetzungsgrad: 2 Nähe: 0,344-1,000 Betweenness: 0, 000000-0,000002
Volkswagen (VW) AG Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	The Mobility House Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: 2nd Life	
Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (BMW) Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Weitere Anwendungen	Leclanche Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	
	GETEC Energie GmbH Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: 2nd Life	
	Eneris Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 1 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Batteriezellen	
	Hydro Vernetzungsgrad: 1 Nähe: 0,667 Betweenness: 0 Schwerpunkt: Recycling	

