



# **Diffusionsprofile von Energietechnologien: Verbreitungspotenzial & Einflussfaktoren**

## **Band 1: Stromversorgung**

**Dr. Tobias Froese, Dr. Jens Clausen**

Erstellt im Rahmen des Forschungsprogramms

Transformation des Energiesystems Niedersachsen (TEN.efzn) im

Transfer-Innovationsbereich I: Grundlagen der Transferarbeit

Teilprojekt I.2: Innovations- und Diffusionspfadanalysen Energietechnologien

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Fak. II, Dep. Wirtschafts- und Rechtswissenschaften

Apl. Professur für Innovationsmanagement und Nachhaltigkeit

Kontakt:

Prof. Dr. Klaus Fichter, [klaus.fichter@uol.de](mailto:klaus.fichter@uol.de)

# IMPRESSUM

## KURZTITEL

Diffusionsprofile Energietechnologien - Band 1: Stromversorgung

## AUTOREN

Tobias Froese (Universität Oldenburg)

Jens Clausen (Borderstep Institut)

**M** [tobias.froese@uni-oldenburg.de](mailto:tobias.froese@uni-oldenburg.de)

## VERLAG

© Universität Oldenburg, 2026

## ZITIERVORSCHLAG

Froese, T. & Clausen, J. (2026). Diffusionsprofile von Energietechnologien: Verbreitungspotenzial und Einflussfaktoren - Band 1: Stromversorgung. Oldenburg. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:715-oops-76443>.



Diese Veröffentlichung ist im Rahmen des Forschungsprogramms „Transformation des Energiesystems Niedersachsen“ (TEN.efzn) am Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (efzn) entstanden.

zukunft.  
**niedersachsen**

**Gefördert mit Mitteln aus zukunft.niedersachsen, dem gemeinsamen Wissenschaftsförderprogramm des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur und der VolkswagenStiftung.**

# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Impressum.....                                                          | i   |
| Inhaltsverzeichnis .....                                                | ii  |
| Abbildungsverzeichnis .....                                             | iii |
| Tabellenverzeichnis .....                                               | iii |
| 1 Die Diffusionsanalyse: Eine Einführung .....                          | 1   |
| 1.1 Erfassung von Eckdaten zu Innovationsgegenstand und Diffusion ..... | 1   |
| 1.2 Erfassung von Einflussfaktoren mittels Codesystem .....             | 4   |
| 1.3 Konstruktion des Spitzenindikators „Diffusionsdynamik“ .....        | 8   |
| 2 Diffusionsanalyse für Windkraftwerke an Land .....                    | 9   |
| 3 Diffusionsanalyse für Offshore-Windkraftanlagen.....                  | 14  |
| 4 Diffusionsanalyse für Photovoltaikanlagen .....                       | 20  |
| 5 Diffusionsanalyse für Wasserkraftwerke .....                          | 27  |
| 6 Diffusionsanalyse für Energiegenossenschaften .....                   | 32  |
| 7 Diffusionsanalyse für große Batteriespeicher .....                    | 38  |
| 8 Diffusionsanalyse für Heimspeicher .....                              | 45  |
| Quellen.....                                                            | 51  |

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Teil 1 des Fallprofils: Eckdaten zum Innovationsgegenstand und seiner Diffusion .....                                                     | 2  |
| Abbildung 2: Jährlicher Zubau von Photovoltaikleistung in Deutschland .....                                                                            | 3  |
| Abbildung 3: Ausbau der Windenergie in Deutschland an Land seit 1990 .....                                                                             | 10 |
| Abbildung 4: Stromproduktion durch Offshore Windkraft in GWh/a.....                                                                                    | 15 |
| Abbildung 5: Ausbau der Windenergie in Deutschland an Land und auf See seit 1990 .....                                                                 | 15 |
| Abbildung 6: Ausbau der Solarstromerzeugung in Deutschland an Land seit 1990 .....                                                                     | 21 |
| Abbildung 7: Entwicklung des durchschnittlichen Endkundenpreises (Systempreis, netto) für fertig<br>installierte Aufdachanlagen von 10 – 100 kWp ..... | 25 |
| Abbildung 8: Bruttostromerzeugung aus Wasserkraft in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2024 in<br>TWh.....                                            | 28 |
| Abbildung 9: Zahl der neu gegründeten Energiegenossenschaften in Deutschland .....                                                                     | 33 |
| Abbildung 10: 300 MW Batteriespeicher in Kalifornien kombiniert mit Freiflächen Photovoltaikanlage<br>.....                                            | 38 |
| Abbildung 11: Zubau und Bestand an Großbatteriespeichern weltweit .....                                                                                | 40 |
| Abbildung 12: Zahl Großbatteriespeicher und Häufigkeit von Schadensfällen .....                                                                        | 41 |
| Abbildung 13: Zubau und Bestand an Batteriespeichern in Deutschland .....                                                                              | 46 |
| Abbildung 14: Brandrisiken im Haushalt.....                                                                                                            | 47 |

## TABELLENVERZEICHNIS

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Einflussfaktoren und Bewertungscodierung der Diffusionsanalyse.....                     | 4  |
| Tabelle 2: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Windkraftanlagen an Land ..... | 10 |
| Tabelle 3: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für Windkraft an Land .....                       | 13 |
| Tabelle 4: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Offshore-Windkraftanlagen ...  | 16 |
| Tabelle 5: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Offshore-Windkraft.....                       | 19 |
| Tabelle 6: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Photovoltaikanlagen .....      | 21 |
| Tabelle 7: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 Photovoltaik .....                                | 26 |
| Tabelle 8: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wasserkraftwerken .....        | 28 |
| Tabelle 9: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für Wasserkraftanlagen .....                      | 31 |
| Tabelle 10: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Energiegenossenschaften ....  | 33 |
| Tabelle 11: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 Energiegenossenschaften.....                     | 37 |
| Tabelle 12: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von großen Batteriespeichern .... | 40 |
| Tabelle 13: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für große Batteriespeicher .....                 | 44 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 14: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Batterie-Heimspeichern ..... | 46 |
| Tabelle 15: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für Heimspeicher .....                          | 50 |

# 1 Die Diffusionsanalyse: Eine Einführung

Der vorliegende Materialband wurde im Rahmen von TEN.efzn im Transfer-Innovationsbereich I: Grundlagen der Transferarbeit, Teilprojekt I.2: Innovations- und Diffusionspfadanalysen Energietechnologien erstellt. Er beleuchtet die sozio-technischen Erfolgsbedingungen der Verbreitung (Diffusion) von Energietechnologien. Er enthält Diffusionspfadanalysen zu sieben Innovationen bzw. Technologien aus dem Bereich der Stromversorgung. Ergänzend erscheinen drei weitere Materialbände mit entsprechenden Analysen von 22 weiteren Energiewendetechnologien aus den Bereichen Wärmeversorgung, Smart Technology sowie Wasserstoff und CO<sub>2</sub> (Froese & Clausen, 2026a, 2026b, 2026c). Eine übergeordnete Auswertung aller Einzelanalysen findet sich in Froese und Clausen (2026d).

Die Innovationsforschung untersucht seit vielen Jahren das Zustandekommen und die Erfolgsbedingungen von Innovationen. Als Teilgebiet der Innovationsforschung untersucht die Diffusionsforschung den Prozess der Verbreitung von Innovationen in der Gesellschaft (Pulkki-Brännström & Stoneman, 2013; Rogers, 2003). Ihre Ergebnisse richten sich häufig an politische und wirtschaftliche Akteure mit dem Ziel, Innovationsprozesse gezielt zu unterstützen und zu beschleunigen. Für gesellschaftlichen Wandel und insbesondere für die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wirtschaft – so die zugrundeliegende Annahme – ist es entscheidend, dass umweltfreundliche Technologien nicht nur entwickelt werden, sondern auch in der Gesellschaft ankommen, genutzt werden und alte, weniger umweltfreundliche Lösungen verdrängen (Clausen & Fichter, 2019; Kulmer et al., 2022).

Die wissenschaftliche Methodik der Diffusionsanalyse wurde bereits vor über zehn Jahren im Projekt „Diffusionspfade von Umweltinnovationen“ auf Basis einer breiten Literaturanalyse entwickelt (Clausen, Fichter, & Winter, 2011; Fichter & Clausen, 2013) und im Rahmen des Projektes „Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy“ im Auftrag des Umweltbundesamtes weiterentwickelt (Clausen & Fichter, 2019). Fichter und Clausen (2013, 2016) folgend, erfolgt die Diffusionsanalyse auf Basis von Sekundärinformationen und wird für jede untersuchte Innovation bzw. Technologie in Form eines qualitativ hergeleiteten Fallprofils dokumentiert. Um eine einheitliche, vergleichbare Erhebung über alle Fälle hinweg sicherzustellen, wird hierfür ein standardisiertes Profilschema verwendet, das als Erhebungsinstrument fungiert (Fichter & Clausen, 2013, S. 156 ff.) – vergleichbar mit einem strukturierten Beobachtungsprotokoll.

Das Profilschema der Diffusionsanalyse umfasst – wie im folgenden Unterkapitel 1.1 dargestellt – zentrale Eckdaten zum Innovationsgegenstand und zum Ablauf der bisherigen Diffusion sowie – wie in Unterkapitel 1.2 dargestellt – Einschätzungen zu 22 potenziellen Einflussfaktoren. Diese Faktoren wurden von Fichter und Clausen (2013, S. 97) als potenziell relevant für den Verlauf des Diffusionsprozesses herausgearbeitet. Im letzten Schritt werden die Einzelbewertungen der 22 Einflussfaktoren – wie in Kapitel 1.3 dargestellt – zu einem Spitzenindikator summiert. Die folgende Darstellung des Profilschemas und der Methodik der Diffusionsanalyse wurde weitgehend aus einem älteren Forschungsprojekt übernommen (Steudle & Clausen, 2016) und nur leicht an die fokussierte Zielsetzung der hier durchgeführten Analyse angepasst.

## 1.1 Erfassung von Eckdaten zu Innovationsgegenstand und Diffusion

Zur strukturierten Beschreibung des Innovationsgegenstands und des bisherigen Diffusionsverlaufs wird nach Fichter und Clausen (2013) ein standardisiertes Profilschema verwendet. Die nachfolgende

Abbildung zeigt die im Rahmen von TEN.efzn erhobenen Kategorien und Leitfragen, anhand derer im ersten Schritt die Eckdaten und der Diffusionsstand für jeden untersuchten Innovationsfall systematisch dokumentiert wurden.

**Abbildung 1: Teil 1 des Fallprofils: Eckdaten zum Innovationsgegenstand und seiner Diffusion**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Innovationsgegenstand</b></p> <p>[Freitextfeld zur Beschreibung der Innovation, deren Diffusion untersucht werden soll.]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>Markteinführung</b></p> <p>Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ ], neue Unternehmen [ ] oder beide [ ]?</p> <p>[Freitextfeld zur Beschreibung, durch wen und wann die Markteinführung erfolgte.]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>Einbindung in Technologiesystem</b></p> <p>Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?</p> <p>Ja [ ] Nein [ ]</p> <p>Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?</p> <p>[Freitextfeld zur Beschreibung, welche Produkte zu dem Technologiesystem gehören. Nur auszufüllen, wenn „Ja“ angekreuzt wurde.]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>Diffusionsstand und -verlauf</b></p> <p>noch Nischenangebot [ ] auf dem Weg in den Massenmarkt [ ] im Massenmarkt angekommen [ ]</p> <p><b>Marktindikator:</b></p> <p>[Freitextfeld zur Angabe der ausgewählten Referenzbasis, die zur Bestimmung des Verbreitungsgrades verwendet wird.]</p> <p><b>Verbreitungsgrad:</b> ____%</p> <p><b>Diffusionsverlauf:</b></p> <p>[Freitextfeld zur Einordnung des angegebenen Verbreitungsgrades des Produktes oder der Dienstleistung für einen möglichst aktuellen Zeitpunkt sowie zur Beschreibung der Entwicklung seit der Markteinführung. Letztere sollte möglichst grafisch dargestellt und interpretiert werden.]</p> |

Wie im unteren Teil von Abbildung 1 dargestellt, ist im Rahmen des Fallprofils zur Bestimmung des Diffusionsstandes ein geeigneter *Marktindikator* (bzw. eine Referenzbasis) festzulegen und daraus der *Verbreitungsgrad* als metrische Variable zu bestimmen. Damit wird der aktuelle Stand der Diffusion einer Innovation quantifiziert und zwischen Fällen vergleichbar. Während die übrigen Eckdaten des Profils weitgehend selbsterklärend sind, erfordern die Auswahl des Marktindikators sowie die Ableitung des Verbreitungsgrades eine methodische Erläuterung.

Grundsätzlich müssen zur Bestimmung des Verbreitungsgrades zwei Informationen vorliegen:

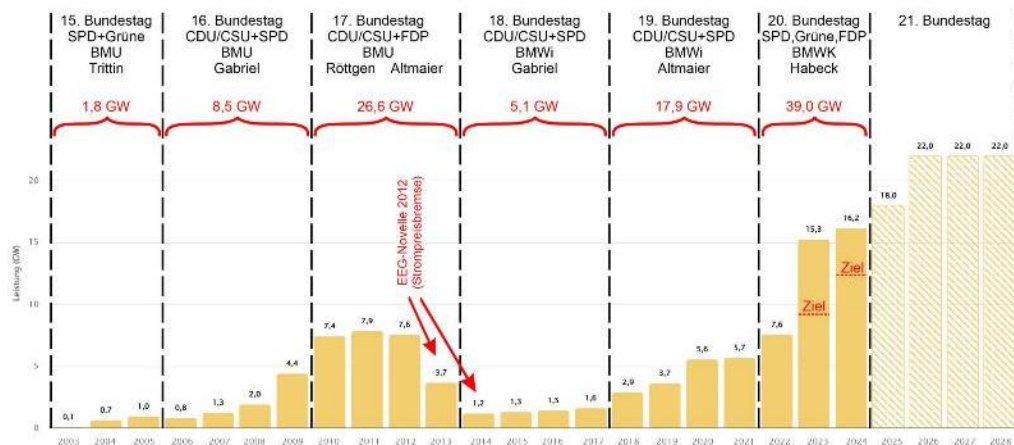
- ▶ einen Marktindikator, also die Definition einer geeigneten Bezugsgröße bzw. Referenzbasis einschließlich ihrer quantitativen Größe, bei deren vollständiger Ausschöpfung ein Verbreitungsgrad von 100 % erreicht wäre (bspw. der jährliche Gesamtmarkt einer Produktkategorie), und
- ▶ eine Diffusionsgröße der untersuchten Innovation (bspw. die Zahl der jährlich abgesetzten Produkte/Dienstleistungen), die mit dem Marktindikator prozentual in Bezug gesetzt werden kann.

Bei der Festlegung des Marktindikators ist zu berücksichtigen, dass dieser je Innovationsfall unterschiedlich ausfallen kann. Hintergrund ist, dass sich die Märkte, in denen Diffusionsprozesse stattfinden, hinsichtlich Struktur (Bestandsmarkt vs. Wachstumsmarkt) und Dynamik (Verdrängung bestehender Lösungen vs. Ausbau neuer Kapazitäten) deutlich unterscheiden können. Entsprechend werden je nach Innovationsfall unterschiedliche Marktindikatoren herangezogen.

In Bestandsmärkten mit weitgehend stabilem jährlichem Absatz ist es häufig sinnvoll, den Verbreitungsgrad im Sinne einer Flussgröße über Verkaufsanteile am aktuellen Absatzmarkt abzubilden. Dies gilt beispielsweise für den Heizungsmarkt: Hier treffen ein nur langsam veränderlicher Bestand (Wohngebäude und installierte Wärmeerzeuger) und – außerhalb von Krisenzeiten – ein stabiler jährlicher Absatz neuer Heizungsanlagen von rund 700.000 bis 800.000 Stück aufeinander. Aus klimapolitischer Perspektive besteht die zentrale Dynamik darin, dass klimaneutrale Heizsysteme fossile Anlagen schrittweise verdrängen. Für Technologien wie die Wärmepumpe lässt sich der Verbreitungsgrad daher sinnvoll als prozentueller Anteil an dem Marktindikator „jährlicher Heizungsabsatz“ darstellen. Für diese Wahl spricht zudem eine Grenzwertüberlegung: Würde ein klimaneutrales Heizungssystem im aktuellen Absatzmarkt einen Anteil von 100 % erreichen, könnte die Diffusion über dieses Maß nicht weiter gesteigert werden. Der verbleibende Fortschritt bestünde dann ausschließlich im (zeitlich verzögerten) Austausch des Bestands, nicht mehr in einer Steigerung des Absatzanteils.

In Kontexten mit stark wachsendem Gesamtvolumen bietet es sich hingegen an, in der Zukunft liegende Zielgrößen (z. B. politisch definierte Ausbauziele oder szenario-basierte Erwartungswerte) als Marktindikatoren heranzuziehen. Dies liegt daran, dass in solchen Fällen sowohl die Zahl der in Gebrauch befindlichen Produkte/Dienstleistungen (Bestandsgröße) als auch die Zahl der pro Zeiteinheit abgesetzten Produkte/Dienstleistungen (Flussgröße) typischerweise nicht annähernd konstant sind. Der Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung verdeutlicht dies: Während 2008 insgesamt 2,7 GW Windenergie- und Photovoltaikleistung zugebaut wurden, lag der Zubau 2023 bei 18,3 GW (vgl. Abbildung 2). Unter solchen Bedingungen bildet ein klassischer Marktanteil (bezogen auf ein als konstant angenommenes jährliches Marktvolumen) den Diffusionsfortschritt nur unzureichend ab. Hinzu kommt, dass im Segment der Neubau-Kraftwerksleistung einige Technologien bereits vollständig stillgelegt wurden und somit keine Konkurrenz im Neubau mehr stattfindet. Beispielsweise wurde letzte neue Kohlekraftwerk (Datteln IV) 2020 in Betrieb genommen, und von den 2010 vorhandenen 60 GW Kohlekraftwerksleistung waren bis 2023 bereits 20 GW stillgelegt (Global Energy Monitor, 2024).

**Abbildung 2: Jährlicher Zubau von Photovoltaikleistung in Deutschland**



Quelle: Burger (2025)

Für eine Reihe erneuerbarer Energietechnologien (z. B. Windkraft oder Photovoltaik) bietet es sich daher an, politische Ausbauziele als Marktindikator heranzuziehen – etwa das in den Langfristszenarien für 2030 im Szenario O45-Strom erwartete Volumen der Energieproduktion in Deutschland mit der jeweiligen Technologie (Fraunhofer ISI, 2024). Der Verbreitungsgrad ergibt sich dann als Anteil des bereits erreichten Volumens am für 2030 erwarteten Zielvolumen. Wird hierbei ein hoher Prozentsatz erzielt, ist die Zielerreichung absehbar. Weitere Diffusionsförderung ist dann vor allem vom Entwicklungspfad bis 2045 abhängig bzw. nur noch begrenzt wirksam. In solchen Fällen verschiebt sich der Schwerpunkt der Energiepolitik stärker auf die Regelungen zur Exnovation fossiler Technologien.

Zuletzt gibt es auch Technologien (z.B. tiefe Geothermie), die bisher nur in wenigen Demonstrationsprojekten existieren und für die auch noch keine fundierten Zielgrößen wie etwa politische Ausbauziele vorliegen. In solchen Fällen wurde im Rahmen dieser Studie zur Ermöglichung der quantitativen Auswertung als „Erinnerungswert“ ein Verbreitungsgrad von 0,1% eingetragen.

## 1.2 Erfassung von Einflussfaktoren mittels Codesystem

Nachdem die Eckdaten zum Innovationsgegenstand und zu seinem bisherigen Diffusionsverlauf erhoben wurden, werden im zweiten Teil des Erhebungsprofils die potenziellen Einflussfaktoren auf die Diffusion der jeweils untersuchten Innovation systematisch erfasst. Wie in Tabelle 1 dargestellt, umfasst das Fallprofil hierzu ein Codesystem mit 22 Faktoren, die in produktbezogene, adopterbezogene, anbieterbezogene, branchenbezogene, politische und pfadbezogene Einflussgrößen gegliedert sind.

Da Innovationen nicht als „Merkmalsträger“ befragt werden können, erfolgt zunächst eine qualitative Datenerhebung durch die Analyse von Sekundärquellen. Die jeweils gewonnen Erkenntnisse und die zugrundeliegenden Quellen werden fall- und faktorspezifisch dokumentiert.

Auf den qualitativen, fall- und faktorspezifisch Einzelanalysen aufbauend werden anschließend je Innovation jedem der 22 Einflussfaktoren genau eine Ausprägung zugewiesen. Die Einordnung erfolgt ordinal auf 3er- bzw. 5er-Skalen (0 bis +2 bzw. –2 bis +2). Codiert bzw. bewertet wird bezüglich des gesamten bisher beobachtbaren Diffusionsprozess, d. h. für den Zeitraum von der Markteinführung bis zum Erhebungszeitpunkt. Die Codierung folgt dem Nullhypothesenprinzip: Standardmäßig wird je Faktor ein Einfluss von 0 angenommen. Nur wenn die erhobenen empirischen Informationen unstrittig und intersubjektiv nachvollziehbar eine Abweichung nahelegen, wird ein förderlicher Einfluss (z.B. 1 = förderlich) bzw. ein hemmender Einfluss (z.B. –2 = sehr stark hemmend) vergeben.

Zur Sicherung intersubjektiver Nachvollziehbarkeit und einer annähernden Interrater-Reliabilität werden die Codierungen zunächst individuell vorgenommen und anschließend in einem mehrköpfigen Codierteam abgeglichen und konsentiert. Auf diese Weise wird qualitatives Datenmaterial nachvollziehbar in ordinale Ausprägungen überführt und damit einer deskriptiven statistischen Auswertung zugänglich gemacht – ohne den Anspruch zu erheben, kausale Effekte zu identifizieren oder Messungen im streng metrischen Sinne vorzunehmen.

**Tabelle 1: Einflussfaktoren und Bewertungscodierung der Diffusionsanalyse**

| Produktbezogene Faktoren             | Bewertungscodierung                              |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: | 2: neue nützliche Funktion oder starker sozialer |

| Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgänger- oder Konkurrenzprodukt?                                                  | Vorteil<br>1: weniger wesentliche neue Funktion oder kleiner sozialer Vorteil<br>0: kein relativer Vorteil erkennbar                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. <i>Wahrnehmbarkeit:</i><br>Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird? | 2: Deutlich UND in der Öffentlichkeit wahrnehmbar<br>1: Weniger deutlich oder nur in Innenräumen u. ä. wahrnehmbar<br>0: Nicht wahrnehmbar                                                                    |
| 3. <i>Kompatibilität:</i><br>Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?                                               | 0: neutral<br>-1: Anschlussfähigkeit erfordert Aufwand oder Lernen<br>-2: Anschlussfähigkeit nur schwer herzustellen                                                                                          |
| 4. <i>Komplexität:</i><br>Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?                                          | 0: unkomplex<br>-1: leicht komplex<br>-2: bedarf besonderen Fachwissens                                                                                                                                       |
| 5. <i>Erprobbarkeit:</i><br>Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch den Adopter erprobt werden?                                                               | 2: Einfach und mit im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit geringen Kosten erprobbar<br>1: Aufwendig erprobbar<br>0: Nicht erprobbar                                                                              |
| Adopterbezogene Faktoren                                                                                                                                            | Codierung                                                                                                                                                                                                     |
| 6. <i>Nutzer-Innovatoren:</i><br>Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?                   | 2: Die Existenz einer größeren Gruppe von Innovatoren ist bekannt<br>1: Die Existenz einer kleinen Gruppe von Innovatoren ist bekannt<br>0: Nicht bekannt.                                                    |
| 7. <i>Notwendigkeit von Verhaltensänderung:</i><br>Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?                                      | 0: keine Verhaltensänderung erforderlich<br>-1: Verhaltensänderung erforderlich<br>-2: deutliche Verhaltensänderung erforderlich                                                                              |
| 8. <i>Unsicherheiten bei Adoptoren:</i><br>Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?                                  | 0: keine Unsicherheiten bekannt<br>-1: kleine Unsicherheiten<br>-2: deutliche Unsicherheiten                                                                                                                  |
| 9. <i>Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit:</i><br>Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?                        | 2: hohe Wirtschaftlichkeit oder billiger<br>1: leicht wirtschaftlich oder etwas billiger<br>0: neutral<br>-1: leicht unwirtschaftlich oder etwas teurer<br>-2: deutlich unwirtschaftlich oder deutlich teurer |
| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                           | Codierung                                                                                                                                                                                                     |
| 10. <i>Qualifizierungsaufwand:</i><br>Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des                           | 0: neutral<br>-1: hoher Qualifizierungsaufwand wirkt leicht hemmend                                                                                                                                           |

| erforderlichen Personals?                                                                                                                                                                                                                      | -2: hoher Qualifizierungsaufwand wirkt deutlich hemmend                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter:</b><br>Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?                                                                    | 2: Bekannte Unternehmen mit hoher Reputation bieten die Innovation an<br>1: weniger bekannte Unternehmen bieten die Innovation an<br>0: nur unbekannte Anbieter                                                                                                                             |
| <b>12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote:</b><br>Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?                                                     | 2: Verfügbarkeit und Service sind überall sichergestellt<br>1: kleine Einschränkungen in Verfügbarkeit oder Service<br>0: neutral<br>-1: schlechte Verfügbarkeit oder fehlender Service wirken leicht hemmend<br>-2: schlechte Verfügbarkeit oder fehlender Service wirken deutlich hemmend |
| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                                      | Codierung                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>13. Rolle des Branchenverbandes:</b><br>Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?                                                                       | 2: starke und aktive Unterstützung<br>1: weniger starke oder weniger aktive Unterstützung<br>0: kein Branchenverband bzw. keine Aktivität<br>-1: leicht hemmender Einfluss<br>-2: deutlich hemmender Einfluss                                                                               |
| <b>14. Rolle der Marktführer:</b><br>Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?                                                                                | 2: Marktführer haben die Innovation von Anfang an mit eingeführt<br>1: Marktführer haben die Innovation leicht gefördert<br>0: Marktführer verhielten sich neutral<br>-1: Marktführer haben die Diffusion leicht behindert<br>-2: Marktführer haben engagiert gegen die Diffusion gekämpft  |
| <b>15. Intermediäre als Change Agents:</b><br>Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | 2: viele Intermediäre haben die Diffusion engagiert gefördert<br>1: einige Intermediäre haben sich für die Diffusion eingesetzt<br>0: keine aktiven Intermediäre bekannt<br>-1: einige Intermediäre bremsen die Diffusion<br>-2: viele Intermediäre bremsen die Diffusion                   |
| Politische Faktoren                                                                                                                                                                                                                            | Codierung                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>16. Institutionelle Hemmnisse:</b><br>Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Rege-                                                                                                                                                    | 0: keine Hemmnisse<br>-1: kleine Hemmnisse<br>-2: deutliche Hemmnisse                                                                                                                                                                                                                       |

lungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?

**17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten:**

Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?

- 2: deutliche Förderung
- 1: eingeschränkte Förderung
- 0: keine Förderung
- 1: kleine Hemmnisse
- 2: deutliche Hemmnisse

**18. Sektorpolitiken:**

Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?

- 2: eine Sektorpolitik ist bekannt und wird aktiv verfolgt.
- 1: eine Sektorpolitik ist eher schwach wirksam.
- 0: Nicht bekannt.

**19. Medien und Kampagnen:**

Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?

- 2: die Innovation wurde durch die Medien deutlich gefördert
- 1: die Innovation wurde durch die Medien etwas gefördert
- 0: über die Innovation wird nur selten berichtet
- 1: Medienberichte etc. wirkten hemmend
- 2: Medienberichte etc. wirkten deutlich hemmend

**Pfadbezogene Faktoren**

**Codierung**

**20. Pfadabhängigkeiten:**

Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit gebremst?

- 2: die Innovation hat sich sehr schnell zum dominanten Design entwickelt
- 1: in einigen Marktsegmenten erreicht die Innovation den Status des dominanten Designs
- 0: neutral
- 1: Vorgängerprodukte haben über ein leichtes Lock-in die Diffusion gebremst
- 2: Vorgängerprodukte haben über ein starkes Lock-in die Diffusion stark verzögert

**21. Preisentwicklung:**

Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?

- 2: Preis ist seit der Markteinführung (z.B. durch „economies of scale“ oder Folgeinnovationen) - stark gesunken
- 1: Preis ist wenig gesunken
- 0: Preis ist gleichgeblieben
- 1: Preis ist leicht gestiegen
- 2: Preis ist deutlich gestiegen

**22. Selbstverstärkende Effekte:**

Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?

- 2: deutliches „kritische Masse Phänomen“
- 1: leichtes „kritische Masse Phänomen“
- 0: keine selbstverstärkenden Effekte

### 1.3 Konstruktion des Spitzenindikators „Diffusionsdynamik“

Im letzten Schritt der Diffusionsanalyse wird je Innovation der Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ gebildet. Dieser ergibt sich aus der einfachen, ungewichteten Addition der Bewertungen aller 22 Einflussfaktoren. Von den 22 Einzelbewertungen können alle als neutral (0 Punkte), insgesamt 16 als positiv bzw. fördernd (1 oder 2 Punkte) und insgesamt 14 negativ bzw. hemmend (-1 oder -2 Punkte) bewertet werden. Der maximale positive Wert des Spitzenindikators ist folglich 32, während der maximale negative Wert des Spitzenindikators bei -28 Punkten liegt. Insgesamt kann der Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ somit Werte von -28 bis +32 annehmen.

Bei den Bewertungen der 22 Ausgangsfaktoren handelt es sich um ordinale Merkmale deren „natürliche Ordnung“ darin besteht, dass ein höherer Merkmalswert bei allen Faktoren auf ein tendenziell höheres Diffusionspotenzial hinweist. Da diese Ordnungseigenschaft für jeden Faktor einzeln gilt und die Summenbildung ungewichtete ordinale Ausprägungen aggregiert, kann auch für den entstehenden Spitzenindikator angenommen werden, dass ein höherer Summenwert grundsätzlich auf ein höheres Diffusionspotenzial hinweist. Zugleich bleibt aber auch der durch Summenbildung entstehende Spitzenindikator selbst ordinal skaliert ist: Ist der Wert der Diffusionsdynamik z.B. 18, dann ist dies zwar höher als 14, aber kann keineswegs als „doppelt so hoch wie 9“ interpretiert werden.

Letztlich hat der Spitzenindikator damit den Charakter einer Rankingskala. Fälle mit einer höheren Diffusionsdynamik können damit als tendenziell „besser“ eingestuft werden als Fälle mit einer niedrigeren Diffusionsdynamik, ohne dass darüber hinausgehende Interpretationen, wie eine metrische Aussage über Abstände zwischen den Innovationen, zulässig wären.

## 2 Diffusionsanalyse für Windkraftwerke an Land

### Beschreibung des Diffusionsfalls

Windenergieanlagen dienen der Gewinnung von Strom aus Windkraft. Die historische Nutzung durch Windmühlen war das Vorbild für Versuche seit den 30er Jahren, die Windkraft in industriellem Maße zu nutzen. Aktuelle werden an Landstandorten meist Windkraftanlagen mit einer Leistung von 4 bis 6 MW neu gebaut.

### Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ ], neue Unternehmen [ ] oder beide [ X ]?

Seit den 70er Jahren wurden zahlreiche Versuchsanlagen meist niedriger Leistung gebaut und erprobt. Während es in Dänemark einem Team aus Ehrenamtlichen schon 1976 gelang, eine 900 kW Anlage zu bauen (an der Westküste in Tvind), die auch 2025 noch läuft, scheiterte die deutsche Großindustrie mit dem 3 MW Growian, der 1987 endgültig abgebaut wurde. Die Markteinführung als bestellbares Produkt fand um das Jahr 1975 herum statt. In den 1980er Jahren waren eine große Zahl neuer Unternehmen wie z.B. Enercon und Fuhrlander im Markt aktiv, aber auch etablierte Unternehmen wie MAN produzierten Windkraftanlagen.

### Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [ X ]    Nein [ ]

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Ein zu hoher Anteil volatiler Energie, wie sie von Windkraftwerken bereitgestellt wird, bedingt zwingend Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit in windarmen Zeiten. Der Ausbau der Windkraft über ein gewisses Maß hinaus bedingt daher zwingend den Bau von Energiespeichern sowie die Flexibilisierung von Verbrauchern und flexibilisierbaren Erzeugern.

Eine hohe Stromproduktion durch Wind und andere regenerative Stromerzeugungsanlagen ist wiederum Voraussetzung für die Versorgung der Elektromobilität, der elektrischen Wärmeerzeugung und der elektrischen Erzeugung von Wasserstoff.

### Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [ ] auf dem Weg in den Massenmarkt [ ] im Massenmarkt angekommen [ X ]

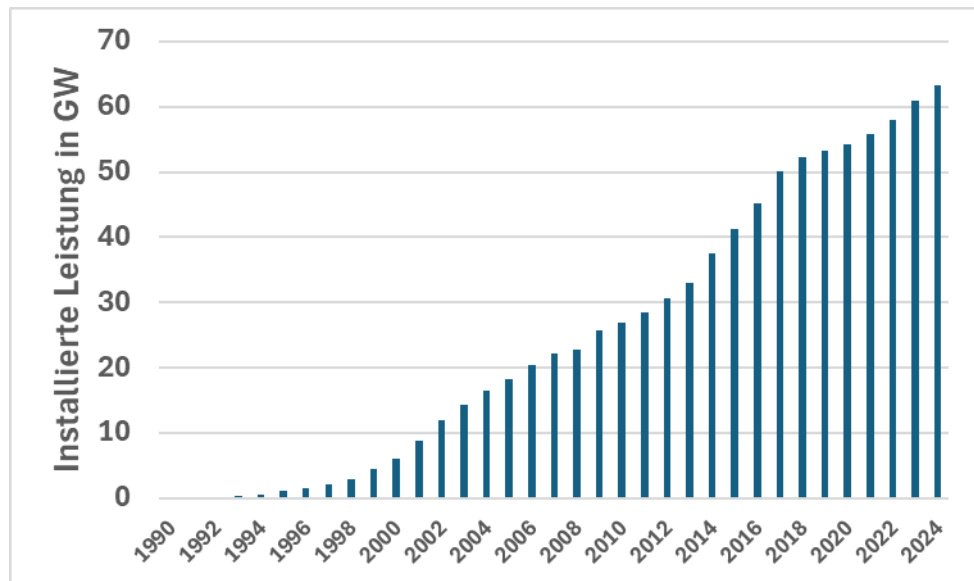
**Marktindikator:** Für die Windkraft an Land wurde als Bezugsgröße das für 2030 in den Langfristszenarien im Szenario O45-Strom (Fraunhofer ISI, 2024) erwartete Produktionsvolumen von 283 TWh in Deutschland gewählt.

**Verbreitungsgrad:** 38,9 %

**Diffusionsverlauf:** Mit 110 TWh Stromerzeugung durch Windkraft an Land wurden durch Windkraft 26,6 % der deutschen Nettostromproduktion in 2024 erzeugt (Energy-Charts, 2025). Die Langfristszenarien sehen für 2030 eine Stromproduktion aus Windkraft von 283 TWh vor, womit sich ein Verbreitungsgrad von 38,9 % ergibt.

Waren im Jahr 1990 noch Windräder von 0,06 GW (60 MW) installiert, übertrafen sie bereits im Jahr 2000 mit 6,1 GW installierter Leistung alle anderen regenerativen Energie zusammen (Quaschnig, 2025a).

**Abbildung 3: Ausbau der Windenergie in Deutschland an Land seit 1990**



Quelle: Borderstep mit Daten von Quaschnig (2025a)

Nach einer langen Anlaufphase bis Ende der 1990er Jahre ist nach dem Beschluss des EEG durch die Rot-Grüne Koalition im Jahr 2000 ein erster Boom bis etwa 2006 wahrzunehmen. Unter der Regierung Merkel flachte das Wachstum etwas ab, bis sich die Entwicklung nach dem Beschluss des Atomausstiegs 2011 wieder beschleunigte. Der von Minister Gabriel betriebene Wechsel von Einspeisevergütungen zu Ausschreibungen setzte dem Boom ein wirksames Ende. Erst durch die Ampel-Regierung bekam der Windkraftausbau unter Minister Habeck wieder Schwung.

## Fakten und Wertungen zur Diffusion von Windkraftanlagen an Land

**Tabelle 2: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Windkraftanlagen an Land**

| Produktbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                               | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt? | Im Vergleich zu Sonnenstrom bietet Windstrom an Land den Vorteil von mehr als doppelt so hohen Volllaststunden. Im Vergleich zu fossiler Energie oder Kernkraft ist Windenergie an Land gemessen als Levelized Cost of Energy (Lazard, 2024) ganz erheblich preiswerter zu erzeugen. | 2       |
| 2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen                               | Die Wahrnehmbarkeit ist hoch. Gegen die Anlagen wird gerade aufgrund ihrer Sichtbarkeit mit der Begründung, sie seien hässlich Widerstand geleistet (Handelsblatt Online, 2024).                                                                                                     | 1       |

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| auf sie hingewiesen wird?                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
| 3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?      | Windenergieanlagen sind gut mit dem Stromnetz kompatibel. Aufgrund der ständig steigenden Kapazität in windstarken Regionen gibt es in einigen Regionen allerdings Engpässe im Leitungsnetz. Auch die Vorstellungen der Anschlussfähigkeit von WKA an das Landschaftsbild sind unterschiedlich. In Westdeutschland stimmen aber immerhin 69 % der Bevölkerung dem Windkraftausbau zu, in Ostdeutschland 54 % (MDR, 2024). | -1 |
| 4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis? | Windenergieanlagen sind komplexe technische Bauwerke, die allerdings im Vergleich zu anderen Kraftwerksanlagen eher einfach sind.                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0  |
| 5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?                         | Durch das aufwendige Aufstellen von Einzelanlagen erprobbar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1  |

| Adopterbezogene Faktoren                                                                                                                | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren? | Die 80er und 90er Jahre zeigen ein Bild einer höchst intensiven Zusammenarbeit von Pionierherstellern und Pionierkunden, wobei letztlich eine Art Pioniersektor entstand (mit Pionier-Zertifizierern, Pionier-Wartungsunternehmen, Pionier-Genehmigungsbehörden usw.) (Oelker, 2005).                                                                                     | 2       |
| 7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?                    | Seitens der Stromversorger ist das Eigentum an Windrädern vergleichbar dem Besitz anderer Kraftwerke wie BHKW oder Wasserkraftwerke. Grundsätzliche Verhaltensänderungen sind nicht erforderlich. Die gilt auch für die Stromkunden.                                                                                                                                      | 0       |
| 8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?                | Seit dem Inkrafttreten des Stromeinspeisegesetzes 1990 und des EEG 2000 und der Klärung vieler Fragen der Zertifizierung und Genehmigung deutlich geringere Unsicherheiten. Neue Unsicherheiten entstehen aber durch die wackelige Haltung des neuen Bundeskanzlers und seine Bemerkung, Windkraftwerke seien hässlich und man könnte auch mal wieder ohne sie auskommen. | -1      |
| 9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?      | Im Laufe der Zeit wurde die Wirtschaftlichkeit generell besser (Häner, Jurek, 2021; Lazard, 2024), wobei es eine Reihe von Einbrüchen in der Kalkulierbarkeit gab, z.B. nach den Änderungen im EEG zwischen 2014 und 2017 (Clausen, 2019a).                                                                                                                               | 2       |

| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                         | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                         | Wertung |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?         | Die Entwicklung und Produktion von Windkraftanlagen erfordert hoch qualifiziertes Personal.                                                                                                                                                                    | -2      |
| 11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen? | Die Hersteller mit den größten Marktanteilen in 2023 in Deutschland waren Vestas (DK) mit 38,3 %, Nordex SE mit 26,2 % und Enercon mit 22,9 % (Energie & Management, 2024). Alle drei sind in der Fachwelt gut bekannt und verfügen über eine hohe Reputation. | 2       |

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar? | Windkraftanlagen werden in Deutschland seit vielen Jahren mit einem umfassenden Serviceangebot angeboten – von Wartung über Monitoring bis zur Versicherung ist ein industrielles Dienstleistungsökosystem etabliert. Die technische Betreuung ist weitgehend sichergestellt. | 2 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                            | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?                                                                       | Mit rund 17.000 Mitgliedern gehört der Bundesverband Windenergie zu den weltweit größten Verbänden der Erneuerbaren Energien und setzt sich seit Jahren für einen nachhaltigen und effizienten Ausbau der Windenergie in Deutschland und die bestmögliche Nutzung von Windstrom ein. Die Hersteller finden sich in Deutschland aber auch in großen Verbänden wie dem VDMA und VDE, die Anwender im VKU und dem BDEW. Durchweg sind dies starke Verbände, die sich klar für die Energiewende einsetzen (BDEW, 2024; VDE, 2024; VDMA, 2025; VKU, 2025). | 2       |
| 14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?                                                                                | Bis in die Mitte der 1990er Jahre leisteten die Marktführer im Strommarkt, die EVUs, entschlossen Widerstand gegen regenerative Energien. Seit Mitte der 20er Jahre stehen sowohl Hersteller von Windkraftanlagen wie auch fast alle Energieversorger hinter der Energiewende und damit auch hinter Windstrom.                                                                                                                                                                                                                                        | 2       |
| 15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Klimaschutz- und Energieagenturen unterstützen in vielen Regionen den Ausbau und die Akzeptanz der Windenergie.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |

| Politische Faktoren                                                                                                                     | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt? | Der Ausbau der Windenergie in Deutschland wurde über Jahre hinweg durch deutliche institutionelle Hemmnisse gebremst. Komplexe und langwierige Genehmigungsprozesse, unzureichende Flächenbereitstellung, restriktive Abstandsregeln sowie Unsicherheiten im Ausschreibungsdesign haben die Diffusion erheblich behindert. Insbesondere die Einführung des Ausschreibungsverfahrens führte zu einem massiven Rückgang des Zubaus ab 2017. Erst seit 2022 werden gezielt Maßnahmen zur Überwindung dieser Hemmnisse ergriffen. Durch flächendeckende Regionalplanung und die bundesweiten Ausbauziele hat sich früher vorhandene bremsende Wirkung der Regionalplanung weitgehend aufgelöst. Viele Windenergieanlagen wurden durch Drehfunkfeuer blockiert. Drehfunkfeuer sind technische Anlagen, die Funksignale an Flugzeuge senden. Insgesamt geht die Zahl der dadurch blockierten Windenergieanlagen seit einigen Jahren zurück. | -1      |
| 17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation                                                               | Umfängliche politische Unterstützung, in deren Zentrum für lange Jahre das Stromeinspeisegesetz von 1991                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2       |

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?                     | und das EEG von 2000 standen. Im Laufe der Zeit hat sich die politische Unterstützung in den Bereich des Planungsrechts, z.B. durch das Windenergieflächenbedarfsgesetz - WindBG (Die Bundesregierung, 2022) verschoben.                                                                                                                   |   |
| 18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?       | Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Mit Blick auf die Stromversorgung zielt diese nicht nur auf die Steigerung der Erzeugung, sondern auch der Netzausbau und Speicheroptionen gehören zum politischen Programm. | 2 |
| 19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Aufgrund der hohen Sichtbarkeit, der generellen Kritik von rechts sowie des Widerstandes gegen konkrete Windparks erfährt die Windkraft eine intensive Berichterstattung in der Presse, ein hohes Maß an Unterstützung durch die Umweltverbände und vielerorts Gegnerschaft durch Bürgerinitiativen.                                       | 0 |

| Pfadbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                            | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?                                                                         | Der Ausbaubedarf der Stromnetze, die von ihrer bisherigen Struktur der Versorgung durch zentrale Kraftwerke in Richtung auf dezentrale Einspeisung umgebaut werden müssen, bremst die Diffusion ein wenig.                                        | -1      |
| 21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?                                                                                                                         | Sowohl Baukosten (Häner, Jurek, 2021) als auch die Stromgestehungskosten aus Windparks (Lazard, 2024) sinken. Die indirekten Kosten durch den Ausbau von Netzen und den Bau von Speichern können der Windkraft allein nicht zugeschrieben werden. | 2       |
| 22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten? | Insbesondere die Möglichkeit, dass die Kommunen am Standort finanziell von Windparks profitieren, führt gegenwärtig zu Eigendynamiken. Auch das Wachstum der ausgewiesenen Flächen hilft.                                                         | 1       |

## Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Windkraftwerke an Land einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 19. Wie weiter oben angegeben liegt der Verbreitungsgrad aktuell bei 38,9%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) hat der Verbreitungsgrad damit leicht zugenommen, die Diffusionsdynamik aber etwas nachgelassen.

**Tabelle 3: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für Windkraft an Land**

|                   | 2016 | 2025 |
|-------------------|------|------|
| Diffusionsdynamik | 23   | 19   |
| Verbreitungsgrad  | 32   | 38,9 |

### 3 Diffusionsanalyse für Offshore-Windkraftanlagen

#### Beschreibung des Diffusionsfalls

Windenergieanlagen dienen der Gewinnung von Strom aus Windkraft. Die historische Nutzung durch Windmühlen war das Vorbild für Versuche seit den 30er Jahren, die Windkraft in industriellem Maße zu nutzen. Offshore Windkraftanlagen sind deutlich größer als Anlagen an Land. Es werden Anlagen mit bis zu 15 MW Leistung installiert, die in niedrigen Gewässern auf einem Fundament stehen, in tiefen Gewässern aber auch schwimmend verankert werden.

#### Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ X ], neue Unternehmen [ ] oder beide [ ]?

Der erste dänische Offshore Windpark datiert aus 1991 und stand im großen Belt in der Nähe der Ortschaft Vindeby. Mit elf Windenergieanlagen kam der Windpark auf eine Nennleistung von fast fünf Megawatt. Er wurde 2017 nach 25 Betriebsjahren zurückgebaut (Windkraft Journal, 2017).

Deutschlands erster Offshore-Windpark alpha ventus wurde knapp 30 Jahre später im April 2010 eingeweiht (Alpha-Ventus, 2025). Seine 12 Anlagen leisten zusammen 60 MW.

#### Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [ X ]    Nein [ ]

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Ein zu hoher Anteil volatiler Energie, wie sie von Windkraftwerken bereitgestellt wird, bedingt zwingend Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit in windarmen Zeiten. Der Ausbau der Windkraft über ein gewisses Maß hinaus bedingt daher zwingend den Bau von Energiespeichern sowie die Flexibilisierung von Verbrauchern und flexibilisierbaren Erzeugern. Dies gilt trotz einer höheren Anzahl an Volllaststunden auch für Offshore-Standorte.

Eine hohe Stromproduktion durch Wind und andere regenerative Stromerzeugungsanlagen ist wiederum Voraussetzung für die Versorgung der Elektromobilität, der elektrischen Wärmeerzeugung und der elektrischen Erzeugung von Wasserstoff.

#### Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [ ] auf dem Weg in den Massenmarkt [ ] im Massenmarkt angekommen [ X ]

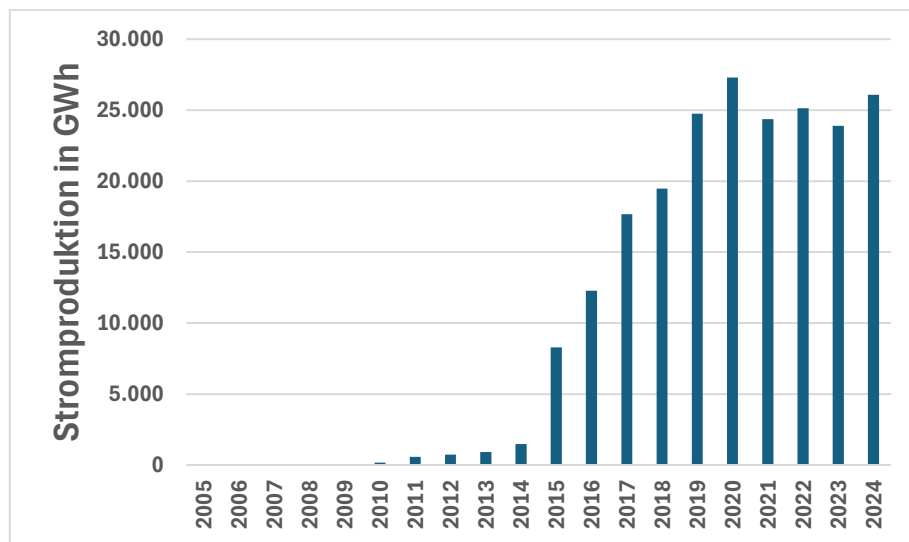
**Marktindikator:** Für die Windkraft an Land wurde als Bezugsgröße das für 2030 in den Langfristszenarien im Szenario O45-Strom (Fraunhofer ISI, 2024) erwartete Produktionsvolumen von 283 TWh in Deutschland gewählt.

**Verbreitungsgrad:** 24,2 %

**Diffusionsverlauf:** Mit 25,7 TWh Stromerzeugung durch Offshore-Windkraft wurden 6,2 % der deutschen Nettostromproduktion in 2024 erzeugt (Energy-Charts, 2025). Die Langfristszenarien sehen für 2030 eine Stromproduktion aus Offshore-Windkraft von 106 TWh vor, womit sich für Offshore Windkraft ein Verbreitungsgrad von 24,2 % ergibt.

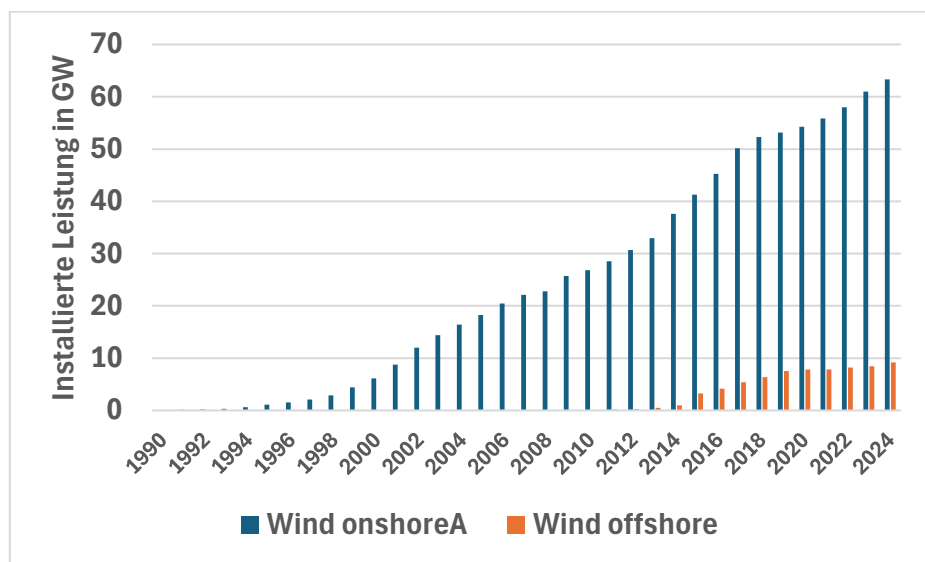
Nachdem 2010 der erste Deutsche Offshore-Windpark in Betrieb genommen wurde, stieg die installierte Leistung in 8 Jahren auf 6,39GW (Quaschnig, 2025a). In den sechs folgenden Jahren flachte sich aufgrund der damals deutlich verschlechterten Förderbedingungen (Clausen, 2019b) der Ausbau deutlich ab, so dass 2024 nur 9,22 GW installiert waren. Im Vergleich zur Stromerzeugung durch Windkraft an Land liegt die Offshore-Leistung bei weniger als einem Sechstel, durch eine höhere Zahl an Vollaststunden beträgt die Stromerzeugung aber knapp 25 % des Windstroms an Land.

**Abbildung 4: Stromproduktion durch Offshore Windkraft in GWh/a**



Quelle: Borderstep mit Daten vom Umweltbundesamt (2025)

**Abbildung 5: Ausbau der Windenergie in Deutschland an Land und auf See seit 1990**



Quelle: Borderstep mit Daten von Quaschnig (2025a)

## Fakten und Wertungen zur Diffusion von Offshore-Windkraftanlagen

Tabelle 4: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Offshore-Windkraftanlagen

| Produktbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt? | Im Vergleich zu Sonnenstrom bietet Offshore-Windstrom den Vorteil von mehr als dreimal so hohen Volllaststunden. Im Vergleich zu fossiler Energie oder Kernkraft ist Offshore-Windenergie mit niedrigeren Levelized Cost of Energy (Lazard, 2024) zu erzeugen.                                                                                                                                                                            | 2       |
| 2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?     | Die Wahrnehmbarkeit ist hoch, allerdings nur auf See oder von der Küste aus.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1       |
| 3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?                                                   | Windenergieanlagen sind gut mit dem Stromnetz kompatibel. Aufgrund der ständig steigenden Kapazität in wind-starken Regionen gibt es zunehmend Engpässe im Leitungsnetz.                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0       |
| 4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?                                              | Windenergieanlagen sind komplexe technische Bauwerke, die allerdings im Vergleich zu anderen Kraftwerksanlagen eher einfach sind. Offshore werden dabei die Herausforderungen des Korrosionsschutzes und der Fundamentierung größer als an Land.                                                                                                                                                                                          | 0       |
| 5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?                                                                      | Durch das Aufstellen von Einzelanlagen gut, wenn auch aufwendig, erprobbar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1       |
| Adopterbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
| 6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?                       | Die 80er und 90er Jahre zeigen ein Bild einer höchst intensiven Zusammenarbeit von Pionierherstellern und Pionierkunden, wobei letztlich eine Art Pioniersektor entstand (mit Pionier-Zertifizierern, Pionier-Wartungsunternehmen, Pionier-Genehmigungsbehörden usw.) (Oelker, 2005). Die Pionier-Zeit ging noch in den 1990ern zu Ende. Die ersten Offshore-Windenergieanlagen wurden 1991 im Windkraft-Pionierstaat Dänemark errichtet. | 2       |
| 7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?                                          | Seitens der Stromversorger ist das Eigentum an Offshore-Windrädern vergleichbar mit dem Besitz anderer Kraftwerke wie BHKW oder Wasserkraftwerke. Grundsätzliche Verhaltensänderungen sind nicht erforderlich. Die gilt auch für die Stromkunden.                                                                                                                                                                                         | 0       |
| 8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?                                      | Seit dem Inkrafttreten des Stromeinspeisegesetzes 1990 und des EEG 2000 und der Klärung vieler Fragen der Zertifizierung und Genehmigung deutlich geringere Unsicherheiten. Neue Unsicherheiten entstehen aber durch die wackelige Haltung des neuen Bundeskanzlers und seine Bemerkung, Windkraftwerke seien hässlich und man könnte auch mal wieder ohne sie auskommen.                                                                 | 0       |
| 9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen                                                                                          | Im Laufe der Zeit wurde die Wirtschaftlichkeit generell besser (Häner, Jurek, 2021; Lazard, 2024), wobei es eine Reihe von Einbrüchen in der Kalkulierbarkeit gab,                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2       |

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption? | z.B. nach den Änderungen im EEG zwischen 2014 und 2017 (Clausen, 2019a). Da auf die Ausschreibungen der Bundesnetzagentur für Windenergie auf See aktuell Gebote erfolgen und eine wesentliche Menge bezuschlagt werden kann, weist dies generell auf eine positive Wirtschaftlichkeitserwartung hin. |  |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                                        | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Wertung |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?                        | Die Entwicklung, Produktion und Offshore-Wartung von Windkraftanlagen erfordert höchst qualifiziertes Personal.                                                                                                                                                                                                | -2      |
| 11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?                | Die Hersteller mit den größten Marktanteilen in 2023 in Deutschland waren Vestas (DK) mit 38,3 %, Nordex SE mit 26,2 % und Enercon mit 22,9 % (Energie & Management, 2024). Alle drei sind in der Fachwelt gut bekannt und verfügen über eine hohe Reputation. Enercon baut allerdings keine Offshore-Anlagen. | 2       |
| 12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar? | Mit der Etablierung der Wartungsunternehmen in der 1. Hälfte der 90er wurde die Lieferkette geschlossen (Oelker, 2005).                                                                                                                                                                                        | 2       |

| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                            | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?                                                                       | Mit rund 17.000 Mitgliedern gehört der Bundesverband Windenergie zu den weltweit größten Verbänden der Erneuerbaren Energien und setzt sich seit Jahren für einen nachhaltigen und effizienten Ausbau der Windenergie in Deutschland und die bestmögliche Nutzung von Windstrom ein. Die Hersteller finden sich in Deutschland aber auch in großen Verbänden wie dem VDMA und VDE, die Anwender im VKU und dem BDEW. Durchweg sind dies starke Verbände, die sich klar für die Energiewende einsetzen (BDEW, 2024; VDE, 2024; VDMA, 2025; VKU, 2025). | 2       |
| 14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?                                                                                | Mitte der 20er Jahre stehen sowohl Hersteller von Windkraftanlagen wie auch fast alle Energieversorger hinter der Energiewende und damit auch hinter Windstrom.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |
| 15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Klimaschutz- und Energieagenturen unterstützen in vielen Regionen den Ausbau und die Akzeptanz der Windenergie. Um Offshore-Windkraft kümmern sich eher überregionale Akteure wie z.B. die Agentur für Erneuerbare Energien.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1       |

| Politische Faktoren                   | Fakten                                          | Wertung |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|
| 16. Institutionelle Hemmnisse: Inwie- | Über institutionelle Hemmnisse wird gegenwärtig | 0       |

|                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| weit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?                                                                                                     | kaum berichtet. Dominieren tun Probleme in der Lieferkette, die indirekt auch zu Preissteigerungen führen und durch Fachkräftemangel verstärkt werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |
| 17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt? | Windkraft auf See wird durch die Ausweisung von Gebieten und regelmäßige Ausschreibungen gefördert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1 |
| 18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?                                                             | Deutschland hat mit dem Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) klare Ausbauziele (mind. 30 GW bis 2030, 40 GW bis 2035). Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Mit Blick auf die Stromversorgung zielt diese nicht nur auf die Steigerung der Erzeugung, sondern auch der Netzausbau und Speicheroptionen gehören zum politischen Programm. | 2 |
| 19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?                                                       | Aufgrund der hohen Sichtbarkeit, der generellen Kritik von rechts sowie des Widerstandes gegen konkrete Windparks erfährt die Windkraft eine intensive Berichterstattung in der Presse, ein hohes Maß an Unterstützung durch die Umweltverbände und vielerorts Gegnerschaft durch Bürgerinitiativen.                                                                                                                                                               | 0 |

| Pfadbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?                                                                         | Aktuell verzögern Lieferengpässe und Preissteigerungen den Offshore-Ausbau. So haben Zulieferer wichtiger Komponenten für Offshore-Windparks, wie Gussteile für Rotornarben, Fundamente oder Kabel, Schwierigkeiten, ihre Produktion schnell genug hochzufahren. Die Lieferengpässe betreffen auch die Netzbetreiber, die in der Folge bereits angekündigt haben, dass sich die Netzanbindung für einige Windparkprojekte auf See um ein bis zwei Jahre verzögert (Agora Energiewende, 2024). | -1      |
| 21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?                                                                                                                         | Auch Preissteigerungen verzögern den Ausbau (Agora Energiewende, 2024).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -1      |
| 22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten? | Es ist unklar, ob die kleine Gruppe von Großinvestoren im soziologischen Sinne selbstverstärkende Effekte zeigen kann.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0       |

## Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Offshore-Windkraftanlagen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 16, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 24,2%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) hat der Verbreitungsgrad damit deutlich zugenommen, die Diffusionsdynamik jedoch nachgelassen.

**Tabelle 5: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Offshore-Windkraft**

|                          | <b>2016</b> | <b>2026</b> |
|--------------------------|-------------|-------------|
| <b>Diffusionsdynamik</b> | 21          | 16          |
| <b>Verbreitungsgrad</b>  | 10,8        | 24,2        |

## 4 Diffusionsanalyse für Photovoltaikanlagen

### Beschreibung des Diffusionsfalls

Unter Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen. Seit 1958 ist sie zur Energieversorgung von Satelliten im Einsatz. Seit den 1980er Jahren wird sie auch auf der Erde zur Stromerzeugung eingesetzt und findet Anwendung auf Dachflächen, auf Freiflächen und elektrisch betriebenen Geräten mit integrierter Stromversorgung durch PV, z.B. Taschenrechner, Uhren oder Parkscheinautomaten.

### Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ ], neue Unternehmen [ ] oder beide [ X ]?

Erste Hersteller in industriellem Maßstab waren etablierte Unternehmen wie Sharp, die seit 1970 PV für die Raumfahrt produzierten. Die Erstanwendung von Aufdachanlagen in Deutschland erfolgte durch kleine Unternehmen ab Mitte der 1980er Jahre. Aufdachanlagen von 1 bis 5 kW<sub>peak</sub> wurden von 1990 bis 1992 im 1.000 Dächer Programm gefördert.

### Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [ X ] Nein [ ]

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Ein hoher Anteil volatiler Energie, wie sie von Photovoltaikanlagen bereitgestellt wird, bedingt zwingend Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit in dunklen Zeiten. Der Ausbau der PV über ein gewisses Maß hinaus bedingt daher zwingend den Bau von Energiespeichern sowie die Flexibilisierung von Verbrauchern und flexibilisierbaren Erzeugern.

Ein zweiter Zusammenhang besteht im Kontext der Selbstversorgung von Gebäuden darin, dass die Solarstromselbstversorgung zusammen mit einem Batteriespeicher besonders wirksam erfolgen und hohe Autarkiegrade erreichen kann.

Eine hohe Stromproduktion durch PV und andere regenerative Stromerzeugungsanlagen ist wiederum Voraussetzung für die Versorgung der Elektromobilität, der elektrischen Wärmeerzeugung und der elektrischen Erzeugung von Wasserstoff.

### Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [ ] auf dem Weg in den Massenmarkt [ ] im Massenmarkt angekommen [ X ]

**Marktindikator:** Für die Photovoltaik wurde als Bezugsgröße die für 2030 in den Langfristszenarien im Szenario O45-Strom (Fraunhofer ISI, 2024) erwartete Volumen der Stromproduktion aus PV in Deutschland von 207 TWh gewählt.

**Verbreitungsgrad:** 34,2 %

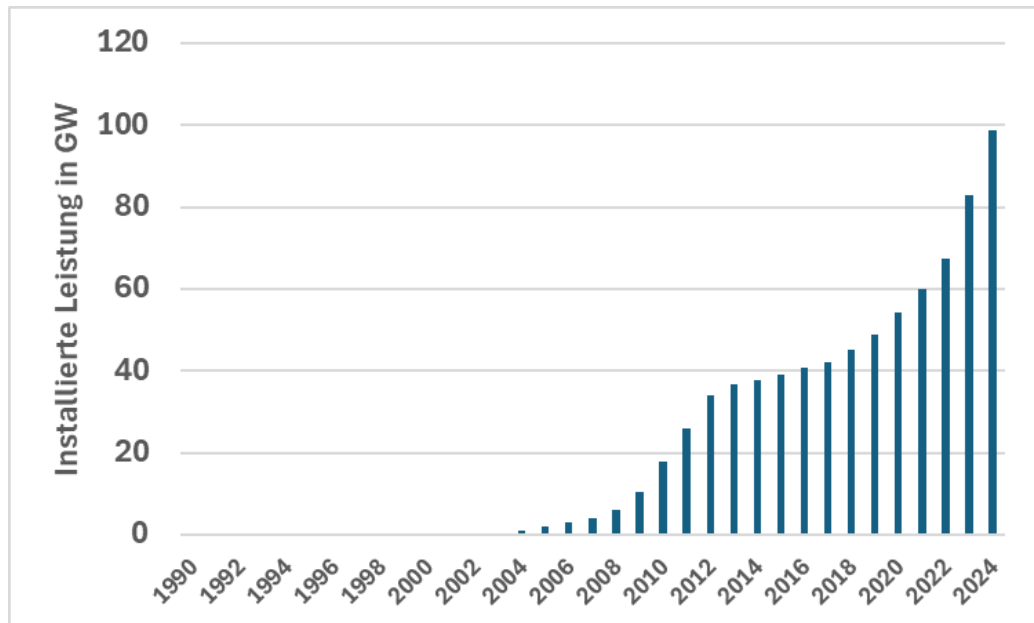
### Diffusionsverlauf:

Mit 71 TWh Stromerzeugung durch Photovoltaik (davon 12,5 TWh Selbstverbrauch) wurden 14,3 % der deutschen Gesamtstromproduktion in 2024 erzeugt (Energy-Charts, 2025). Die Langfristszenarien

sehen für 2030 eine Stromproduktion aus PV von 207 TWh vor, womit sich ein Verbreitungsgrad von 34,2 % ergibt.

Waren im Jahr 1990 noch Solaranlagen von nur 1 MW installiert, stieg dieser Wert im Jahr 2000 auf 44 MW (Quaschnig, 2025b), war also immer noch sehr niedrig.

**Abbildung 6: Ausbau der Solarstromerzeugung in Deutschland an Land seit 1990**



Quelle: Borderstep mit Daten von Quaschnig (2025a)

Nach einer langen Anlaufphase bis Ende der 2010er Jahre ist., letztlich als späte Wirkung des EEG der Rot-Grünen Koalition, ein erster Boom von etwa 2008 bis 2012 wahrzunehmen. Durch drastische Kürzungen der Einspeisevergütung unter Wirtschaftsminister Rösler (FDP) brach das Wachstum 2013 abrupt ab. Erst ab 2020 nach Abschaffung des Photovoltaikdeckels als Reaktion auf die Fridays-Demonstrationen und später durch die Ampel-Regierung bekam der Photovoltaikausbau unter Minister Habeck (Grüne) wieder Schwung.

## Fakten und Wertungen zur Diffusion von Photovoltaikanlagen

**Tabelle 6: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Photovoltaikanlagen**

| Produktbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt? | Photovoltaik erschließt die Möglichkeit, solare Strahlung direkt in Gleichstrom und durch Wechselrichter auch in Wechselstrom umzuwandeln und so Strom zu produzieren. Die Stromversorgung von Gebäuden mit PV-Anlagen wird damit unabhängiger von der Versorgung durch das Netz und von den Preiskonditionen der Versorger. Dies gilt besonders dann, wenn auch ein Batteriespeicher installiert ist. Da PV-Strom sehr umwelt- und klimafreundlich ist, bedient PV auch den Wunsch der Nutzenden, sich klimafreundlich zu verhalten. PV-Anlagen, besonders kombiniert mit Speicher und hohem Eigenverbrauch, sind grundsätzlich wirtschaftlich rentabel. | 2       |

|                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird? | Photovoltaikanlagen auf dem Dach sind gut wahrnehmbar. PV-Anlagen an Fassaden sind sehr gut wahrnehmbar und könnten, solange nur primär schwarze Module verfügbar sind, ggf. Unwillen in der Nachbarschaft erregen.<br>Freiflächenanlagen verändern das Landschaftsbild besonders dort, wo von Erhebungen auf sie hinabgeschaut werden kann. Ihre Sichtbarkeit ist für Freiflächenanlagen daher nicht von Vorteil.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1  |
| 3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?                                               | Die Integration ins Dach und der Anschluss ans Stromnetz sind erforderlich, um Photovoltaik ins Stromnetz zu integrieren. Da aber jede Stromerzeugungsanlage in dieser Form angeschlossen werden muss, ist dies kein besonderer Nachteil. Es ist eher Ausdruck davon, dass private Gebäude nicht mehr nur konsumieren, sondern auch produzieren.<br>Auch PV-Freiflächenanlagen müssen je nach Standort ggf. durch aufwendige Leitungen und Transformatoren ans Stromnetz angeschlossen werden.<br>Eine große Zahl von Dachflächen- und Freiflächenanlagen bedingt darüber hinaus, dass im Stromnetz Tages- und Saisonspeicher gebaut oder Ausgleichskraftwerke für Zeiten mit geringer Sonneneinstrahlung vorgehalten werden. | -1 |
| 4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?                                          | Für Dachflächen- und Fassadenanlagen benötigt es kein besonderes Fachwissen, eventuell eine kurze Einweisung in die Säuberung der Anlage und die Bedienung der App.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0  |
| 5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?                                                                  | Am einzelnen Standort nicht erprobbar. Erfahrungen mit den Anlagen müssen daher wissenschaftlich dokumentiert und publiziert werden, so dass für Neukund*innen Sicherheit und Vertrauen in die Technologie auch ohne die Möglichkeit der Erprobung entstehen kann.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0  |

| Adoptorbezogene Faktoren                                                                                                                | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren? | Eine private Dach-Solaranlage installierten zuerst aus der Mittelklasse stammende Angestellte, Beamte und Selbstständige mit Wohneigentum (Welsch & Kühling, 2010, S. 56 f). Bei den ersten Nutzenden von privaten PV-Anlagen scheint es sich damit um grundsätzlich typische Vertreter des ökologischen Konsums zu handeln, wie sie z.B. als Postmaterielle von Kleinhückelkotten beschrieben wurde (Kleinhückelkotten, 2006; Kleinhückelkotten, Neitzke, & Moser, 2016). In Anlehnung an Gellrich (2016, S. 243) kann daher auf eine gewisse Bedeutung einer ökologisch orientierten postmateriellen Konsumentengruppe geschlossen werden. Die Akteure des nachhaltigen Investments bieten teilweise auch Beteiligungen an Freiflächen-Solaranlagen an. | 1       |
| 7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?                    | Bis auf eine von Zeit zu Zeit erforderliche Reinigung der Anlage sind keine Verhaltensänderungen erforderlich.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0       |
| 8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den                                                                   | Im Laufe der Jahre werden Unsicherheiten mit Blick auf die die zu erwartende Lebensdauer der Anlagen und die Konstanz der Pannelleistung bei Alterung oder Verschmutzung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0       |

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?                                                                                 | und somit hinsichtlich deren Wirtschaftlichkeit kontinuierlich kleiner.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |
| 9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption? | <p>Photovoltaik war vorübergehend (etwa 2000 bis 2012) hochrentabel und eine beliebte Anlagestrategie. Ab 2012 war die Wirtschaftlichkeit durch die drastische Senkung der Einspeisevergütung vorübergehend schlechter, seit 2014 musste auf selbstverbrauchten PV-Strom aus Anlagen mit mehr als 10 kWp (Kilowatt peak) sogar die EEG-Umlage anteilig abgeführt werden (Clausen, 2019b).</p> <p>Von 2020 bis 2024 stieg die Zahl verkaufter Aufdachanlagen sehr rasch, da die Konsumierenden eine eigene PV-Anlage zunehmend nützlich und rentabel fanden. Ein Grund dafür sind die gegenüber dem Preis für Haushaltsstrom aus dem Netz sehr niedrigen Gestehungskosten von selbsterzeugtem PV-Stroms (Fraunhofer ISE, 2024). Unklar bleibt jedoch, ob die Wirtschaftlichkeit tatsächlich der ausschlaggebende Faktor ist – und ob sie nur in den meisten Einzelfällen überhaupt gegeben ist. Zudem gewann durch den Krieg von Russland gegen die Ukraine auch die Autarkie der Versorgung mit Energie Bedeutung.</p> <p>Die seit 2017 hohe Zahl von Geboten in den Ausschreibungen mit dem stabilen Preisniveau von meist 4 bis 5 Cent/kWh (Solarbranche.de, 2025) belegt, dass im Bereich der Freiflächenanlagen Rentabilität gegeben ist (Bundesnetzagentur, 2021).</p> | 2 |

| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                         | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Wertung |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?         | Die Installation ist komplex und erfordert ausgebildete Dachdecker und Elektriker bzw. Solateure. Mit Blick darauf, dass die jährliche neu installierte PV-Leistung gegenüber dem gegenwärtigen Niveau nach Zielen der Ampelregierung (200 GWp in 2030) (SPD, Die Grünen, & FDP, 2021) deutlich steigen muss, ist die Ausbildung bzw. Weiterbildung eine wesentliche Zukunftsaufgabe und der Mangel an ausgebildeten Handwerkern könnte den Prozess der Verbreitung hemmen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -2      |
| 11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen? | <p>Photovoltaikanlagen werden überwiegend in China hergestellt. Die weltgrößten Hersteller Jinko Solar, JA Solar, Trina Solar und Longi Solar (Wikipedia, 2022) kommen allesamt aus China und sind den deutschen Konsumierenden unbekannt.</p> <p>Der Verkauf und die Montage von Solaranlagen erfolgt allerdings primär durch Handwerksbetriebe, Dachdecker, Elektriker sowie spezialisierte Solateure. Aufgrund ihrer regionalen Orientierung gibt es unter ihnen keine Marktführer.</p> <p>Den Endkund*innen gegenüber treten auch bekannte Unternehmen wie E-On, RWE oder Stadtwerke wie z.B. enercity in Hannover als Anbieter von Solaranlagen auf. Für die Gruppe der vorsichtigen Kundschaft könnten die (lokale) Bekanntheit und hohe Reputation dieser Unternehmen wichtig sein.</p> | 2       |
| 12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist                             | Gerade die Angebote der Energieversorger sind grundsätzlich Komplettangebote von Modulen, Wechselrichter, Batteriespeicher und Montage. Die Großunternehmen unter den Anbietern haben auch eine gute Bonität, die sie auch für unsichere Kunden zu vertrauenswürdigen Lieferantenmacht. Aber auch Handwerksbetriebe liefern Anlagen schlüsselfertig. Die                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |

sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?

Anbietersuche im Internet sichert die Verfügbarkeit in allen Ortschaften.

Das seit 2022 zunehmend beliebte Produkt der Balkonsolaranlage wird u.a. über Baumärkte vertrieben und ist überall verfügbar.

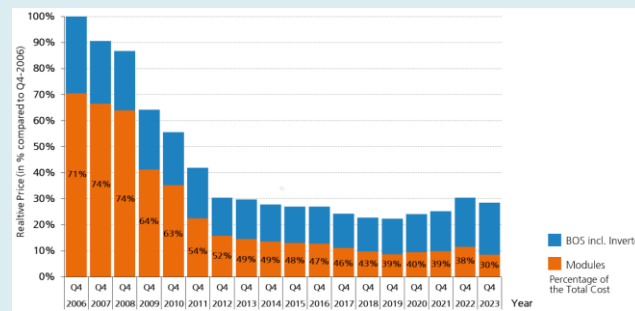
| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                            | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?                                                                       | Der Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) ist aus einer Fusion der Solarverbände BSi und UVS hervorgegangen und existiert in seiner jetzigen Form seit 2006 (BSW Solar, 2022). Er ist ein aktiver Verband, der auch in Kooperation mit dem Dachverband Bundesverband Erneuerbare Energien (BEE) wirksame Lobbyarbeit betreibt, aber in der Ära Merkel nur wenige Forderungen durchgesetzt hat. Die Koalitionsvereinbarung der Ampel-Regierung (2021 – 2025) spiegelte die Absichten der Branche weit mehr (SPD et al., 2021).                             | 2       |
| 14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?                                                                                | Die weltgrößten Hersteller Jinko Solar, JA Solar, Trina Solar und Longi Solar (Wikipedia, 2022) haben hohes Interesse an der Verbreitung von PV-Anlagen, treten aber weder durch Werbung noch durch PR in Erscheinung.<br><br>Viele Stromversorger treten seit einigen Jahren den Kund*innen gegenüber als PV-Anbieter auf und machen aktiv Werbung.<br><br>Lokale Handwerksbetriebe, also Dachdecker, Elektriker sowie spezialisierte Solateure sind aufgrund der guten Auftragslage im Handwerk gut ausgelastet und machen tendenziell wenig Werbung. | 2       |
| 15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Wesentliche Treiber der Innovation sind auch Energie- und Klimaschutzagenturen, deren Erfolg aber regional sehr unterschiedlich ist (Plattform Wattbewerb, 2021).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |

| Politische Faktoren                                                                                                                     | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt? | Die Ampel-Regierung hat eine Reihe von Hemmnissen ausgeräumt. Einige Hemmnisse behindern aber weiter den Ausbau der PV. Wirth et al. (Wirth, 2025) benennen aktuell als wichtigste regulative Hemmnisse:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Die zu geringen CO<sub>2</sub>-Preise auf fossile Brennstoffe.</li> <li>▶ Fehlende Transformationsanreize für Netzdienlichkeit,</li> <li>▶ Ein gesetzlicher Rahmen muss den Netzbetreiber zum unkomplizierten Anschluss auch kleinerer Anlagen bewegen.</li> <li>▶ Langfristige Abnahmevereinbarungen sollten die Investition in neue, kleine wie große, PV-Anlagen kalkulierbar machen.</li> </ul> | -1      |

|                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                                                                                                                                                                                                         | <p>► Innovative Technologien wie bspw. in Bauwerke, Verkehrswege oder Agrarflächen integrierte PV schaffte Synergien, produziert aber zunächst zu etwas höheren Preisen. Hier benötigt es Anschubförderung, bspw. in Form dedizierter Einspeisetarife oder Ausschreibungssegmente.</p>                                                             |   |
| 17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt? | <p>Die Einspeisevergütung des EEG entwickelte zunächst einen starken fördernden Effekt, verlor aber seit etwa 2012 aufgrund sinkender Vergütungen deutlich an Wirkung. Eine neue wirksame Förderung besteht in der Befreiung von Solaranlagen von der Mehrwertsteuer wie auch in den speziell auf Balkonsolaranlagen gerichteten Vorschriften.</p> | 1 |
| 18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?                                                             | <p>Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Mit Blick auf die Stromversorgung zielt diese nicht nur auf die Steigerung der Erzeugung, sondern auch der Netzausbau und Speicheroptionen gehören zum politischen Programm.</p>  | 2 |
| 19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?                                                       | <p>Photovoltaik ist, oft mit dem Fokus auf Kombination mit Speichern und dem Ausbau der privaten Eigenstromversorgung, immer wieder ein Thema für Presse und Öffentlichkeit.</p>                                                                                                                                                                   | 1 |

| Pfadbezogene Faktoren                                                                                                                                              | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst? | <p>Photovoltaik ist seit ca. 2008 dabei, einen neuen Energiepfad zu kreieren. PV Strom deckte 2015 bereits 7% (Rekinger &amp; Thies, 2015, S. 5) und 2024 14,3 % des Gesamtstrombedarfs in Deutschland (Energy-Charts, 2025). Dennoch bedarf es weiterer Anstrengungen, das Stromnetz von seiner bisherigen Fokussierung auf Grundlast weg und zu dynamischer Flexibilität hin zu entwickeln.</p> | 1       |
| 21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?                                                 | <p>Während der Jahre des schnellen PV-Ausbaus 2010 bis 2012 fielen die Preise für PV-Anlagen in Deutschland rasch. Hierbei spielte auch der Markteinstieg von Produzenten aus anderen Ländern wie China eine Rolle. In den Jahren seit 2012 blieb der Preis für PV-Aufdachanlagen weitgehend konstant. Dabei fällt der Preis für Module weiter, andere Komponenten steigen dagegen im Preis.</p>  | 1       |
| <b>Abbildung 7: Entwicklung des durchschnittlichen Endkunden-</b>                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |

### preises (Systempreis, netto) für fertig installierte Aufdachanlagen von 10 – 100 kWp



Quelle: Wirth (2025)

22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?

Im Bereich der Eigenstromversorgung treibt die hohe (gefühlte?) Rentabilität die Diffusion zumindest in innovativ orientierten Milieus. Dabei verstärken sich die Diffusion von PV und Speichern sowie neuen Stromverbrauchern wie Elektroautos und Wärmepumpen wechselseitig.

1

## Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Photovoltaik einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 19, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 34,2%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) hat der Verbreitungsgrad damit deutlich zugenommen, die Diffusionsdynamik ebenfalls leicht.

Tabelle 7: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 Photovoltaik

|                   | 2016 | 2025 |
|-------------------|------|------|
| Diffusionsdynamik | 16   | 19   |
| Verbreitungsgrad  | 8,2  | 34,2 |

## 5 Diffusionsanalyse für Wasserkraftwerke

### Beschreibung des Diffusionsfalls

Seit Ende des 19. Jahrhunderts wird die Wasserkraft zur Stromerzeugung genutzt. In Deutschland war sie lange Zeit die bedeutendste regenerative Energiequelle. Heute ist die Wasserkraft eine ausgereifte Technologie und weltweit nach der traditionellen Biomassenutzung die am meisten genutzte erneuerbare Energiequelle. Sie steht rund um die Uhr zur Verfügung und kann auch als Energiespeicher genutzt werden.

*„Rund 7.300 Wasserkraftanlagen gibt es zurzeit in Deutschland. Diese verfügen zusammen über eine installierte Leistung von etwa 5,6 GW. Dabei erbringen 6.900 Anlagen (94%) eine installierte Leistung von unter 1 MW und gelten dementsprechend als Kleinwasserkraftanlagen. Der durch Kleinwasserkraft beigetragene Anteil an der Stromproduktion beträgt allerdings nur etwa 14%. Das Gros von 17,5 TWh/a wird von ca. 400 Anlagen mit einem Leistungsvermögen von über 1 MW erzeugt“ (Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke (BDW) e.V., 2025).*

### Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ X ], neue Unternehmen [ ] oder beide [ ]?

*„Das erste Wasserkraftwerk Deutschlands, das Strom erzeugte, nahm 1891 in Schöngeising bei München seinen Betrieb auf. Es speiste die Straßenbeleuchtung der Stadt München mit Strom und gilt als Vorreiter moderner Wasserkraftanlagen“ (Dietze, 2024).*

### Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [ ] Nein [ X ]

Natürlich benötigt ein Wasserkraftwerk ein Stromnetz, um den Strom zu Abnehmenden zu transportieren. Wird er allerdings vor Ort, z.B. für einen Gewerbebetrieb benötigt, kann die schwarzstart- und grundlastfähige Wasserkraft auch weitgehend unabhängig von anderen Komponenten eines Stromnetzes genutzt werden.

### Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [ ] auf dem Weg in den Massenmarkt [ ] im Massenmarkt angekommen [ X ]

**Marktindikator:** Das Umweltbundesamt geht von einem kaum noch steigerbaren Potenzial von 20 TWh/a aus, welches aber abhängig von der jährlichen Regenmenge erheblich schwanken kann (Umweltbundesamt, 2025).

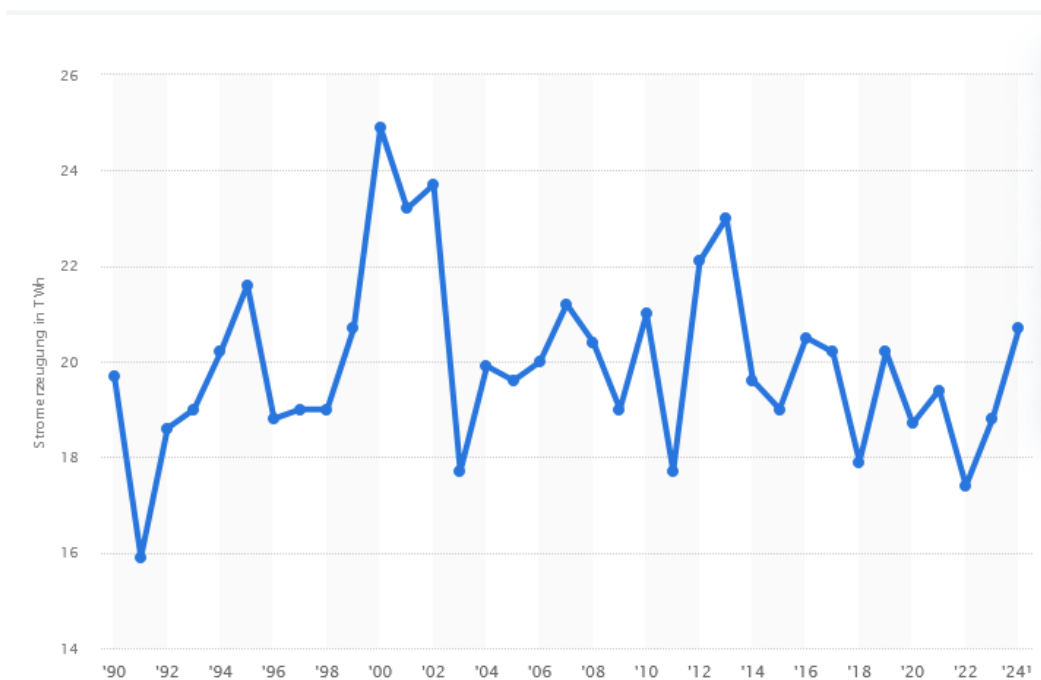
**Verbreitungsgrad:** 66 %

**Diffusionsverlauf:** Wird die aktuelle Produktion von Strom aus Wasserkraft auf das vom UBA veranschlagte Potenzial von 20 TWh/a bezogen ergibt sich ein Verbreitungsgrad von 100 %. Wird das vom Bundesverband deutscher Wasserkraftwerke veranschlagte Potenzial von 31 TWh/a zu Grunde ge-

legt, ergibt sich ein Verbreitungsgrad von ca. 66 %. Mit Blick auf die mögliche Erschließung von Stautufen an großen Flüssen durch Hochleistungswasserräder (Seidel, 2016) gehen wir vom niedrigeren Wert von 66 % aus.

Bei der Wasserkraft kann nicht mehr von Diffusion gesprochen werden. Wasserkraftwerke sind eine reife Technologie, die aus Sicht des Umweltbundesamtes ihr Potenzial ausgeschöpft hat. Dem UBA zufolge liegt das technisch-ökologische Potenzial der Wasserkraft in Deutschland bei rund 25 Terawattstunden (TWh) Strom jährlich. Aktuell werden davon bereits bis zu 23 TWh pro Jahr genutzt (UBA, 2025).

**Abbildung 8: Bruttostromerzeugung aus Wasserkraft in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2024 in TWh**



Quelle: Statista (2025)

Eine weitere Steigerung der Produktion von Strom aus Wasserkraft würde zusätzliche Innovationen erfordern, wie z.B. Großwasserräder, mit denen auch bei geringer Fallhöhe an großen Flüssen das Potenzial genutzt werden könnte (Seidel, 2016).

## Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wasserkraftwerken

**Tabelle 8: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wasserkraftwerken**

| Produktbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt? | Die regenerative Wasserkraft ist an den meisten Standorten ohne kurzfristige Schwankungen (wie bei Wind oder Solar) als Grundlast dauerhaft verfügbar. Wasserkraftanlagen zeichnen sich durch eine hohe Lebensdauer aus. Auch wird durch den Betrieb kein CO <sub>2</sub> freigesetzt. | 2       |
| 2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte                                                                                               | Wasserkraftwerke sind gut sichtbar, meist jedoch abgelegen.                                                                                                                                                                                                                            | 1       |

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                              |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?                        |                                                                                                                                                                                              |   |
| 3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?      | Wie alle Kraftwerke erfordern Wasserkraftanlagen eine detaillierte Planung und Genehmigung. Als grundlastfähige Stromerzeuger sind sie mit dem Stromnetz kompatibler als z.B. die Windkraft. | 0 |
| 4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis? | Wasserkraftanlagen sind eine im Vergleich zu thermischen Kraftwerken einfachere Stromerzeugungstechnologie.                                                                                  | 0 |
| 5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?                         | Nicht erprobbar.                                                                                                                                                                             | 0 |

| Adopterbezogene Faktoren                                                                                                                | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                             | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren? | In der Phase der ersten Anwendungen Ende des 19. Jahrhunderts haben industrielle Unternehmen Wasserkraftturbinen installiert, weil diese kostengünstiger waren als kohlebefeuerte Dampfkraftwerke.                                                                 | 1       |
| 7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?                    | Kraftwerksbetreiber müssen bei allen Kraftwerkstypen den Neubau, die Genehmigung und den Betrieb organisieren. Die Qualifikation, dies für unterschiedliche Kraftwerkstypen zu tun, ist generell vorhanden. Verhaltensänderungen sind insoweit nicht erforderlich. | 0       |
| 8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?                | Sehr klein, da Referenzen mit über 100-jähriger Nutzungszeit existieren. Unsicherheiten folgen eher aus dem wasserrechtlichen Genehmigungsprozess.                                                                                                                 | -1      |
| 9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?      | Wenn Wasser mit Mindestfallhöhe von ca. 2 m vorhanden ist, hochgradig wirtschaftlich. Für kleine Fallhöhen ist Wasserkraft bisher nicht wirtschaftlich darstellbar.                                                                                                | 2       |

| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                         | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Wertung |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?         | Bau und Betrieb sind komplex und erfordern ausgebildetes Personal.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | -1      |
| 11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen? | Ein Drittel der weltweit aus Wasserkraft gewonnenen Energie wird mit Turbinen und Generatoren von Voith Hydro (Gemeinschaftsunternehmen Voith und Siemens) erzeugt. Die Produkte finden Anwendung in zahlreichen großen Wasserkraftwerken, z. B. Niagara (1903), Itaipu (1976), Drei-Schluchten-Damm (2003) (Voith, 2010). Der Konzernbereich erwirtschaftete für 2019/2020 wie auch 2020/2021 einen Umsatz von rund 1 Mrd. EUR (Voith, 2021). Voith wie auch Siemens Energy sind weltweit als große Player und bekannt. | 2       |
| 12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation vollständig und verfügbar angeboten?                                               | Lieferung, Überwachung und Wartung seit einem Jahrhundert weltweit verfügbar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2       |

vation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?

| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                            | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                           | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?                                                                       | Mit dem BDEW und dem VDMA in Deutschland, diversen Fachverbänden von Wasserkraftanlagenbieterinnen sowie der International Hydropower Association (IHA) verbandlich gut aufgestellt.                                                                                             | 2       |
| 14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?                                                                                | Der Marktführer Voith ist schon seit 1890 im Markt aktiv. Wasserkraft ist einer der großen Geschäftsbereiche. Voith fördert aktiv den Ausbau durch Technologieentwicklung, Modernisierung bestehender Anlagen und aktives Engagement/Lobbying für die Bedeutung der Wasserkraft. | 2       |
| 15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Begrenztes Eintreten von Intermediären wie z.B. Landesenergieagenturen für die klassische Wasserkraft, da diese in Deutschland aufgrund hoher Standortausnutzung und strenger Umweltauflagen als ausgeschöpft gilt.                                                              | 0       |

| Politische Faktoren                                                                                                                                                                                     | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?                                                                 | Die Errichtung oder auch nur Erhaltung von Wasserkraftwerken steht im Gegensatz zu einer Naturschutzdoktrin, die Flüsse ohne Querbauwerke anstrebt (Umweltbundesamt, 2023). Das Querbauwerke dem Wasserrückhalt und damit anteilig dem Hochwasserschutz wie auch der Steuerung des Grundwasserstands mit Auswirkungen auf die Landwirtschaft dienen, besonders in trockenen Jahren, und eben die Errichtung von Wasserkraftwerken ermöglichen spricht dagegen für den Bau und Erhalt von Querbauwerken und damit Wasserkraftwerken (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, 2025). Die Genehmigung von Anlagen ist aufgrund der widersprüchlichen Zielsetzungen kompliziert. Ein extrem kleines Hemmnis stellt ausschließlich in Schleswig-Holstein die finanzielle Belastung durch Wasserentnahmeentgelte dar, die theoretisch insbesondere kleiner Wasserkraftprojekte beeinträchtigen und somit deren Realisierung verhindern können (UBA, 2022). | -2      |
| 17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt? | Es gibt eine gewisse Förderung von Wasserkraft durch das EEG, die allerdings für große Wasserkraftanlagen nicht sehr hoch ausfällt. Ab 5 MW Leistung beträgt die Einspeisevergütung gerade einmal 5,32 Cent/kWh, ab 50 MW noch 3,37 Cent/kWh, womit große Wasserkraft gegenwärtig die niedrigsten Stromkosten hat (Bundesjustizministerium, 2023).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1       |
| 18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-                                                                                          | Der deutsche Weltmarktanteil ist seit 2009 von 35% (BMU (Hrsg.), 2009) bis 2021 auf 25,7 % gesunken (BMU, 2021), was aber immer noch ein sehr hoher                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1       |

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                       |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Ebene gezielt gefördert wird?                                                                                                                     | Wert ist. Die gute Position der Branche im Weltmarkt wird durch die allgemeine Exportförderung unterstützt. Ein spezielle Förderung aus Gründen des Klimaschutzes oder der Transformation des Energiesystems findet eher nicht statt. |   |
| 19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Wenig Medienresonanz, da wenig Neuigkeitswert.                                                                                                                                                                                        | 0 |

| Pfadbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                            | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?                                                                         | Die riesigen Potentiale an niedrigen Staustufen (Seidel, 2016) werden durch die Wasserkraftbranche kaum thematisiert, da diese seit ca. 1880 im „Turbinen-Pfad“ gefangen ist. Gleichzeitig ist der Verkauf von Turbinenanlagen recht erfolgreich. | 0       |
| 21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?                                                                                                                         | Konstante Preise.                                                                                                                                                                                                                                 | 0       |
| 22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten? | Nicht bekannt. Die Diffusion erfolgt primär technisch-rational und projektgetrieben, nicht über soziale Netzwerke, kulturelle Narrative oder Meinungsführer.                                                                                      | 0       |

## Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Wasserkraftanlagen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 12, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 66%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist der Verbreitungsgrad damit unverändert, die Diffusionsdynamik hat jedoch nachgelassen.

**Tabelle 9: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für Wasserkraftanlagen**

|                          | 2016 | 2025 |
|--------------------------|------|------|
| <b>Diffusionsdynamik</b> | 15   | 12   |
| <b>Verbreitungsgrad</b>  | 66   | 66   |

## 6 Diffusionsanalyse für Energiegenossenschaften

### Beschreibung des Diffusionsfalls

Eine Energiegenossenschaft hat zum Ziel, unter Nutzung der Gesellschaftsform der Genossenschaft mit dem Grundsatz „ein Mitglied – eine Stimme“, Energieanlagen gemeinschaftlich zu errichten und zu betreiben.

Im Jahr 2024 hat der DGRV die Energiegenossenschaften im Rahmen einer Fragebogenerhebung untersucht (DGRV, 2024). Es wurde ermittelt, dass 77% der Energiegenossenschaften Strom durch Photovoltaik erzeugen und weitere 17 % Strom aus Windkraft gewinnen. 33 % liefern Strom an ihre Kunden, im Gegensatz zu ausschließlicher Netzeinspeisung, und 28% betreiben Wärmenetze. Die befragten Genossenschaften hatten im Durchschnitt 379 Mitglieder (DGRV, 2024). Insgesamt sind knapp 400.000 Personen Mitglied in diesen Genossenschaften, die zusammen ca. 8 TWh Strom erzeugen, ca. 1,5 % der deutschen Stromerzeugung.

Getrieben wurde der Genossenschaftsboom durch die in den Jahren 2007 bis 2012 vergleichsweise einfache, sichere und profitable Möglichkeit, PV-Anlagen zu errichten und mit 20-jähriger Preisgarantie nach dem EEG den Strom einzuspeisen. Mit dem Beginn der Ampel-Koalition begann eine zweite Gründungswelle.

### Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ ], neue Unternehmen [ X ] oder beide [ ]?

Energiegenossenschaften sind per Definition neue Unternehmen. Die Idee der Energiegenossenschaft ist aber alt. Schon um 1910 gab es in der Schweiz ca. 1.500 Energiewirtschafts-genossenschaften (Klemisch & Vogt, 2012, S. 48).

### Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [ X ] Nein [ ]

Eine Energiegenossenschaft betreibt im Regelfall technische Anlagen bzw. liefert Dienstleistungen, die ein Technologiesystem voraussetzen.

### Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [ X ] auf dem Weg in den Massenmarkt [ ] im Massenmarkt angekommen [ ]

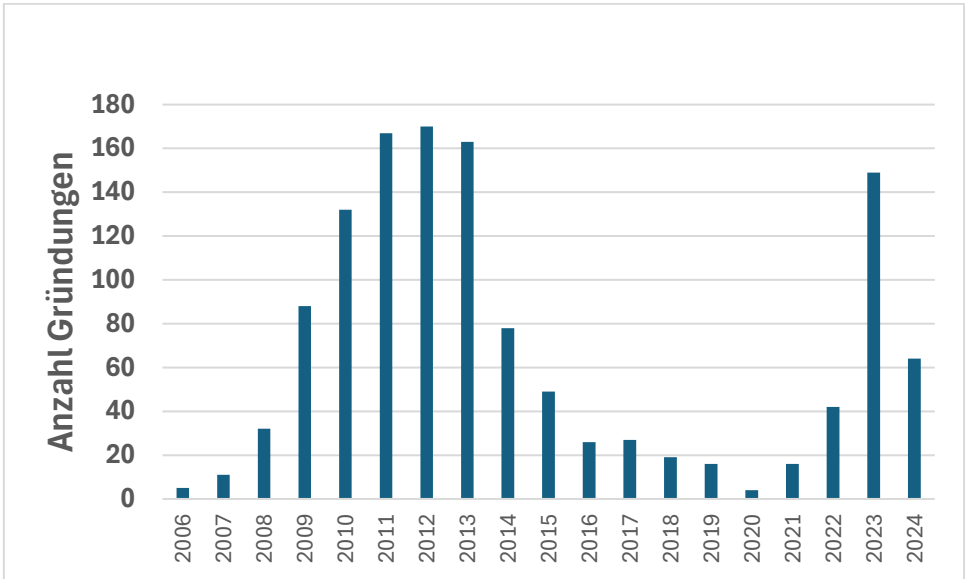
**Marktindikator: Anteil des durch Energiegenossenschaften in die Erneuerbaren Energien investierten Kapitals am gesamten in die Erneuerbaren Energien investierten Kapital.**

**Verbreitungsgrad:** 1 %

**Diffusionsverlauf:** Ende 2023 existierten in Deutschland 1038 Energiegenossenschaften mit einem durchschnittlich investierten Kapital von 3,6 Mio. € (DGRV, 2024), insgesamt ca. 3,7 Mrd. €. In den Jahren 2000 bis 2023 wurden insgesamt 381,3 Mrd. € in die Energiewende investiert (ZSW, 2024). Der Verbreitungsgrad des Investments durch Energiegenossenschaften errechnet sich so auf knapp 1 %.

Ab 2008 entstand mit dem Fokus auf die Errichtung von PV-Anlagen nach dem EEG-Modell eine erste Welle der Gründung von Energiegenossenschaften.

Abbildung 9: Zahl der neu gegründeten Energiegenossenschaften in Deutschland



Quelle: DZ Bank (2023, 2024), Dannemann (2025)

Der Rückgang der Zahl der Neugründungen ab 2013 hing mit neuen Vorschriften der Energiewirtschaft zusammen, die kleine Unternehmen der Bürgerenergie vor große Herausforderungen stellten. Der Genossenschaftsverband DGRV (2013) kritisierte besonders die Einführung des Ausschreibungsmodells für den Stromverkauf. Aber auch die sinkenden Vergütungssätze des neuen EEG für Photovoltaik machten das Geschäftsmodell weniger rentabel. Während der Regierungszeit der Ampel-Koalition kam es zu einem weiteren Aufschwung der Gründung von Energiegenossenschaften.

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Energiegenossenschaften

Tabelle 10: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Energiegenossenschaften

| Produktbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt? | Im Vergleich zu konventionellen Anlagemöglichkeiten bietet die Genossenschaft zunächst gleichberechtigte Mitsprache (ein Mitglied - eine Stimme) und meist ist ihr Zweck für das Einzelmitglied einfach zu verstehen und oft für das Mitglied persönlich nützlich, also Hilfe zur Selbsthilfe (Klemisch & Vogt, 2012, S. 12), sowie im Fall der Energiegenossenschaft meist auf die Errichtung und den Betrieb einer EE-Anlage im regionalen Umfeld gerichtet. Die Einlage in eine Genossenschaft bietet also eine Alternative zum anonymen Kapitalmarkt. | 2       |
| 2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?     | Die Aktivität, insbesondere die sie auszeichnende Eigentums- und Beteiligungsstruktur, einer Genossenschaft ist als solche nicht wahrnehmbar. Sie wird erst wahrnehmbar, wenn die Genossenschaft aktiv darüber informiert oder die Presse berichtet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0       |

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?      | Zwar ist der Grundsatz „ein Mitglied - eine Stimme“ an den Mainstream des Kapitalmarktes wenig anschlussfähig, aber genau dieser Grundsatz bietet z.B. Vorteile im gewerkschaftsnahen Umfeld (Clausen, 2014; Hans Böckler Stiftung (Hrsg.), 2013) sowie in der Bürgerbewegung.                                                            | 0 |
| 4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis? | Für ein einfaches Mitglied ist eine Genossenschaft nicht mehr oder weniger komplex als eine andere Art der Finanzanlage. Die Notwendigkeit, Jahreshauptversammlungen zu besuchen und zu verstehen wird ausgeglichen durch den persönlichen Kontakt, der das Verständnis der Zusammenhänge der (oft regionalen) Kapitalanlage erleichtert. | 0 |
| 5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?                         | Der Austritt aus einer Energiegenossenschaft ist oft nur nach einer mehrjährigen Kündigungsfrist möglich.                                                                                                                                                                                                                                 | 1 |

| Adopterbezogene Faktoren                                                                                                                | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren? | Die ersten Energiegenossenschaften der Gründungswelle ab 2005 wurden in engem Austausch mit den Mitgliedern entwickelt. Beispiel hierfür ist die Volkswagen Belegschafts-genossenschaft für regenerative Energien am Standort Emden e.G. (Clausen, 2014, S. 43), aber auch die Bioenergiedörfer (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), 2008). | 2       |
| 7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?                    | Die Mitgliedschaft in einer Genossenschaft bietet zwar die Chance zur Mitwirkung, erfordert diese aber nicht unbedingt.                                                                                                                                                                                                                                   | 0       |
| 8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?                | Mit jedem Investitionsprojekt sind unabhängig von der Rechtsform grundsätzlich Unsicherheiten verbunden. Ist der Vorstand vertrauenswürdig? Wird in eine Anlage hoher Qualität und langer Lebensdauer investiert?                                                                                                                                         | -1      |
| 9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?      | Die Renditen, die durch Investments in Energiegenossenschaften erzielt werden, sind mit 3% bis 5% p.a. zwar für institutionelle Investoren wenig attraktiv, für Privatpersonen aber im Vergleich zu den seit langen Jahren sehr niedrigen Sparzinsen recht vorteilhaft (Clausen, 2014, S. 17). Dies gilt auch in 2025 noch.                               | 1       |

| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                 | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals? | Für die Initiatoren und Vorstände einer Energiegenossenschaft ist die Einarbeitung in das jeweilige technische Aufgabenfeld sowie die institutionellen Abläufe der Organisation einer Genossenschaft aufwendig. Es werden einzelne Weiterbildungen angeboten. Eine zusätzliche Problematik besteht darin, dass Vorstände von kleinen Genossenschaften oft unbezahlt tätig sind, was die Gewinnung von Funktionsträgern erschwert. | -1      |
| 11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter                                                                             | Der regionale Fokus der Genossenschaften schließt das Entstehen großer Anbieter weitgehend aus. Einzelne Genossenschaften wie die Volkswagen Belegschafts-genossenschaft für                                                                                                                                                                                                                                                      | 1       |

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?                                                                                              | regenerative Energien am Standort Emden e.G. und das Bioenergiedorf Jühnde e.G. sowie die Elektrizitätswerke Schönau mit der Netzkauf EWS eG haben aber einen recht hohen Bekanntheitsgrad erreicht. |    |
| 12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar? | Anbieter von Energiegenossenschaften existieren nicht, sie muss in jedem Einzelfall neu gegründet werden.                                                                                            | -2 |

| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                            | Fakten                                                                                                                                                                                                         | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?                                                                       | Der DGRV - Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V. setzt sich für Energiegenossenschaften ein, hat aber große Erfolge für die "Bürgerenergie" in der Energiegesetzgebung nicht verankern können. | 1       |
| 14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?                                                                                | Projektentwickler wie das Bremer Energiekontor (Energiekontor AG, 2014, S. 13) boten freie Wahl der Gesellschaftsform und unterstützen so auch die Entscheidung für eine Genossenschaft.                       | 1       |
| 15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Als Intermediäre treten z.B. der DGRV oder Gewerkschaften und die gewerkschaftsnahe Hans Böckler Stiftung auf, die die Bildung von Genossenschaften seit vielen Jahrzehnten unterstützen.                      | 1       |

| Politische Faktoren                                                                                                                     | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wertung |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt? | <p>Nach Rückmeldungen aus der genossenschaftlichen Praxis ging die Bundesgeschäftsstelle des DGRV schon vor Jahren davon aus, dass Energiegenossenschaften aufgrund der Unsicherheit einer Zuschlagserteilung im Ausschreibungsverfahren des EEG 2014 davon absehen werden, neue EE-Projekte (PV-Freiflächenanlagen und Windenergie) anzugehen. Die Richtigkeit dieser Annahme spiegelt sich in den zurückgehenden Gründungszahlen ab 2014 (vgl. Abbildung 9). Die Entwicklung ab 2022 charakterisiert Dannemann (2025) vom DRGV wie folgt:</p> <p><i>„Obwohl das EEG 2021 und das EEG 2023 wieder leichte Verbesserungen für Energiegenossenschaften vorsahen, lässt sich der enorme Anstieg an Gründungen 2023 nicht mit den Regelungen im Strommarkt, sondern insbesondere mit den Entwicklungen im Wärmemarkt erklären. Durch die nach dem Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine steigenden Gaspreise, suchen viele Haushalte nach sicheren und unabhängigen Alternativen.“</i></p> | -2      |

|                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                                                                                                                                                                                                         | <i>Genossenschaftliche Wärmenetze, wie etwa das Wärmenetz in Dornhausen, bieten eine erprobte Möglichkeit, um die Wärmeversorgung aus lokalen Quellen, wie Biogas, Holzhackschnitzeln oder anderen regenerativen Wärmequellen selbst in die Hand zu nehmen.“</i>                                                                                                                                                                                                                                                    |   |
| 17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt? | Die Bildung von Energiegenossenschaften wird nicht staatlich unterstützt. Indirekt wirkte jedoch das Fördermodell des EEG zwischen 2000 und 2014 unterstützend, da es mit seiner auf 20 Jahre garantierten Einspeisevergütung das Vermarktungsrisiko von EE-Anlagen annähernd auf Null reduzierte. Durch die Absenkung der Einspeisevergütungen für PV sowie die Revision des EEG 2014 mit dem nunmehr für verschiedene Energieformen vorgesehenen Ausschreibungsmodell wurde die Förderung deutlich eingeschränkt. | 1 |
| 18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?                                                             | Die auf die Wärmewende gerichtete Politik bietet bisher für Genossenschaftsgründungen wenig Ansatzpunkte.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0 |
| 19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?                                                       | Die Genossenschaft ist sowohl seitens der Gewerkschaften wie auch seitens der Umweltverbände eine durch Publikationen und Veranstaltungen unterstützte Gesellschaftsform.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1 |

| Pfadbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?                                                                         | Keine technologischen oder wirtschaftlichen Pfadabhängigkeiten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0       |
| 21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?                                                                                                                         | Die Kosten für das Unterhalten einer Genossenschaft, im Wesentlichen Verwaltungs- und Prüfkosten, ändern sich nicht wesentlich.                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0       |
| 22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten? | Die sprunghafte Entwicklung der Zahl der Energiegenossenschaften in den Jahren 2009 bis 2013 lässt auf Netzwerkeffekte schließen, deren Wirkung aber 2014 rasch nachließ. Ob es ähnliche Netzwerkeffekte während der Energiekrise 2022 und 2023 gab, ist nicht bekannt. Und ob der Regierungswechsel 2025 negative Folgen auf die Neigung zur Genossenschaftsgründung haben wird, ist abzuwarten. | 0       |

## Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Energiegenossenschaften einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 6, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 1%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist der Verbreitungsgrad damit unverändert, die Diffusionsdynamik hat jedoch leicht nachgelassen.

**Tabelle 11: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 Energiegenossenschaften**

|                          | <b>2016</b> | <b>2025</b> |
|--------------------------|-------------|-------------|
| <b>Diffusionsdynamik</b> | 7           | 6           |
| <b>Verbreitungsgrad</b>  | 1           | 1           |

## 7 Diffusionsanalyse für große Batteriespeicher

### Beschreibung des Diffusionsfalls

Batteriespeicher sind fähig, in Millisekunden Strom aufzunehmen und wieder abzugeben. Diese Systemdienstleistung wird als Momentanreserve bezeichnet. Sie dienen damit zum einen der kurzfristigen Stabilisierung des Stromnetzes, zum anderen sind große Batteriespeicher in der Lage, erhebliche Mengen von Überschussstrom, der z.B. über die Mittagszeit aufgrund zahlreicher Photovoltaikanlagen anfällt, zu speichern und dann z.B. abends wieder dem Netz zur Verfügung zu stellen. Im Mittel wurden Batteriespeicher 2020 so ausgelegt, dass sie über ca. 1,8 Stunden lang die volle Leistung aufnehmen bzw. abgeben können; in 2024 ist die Kapazität auf 2,4 Volllaststunden gestiegen (Rayner, 2025). Der Grund für die Tendenz zu steigender Kapazität liegt in den fallenden Preisen für die aktuell eingesetzten LFP-Batterien.

Abbildung 10: 300 MW Batteriespeicher in Kalifornien kombiniert mit Freiflächen Photovoltaikanlage



Quelle: Wikimedia Commons (2022)

Für den Bau großer Batteriespeicher hat sich eine Containerbauweise etabliert. Vormontierte Speichermodule mit ca. 2 MW Leistung werden nebeneinander in der erforderlichen Zahl aufgestellt. Zusätzlich benötigt ein solches Speicherkraftwerk in entsprechender Zahl Transformatoren.

### Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ ], neue Unternehmen [ ] oder beide [ X ]?

Große Batteriespeicher mit Blei-Säure-Batterien für die unterbrechungsfreie Stromversorgung von Rechenzentren gibt es seit mehreren Jahrzehnten. Sie für die Netzstabilisierung einzusetzen ist allerdings zu teuer. Dies wurde erst durch die starke Verbreitung und Verbilligung von Lithium-Ionenbatterien möglich. Diese wurden erstmals 2008 mit dem Tesla Roadster in einem Auto eingesetzt. Kurze Zeit später, in 2012 wurden erste Batterie-Großspeicher im Stromnetz in Betrieb genommen und fast zeitgleich folgten die ersten Heimspeicher (Trianel, 2022).

## Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja ☒ Nein ☐

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Große Batteriespeicher sind in der Lage, schnelle Änderungen in der Stromverfügbarkeit auszugleichen, in dem sie entweder beladen werden oder ihren Strom ans Netz abgeben. Ein auskömmliches Geschäftsmodell ist aber nur dann gegeben, wenn sie regelmäßig, z.B. einmal täglich, beladen und entladen werden und dadurch Geld verdienen. In einem Stromversorgungssystem, welches durch Grundlast aus thermischen oder nuklearen Kraftwerken dominiert wird, können Batteriespeicher zwar technisch, aber nicht ökonomisch eingebunden werden. Dagegen ergänzen sie die volatile Erzeugung durch Wind- und Sonnenenergie hervorragend.

## Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot ☐ auf dem Weg in den Massenmarkt ☒ im Massenmarkt angekommen ☐

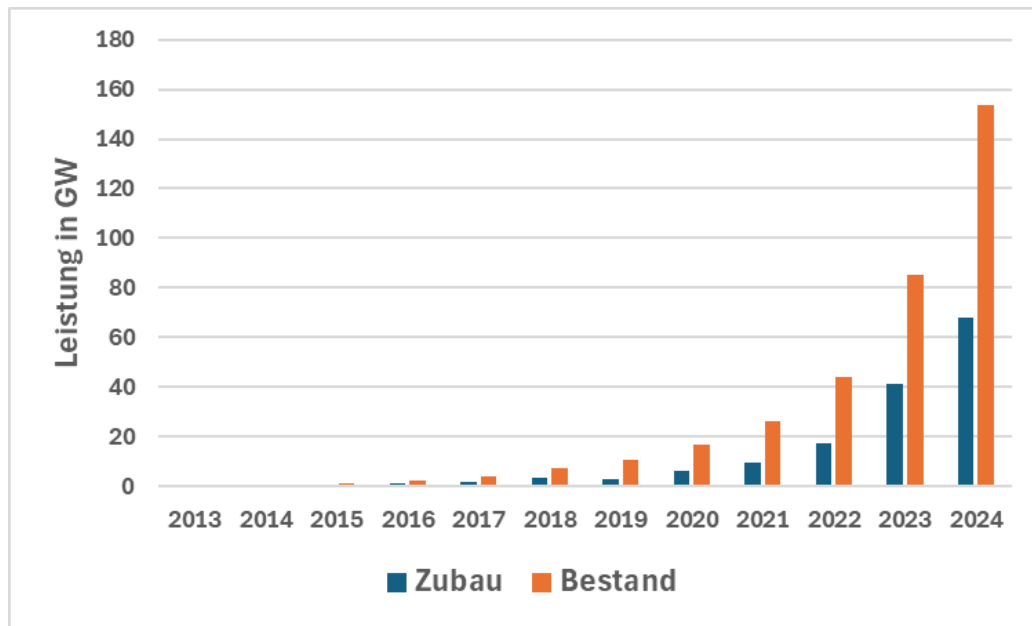
**Marktindikator:** Die Leistung von Großbatteriespeichern in Deutschland sieht Frontier Economics bis 2030 auf 15 GW / 57 GWh und bis 2050 auf 61 GW / 271 GWh steigen (Frontier Economics, 2023). Die Langfristszenarien der Bundesregierung erwarten eine Leistung von Großbatteriespeichern von 75 GW in 2030 und 140 GW in 2035 (Fraunhofer ISI, 2024). Als Marktindikator bzw. Verbreitungsgrad wird der Anteil realisierter Großspeicher am Zielwert von 140 GW in 2035 angenommen.

**Verbreitungsgrad:** 1,8 %

**Diffusionsverlauf:** Der BSW-Solar erwartete bis Ende 2024 in Deutschland ca. 2,6 GW im Einsatz befindliche Großspeicher (BSW Solar, 2024).

In Deutschland deutet sich ein schneller Ausbau von Batteriespeichern an. Die vier Übertragungsnetzbetreiber ermittelten zum Jahreswechsel, dass ca. 650 Anschlussfragen für Batteriespeicher ab einem Megawatt Leistung vorliegen. Die Gesamtleistung der angefragten Speicher summiert sich auf etwa 226 Gigawatt (Enkhard, 2025). Das entspricht 150 % der aktuell weltweit installierten Kapazität. Viele der Projekte befinden sich noch im frühen Planungsstadium.

Abbildung 11: Zubau und Bestand an Großbatteriespeichern weltweit



Quelle: IEA (2024), Rayner (2025)

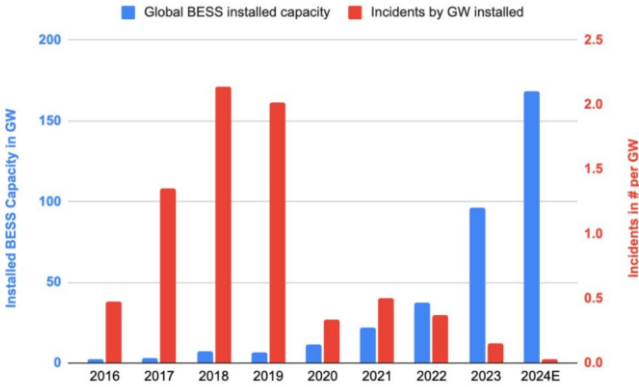
## Fakten und Wertungen zur Diffusion von großen Batteriespeichern

Tabelle 12: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von großen Batteriespeichern

| Produktbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt? | Große Batteriespeicher erfüllen eine notwendige Funktion im Stromsystem der Zukunft. Durch den Wegfall rotierender Massen in thermischen Kraftwerken ist ein Bedarf an Momentanreserve zu erwarten, der durch Batteriespeicher gedeckt werden kann. Zudem sind Batteriespeicher in der Lage, regelmäßige Überschüsse zu speichern und regelmäßige Versorgungslücken zu füllen, wie sie für ein Stromnetz mit viel PV im Sommer typisch sind. | 2       |
| 2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne dass durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?    | Batteriespeicher sind technische Großanlagen, die optisch gut wahrnehmbar sind. Tatsächlich sind große Batteriespeicher für Außenstehende jedoch in der Regel nicht erkennbar, da sie von außen wie Standardcontainer aussehen und meist in nicht-öffentlichen Bereichen wie Netzstationen installiert sind. Ihre Sichtbarkeit entsteht überwiegend indirekt über mediale oder politische Kommunikation, nicht durch Alltagsbeobachtung.     | 1       |
| 3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?                                                   | Durch ihre Systemdienlichkeit sind große Batteriespeicher mit dem Stromnetz positiv kompatibel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0       |
| 4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?                                              | Die Funktion eines Stromspeichers ist nicht unangemessen komplex. Komplex ist die Batteriechemie, die aber wiederum sowohl für die Stromanbieter wie für die Netzbetreiber ohne Belang ist.                                                                                                                                                                                                                                                  | 0       |
| 5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Auf-                                                                                                        | Es sind hunderte von Stromspeichern geplant (Enkhard, 2025). Die schon vorhandenen, kleineren Speicher erfüllen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1       |

wand durch Anwender er-  
probt werden?

damit die Funktion der Demonstrations- und Erprobungspro-  
jekte.

| Adoptorbezogene Faktoren                                                                                                                                       | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Wertung |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6. Nutzer-Innovatoren: Las-<br>sen sich im Innovationspro-<br>zess bzw. bei der Marktein-<br>führung Innovatoren auf der<br>Anwenderseite identifizie-<br>ren? | Nutzer Innovatoren finden sich unter den Projektgesellschaf-<br>ten, Stadtwerken und großen Energiekonzernen, die schon in<br>den 2010er Jahren Speicherkraftwerke errichteten (Wikipedia,<br>2025). In letzter Zeit drängen große weltweit aktive Energie-<br>händler wie Vitol und VPI mit dreistelligen Millioneninvestitio-<br>nen in den Markt (Twidale, 2024).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1       |
| 7. Notwendigkeit von Ver-<br>haltensänderung: Verlangt<br>die Anwendung der Innova-<br>tion beim Adoptor eine Ver-<br>haltensänderung?                         | Verhaltensänderungen sind weder seitens der Stromerzeuger<br>noch seitens der Netzbetreiber erforderlich. Beide Akteurs-<br>gruppen sind es gewohnt, Stromquellen und Stromsenken<br>kostenoptimiert zu steuern.<br><br>Aus der Versicherungsbranche wir die Brandgefahr als Risiko<br>betont (GenRe, 2022). Es wird vermutet, der Sicherheit der<br>Anlagen könne mit Blick auf möglichst hohe Gewinne nicht ge-<br>nügend Aufmerksamkeit gewidmet werden. Rayner (2025)<br>zeigt jedoch schnelle Lerneffekte der Branche auf. Nach einer<br>kurzen Phase mit erhöhten Schadensfällen in den Jahren 2018<br>und 2019 nahm die Zahl der Projekte stark zu und die Zahl der<br>Schadensfälle deutlich ab.<br><br><b>Abbildung 12: Zahl Großbatteriespeicher und Häufigkeit von<br/>Schadensfällen</b> | 0       |
| 8. Unsicherheiten bei<br>Adoptoren: Inwieweit gab<br>oder gibt es unter den<br>Adoptoren Unsicherheiten<br>bezüglich der Innovation?                           |  <p>Quelle: Rayner (2025)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0       |
| 9. Preise, Kosten, Wirt-<br>schaftlichkeit: Inwieweit för-<br>dern oder hemmen Preis-,<br>Kosten- oder Wirtschaftlich-<br>keitsaspekte die Adoption?           | „Der marktgetriebene und von Privaten oder Unternehmen<br>praktisch ohne direkte Investitionsförderung finanzierte Hoch-<br>lauf bei Stromspeichern zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit von<br>Stromspeicheranlagen aktuell gegeben ist. Es ist zu beachten,<br>dass die weitere Marktentwicklung bei Stromspeichern nicht<br>nur von den regulatorischen Rahmenbedingungen, sondern<br>auch wesentlich von der Entwicklung der Investitionskosten<br>abhängt“ (BMWK, 2023b). Die hohe Zahl von Anfragen bei<br>Übertragungsnetzbetreibern macht deutlich, dass die zukünf-<br>tigen Anbieter gegenwärtig die wirtschaftliche Realisierbarkeit<br>großer Projekte erwarten. Auch Anthonioz und Schlossarczyk                                                                                          | 2       |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | (2025) bestätigen, dass aktuell trotz Risiken (Regulierung, künftiger Wettbewerb) klar die positive Profitabilität überwiegt: die Erlöse lagen im Schnitt der letzten 12 Monate bei rund 12.000 €/MW/Monat ( $\approx$ € 144 000/MW/Jahr) mit Spitzen von bis zu 18.000 €/MW/Monat. |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                                        | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Wertung |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?                        | Die Entwicklung und Produktion von großen Batteriespeichern erfordert hoch qualifiziertes Personal.                                                                                                                                                                                                                                                                    | -2      |
| 11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?                | Als größte Anbieter von Großbatterien in 2020 führt Statista ABB, Samsung, LG und BYD auf (Statista, 2021). Mordor Intelligence (2025) nennt zusätzlich Panasonic und Contemporary Amperex Technology. Fast alle dieser großen Anbieter sind große und bekannte Unternehmen.                                                                                           | 2       |
| 12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar? | Mit Blick auf die große Zahl etablierter Anbieter ist zu erwarten, dass interessierte Investoren keine Probleme haben, Angebote, Montage und Service zu bekommen.<br>Auch die Next Kraftwerke GmbH integriert große Batteriespeicher aktiv in ihre Dienstleistung, um unkomplizierten Zugang zu Intraday- und Regelleistungsmärkten zu bieten (Next Kraftwerke, 2025). | 2       |

| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Wertung |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein? | Mit dem Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V. (BVES) existiert ein kleiner Fachverband mit etwas über 300 Mitgliedern.<br>Die Hersteller finden sich in Deutschland aber auch in großen Verbänden wie dem VDMA und VDE, die Anwender im VKU und dem BDEW. Durchweg sind dies starke Verbände, die sich klar für die Energiewende einsetzen (BDEW, 2024; VDE, 2024; VDMA, 2025; VKU, 2025).                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2       |
| 14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?          | Die Stromspeicherstrategie (BMWK, 2023b) dokumentiert, dass allein die RWE bis 2030 Batteriespeicher mit einer Leistung von 3 GW errichten will. Der österreichische Energiekonzern VERBUND plant die Installation von Batteriegroßspeichern mit einer Gesamtleistung von 1 GW bis 2030, Teile davon sind bereits Anfang 2023 in Bayern in Betrieb genommen worden. Die LEAG arbeitet nach eigener Aussage an einem Lausitzer Großspeicher mit einer Leistung von perspektivisch ca. 750 MW. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Marktführer in der Stromerzeugung auch die Marktführer im Markt für Batteriespeicher sein werden und diese den Markt aktiv entwickeln. | 2       |
| 15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B.                                                                                    | Intermediäre dürften in diesem sehr speziellen Markt keine Rolle spielen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0       |

Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?

| Politische Faktoren                                                                                                                                                                                     | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?                                                                 | Die Bundesnetzagentur bereitet die Möglichkeit vor, für die Erstellung von Netzan Schlüssen für Stromspeicher Baukostenzuschüsse zu erheben. Dieses sieht der BSW-Solar als Hemmnis für die Errichtung von Stromspeichern (Enkhard, 2024).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -1      |
| 17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt? | „Mit dem Gesetz zur Änderung des Raumordnungsgesetzes und anderer Vorschriften (ROGÄndG) vom 22. März 2023 wurde das überragende öffentliche Interesse für die Errichtung von Stromspeicheranlagen in § 11c EnWG festgeschrieben“ (BMWK, 2023a). „In § 118 Absatz 6 EnWG und § 19 Absatz 2 und 4 StromNEV sind Sonderregelungen enthalten, die die Netzentgelte für Großspeicher weitgehend oder vollständig entfallen lassen; auch die Speicherverluste werden von der Entlastung begünstigt“ (BMWK, 2023a). Die Regelung zur Befreiung von den Netzentgelten läuft nach bestehendem Recht jedoch zum 4.8.2029 aus (BMWK, 2023a). „Mit der Festlegung der Bundesnetzagentur zur Integration steuerbarer Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG vom 27.11.2023 werden Stromspeicher hinsichtlich der Einspeicherung als steuerbare Verbrauchseinrichtungen erfasst“ (BMWK, 2023a). Weiter gibt es Innovationsausschreibungen der Bundesnetzagentur, die gezielt Speicher-PV-Kombis fördern (Enkhardt, 2024). | 2       |
| 18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?                                                             | Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Mit Blick auf die Stromversorgung zielt diese nicht nur auf die Steigerung der Erzeugung, sondern auch der Netzausbau und Speicheroptionen gehören zum politischen Programm. Den Rahmen für eine Politik zu Stromspeichern gibt die Stromspeicher-Strategie vor (BMWK, 2023b).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2       |
| 19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?                                                       | Die Mehrzahl großer Batteriespeicher befindet sich noch in frühen Planungsphasen und ist insoweit noch kaum ein Thema in den allgemeinen Medien, sondern nur in der Fachpresse. Über konkrete Projekte wie z.B. in Alfeld und Lammpringe in Niedersachsen berichtet auch die Lokalpresse.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1       |

| Pfadbezogene Faktoren                                                                              | Fakten                                                                                                                                                                                                                                             | Wertung |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die | Die Verbreitung von großen Batteriespeichern wird durch die erfolgreiche Diffusion von Photovoltaik- und Windkraftanlagen tendenziell gefördert. Durch die durch PV-Strom verursachten regelmäßigen mittäglichen Niedrigpreisphasen und den abends | 1       |

|                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?                                                                                                                                                                            | höheren Strompreis (Energy-Charts, 2024) lassen sich vergleichsweise zuverlässig Einnahmen generieren.<br>Durch den steigenden Anteil der Stromerzeugung aus Wind und Sonne und damit mit weniger rotierenden Massen in konventionellen Kraftwerken wird der Bedarf an Momentanreserve voraussichtlich steigen (Bundesnetzagentur, 2025). Davon werden auch Batteriespeicher. |   |
| 21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?                                                                                                                         | Die Entwicklung der Preise für Lithium-Ionen- wie auch Lithium-Eisen-Phosphat Speichersysteme zeigt steil nach unten (Oberholzer, 2021).                                                                                                                                                                                                                                      | 2 |
| 22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten? | Die große Zahl von Projekten wie auch die große Zahl einschlägig aktiver Unternehmen weisen auf selbstverstärkende Effekte hin.                                                                                                                                                                                                                                               | 1 |

### Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für große Batteriespeicher einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 21, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 1,8%. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist nicht möglich, da große Batteriespeicher damals nicht untersucht wurden.

**Tabelle 13: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für große Batteriespeicher**

|                          | 2016             | 2025  |
|--------------------------|------------------|-------|
| <b>Diffusionsdynamik</b> | Nicht untersucht | 21    |
| <b>Verbreitungsgrad</b>  | Nicht untersucht | 1,8 % |

## 8 Diffusionsanalyse für Heimspeicher

### Beschreibung des Diffusionsfalls

Ein Batterie-Heimspeicherspeicher ist eine stationäre Batterie, deren Technologie den Großserienbatterien aus dem Automobilbau folgt. Aktuell werden dabei Lithium-Ionen-Akkus zunehmend durch Lithium-Eisenphosphat (LFP) Akkus verdrängt. Gängige Größen von Heimspeichern bemessen sich an der Leistung der Photovoltaikanlage und dem jährlichen Stromverbrauch und reichen von 3 kWh bis zu 12 kWh. Durch einen eigenen Stromspeicher kann der selbst erzeugte Solarstrom auch nachts genutzt und so der Autarkiegrad auf 50 %, 60 % oder gar 70 % erhöht werden (Tjaden, 2022).

### Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [ ], neue Unternehmen [ X ] oder beide [ ]?

Die Technologie der Li-Ionenbatterien wurde erstmal 2008 mit dem Tesla Roadster in einem Auto eingesetzt. Kurze Zeit später, in 2012 wurden erste Batterie-Großspeicher im Stromnetz in Betrieb genommen und fast zeitgleich folgten die ersten Heimspeicher (Trianel, 2022).

### Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [ X ] Nein [ ]

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Heimspeicher ergänzen die heimische Photovoltaikanlage. Ohne eine solche Anlage sind sie nur bedingt sinnvoll. Ihre Nutzung kann durch ein Energiemanagement, ein Smart Meter und einen dynamischen Stromtarif optimiert werden.

### Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [ ] auf dem Weg in den Massenmarkt [ ] im Massenmarkt angekommen [ X ]

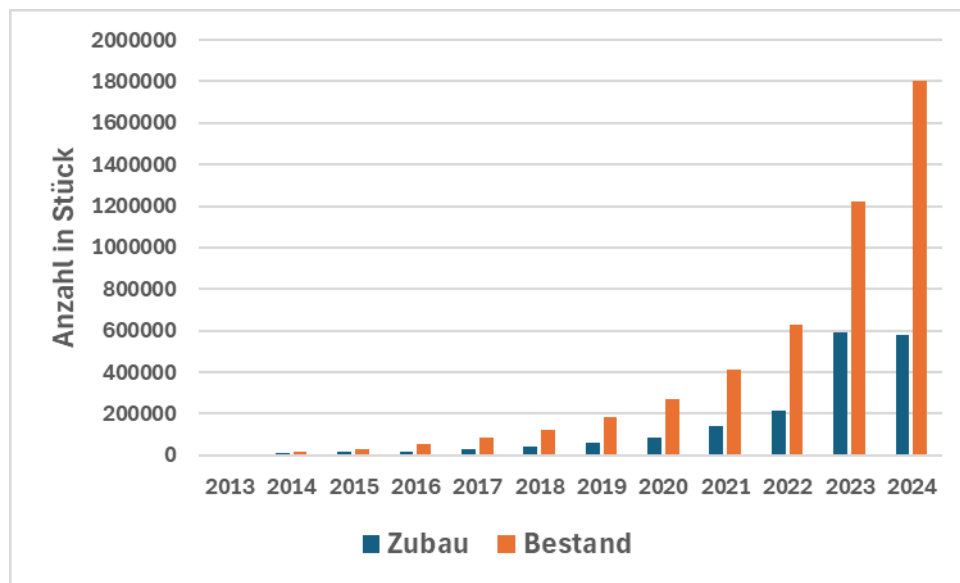
**Marktindikator:** Zur Beurteilung des Verbreitungsgrades kann die Zahl der in Betrieb befindlichen Heimspeicher auf die Zahl der existierenden Aufdach-Photovoltaikanlagen bezogen werden.

**Verbreitungsgrad:** 37,5 %

**Diffusionsverlauf:** Der Bundesverband Solarwirtschaft gibt an, dass 2024 fast 600.000 Batteriespeicher neu in Betrieb genommen wurden, was sowohl Heim-, Gewerbe- als auch (wenige) Großspeicher umfasst (BSW Solar, 2025). Insgesamt waren zum Jahreswechsel nach Hochrechnungen des Verbandes auf der Basis von Daten der Bundesnetzagentur mehr als 1,8 Millionen Speicher mit einer Kapazität von ca. 19 Gigawattstunden (GWh) installiert (BSW Solar, 2025).

Ende 2024 waren ca. 4,8 Mio. Photovoltaikanlagen in Betrieb. Damit waren 37,5 % aller PV-Anlagen mit einem Heimspeicher kombiniert.

Abbildung 13: Zubau und Bestand an Batteriespeichern in Deutschland

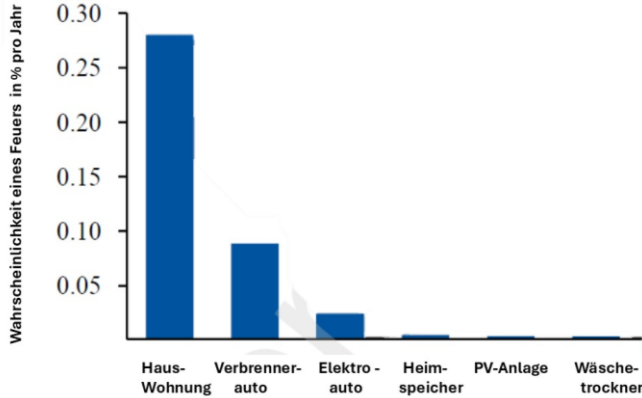


Quelle: BSW Solar (2025).

## Fakten und Wertungen zur Diffusion von Batterie-Heimspeichern

Tabelle 14: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Batterie-Heimspeichern

| Produktbezogene Faktoren                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt? | Im Vergleich zu einer PV-Anlage ohne Speicher weist eine Anlage mit Speicher einen höheren PV-Eigenstromverbrauch und ein höheres Maß an Autarkie auf. Ist der Speicher groß genug oder wird er in Kombination mit einem zum bi-direktionalen Laden fähigen Auto eingesetzt, kann eine vom Netz unabhängige Stromversorgung über mehrere Tage realisiert werden. | 2       |
| 2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?     | Ein Stromspeicher wird meist im Keller montiert und ist daher nicht von außen wahrnehmbar.                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0       |
| 3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?                                                   | Über handelsübliche Energiemanagementsysteme arbeitet ein Speicher gut mit der PV und dem Stromnetz zusammen. Er unterstützt dabei das Streben nach Autarkie.                                                                                                                                                                                                    | 0       |
| 4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?                                              | Die Funktion eines Stromspeichers ist nicht komplex. Komplex ist die Batteriechemie, die aber wiederum für die Nutzenden quasi ohne Belang ist.                                                                                                                                                                                                                  | 0       |
| 5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?                                                                      | Ein Speicher kann grundsätzlich erprobt werden, denn er kann (aufwendig) ein und auch wieder ausgebaut werden.                                                                                                                                                                                                                                                   | 1       |

| Adoptorbezogene Faktoren                                                                                                                | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Wertung   |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------|--------------|-------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-----------|--------|----------------|--------|----|
| 6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren? | Die Gruppe der Nutzenden von Photovoltaikanlagen stellt die erste Adoptorgruppe dar. Sie dürften vermutlich zu den Milieus der Postmateriellen, der Performer und der Expeditiven gehören, die alle offen für Neues sind und überdurchschnittliche Einkommen haben. (Sinus, 2023). Die Studie von Kalkbrenner (2019) legt nahe, dass es sich bei Adoptern vornehmlich um männliche Personen über 40 handelt, die gut ausgebildet sind und über ein hohes Haushaltseinkommen verfügen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1         |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| 7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adoptor eine Verhaltensänderung?                    | Verhaltensänderungen sind nicht erforderlich.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0         |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| 8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?                | <p>Es wäre denkbar, dass Menschen die Feuergefahr von Größeren Batteriespeichern im Keller fürchten. Die Brandgefahr eines Heimspeichers ist jedoch deutlich niedriger als die von einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und entspricht eher dem Brandrisiko eines Wäschetrockners.</p> <p><b>Abbildung 14: Brandrisiken im Haushalt</b></p>  <table><caption>Abbildung 14: Brandrisiken im Haushalt</caption><thead><tr><th>Kategorie</th><th>Wahrscheinlichkeit eines Feuers in % pro Jahr</th></tr></thead><tbody><tr><td>Haus-Wohnung</td><td>~0.28</td></tr><tr><td>Verbrenner-auto</td><td>~0.09</td></tr><tr><td>Elektro-auto</td><td>~0.03</td></tr><tr><td>Heimspeicher</td><td>~0.01</td></tr><tr><td>PV-Anlage</td><td>~0.005</td></tr><tr><td>Wäschetrockner</td><td>~0.005</td></tr></tbody></table> <p>Quelle: Hölting et al. (2024)</p> | Kategorie | Wahrscheinlichkeit eines Feuers in % pro Jahr | Haus-Wohnung | ~0.28 | Verbrenner-auto | ~0.09 | Elektro-auto | ~0.03 | Heimspeicher | ~0.01 | PV-Anlage | ~0.005 | Wäschetrockner | ~0.005 | -1 |
| Kategorie                                                                                                                               | Wahrscheinlichkeit eines Feuers in % pro Jahr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| Haus-Wohnung                                                                                                                            | ~0.28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| Verbrenner-auto                                                                                                                         | ~0.09                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| Elektro-auto                                                                                                                            | ~0.03                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| Heimspeicher                                                                                                                            | ~0.01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| PV-Anlage                                                                                                                               | ~0.005                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| Wäschetrockner                                                                                                                          | ~0.005                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |
| 9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?      | Seit Markteinführung sind die Batteriepreise drastisch gesunken, so dass die Kosten für einen Heimspeicher deutlich gefallen sind (Energie Experten, 2025a). Kleinere Speicher werden in 2025 für ca. 400 €/kWh einbaufertig angeboten. Als Ergänzung einer PV Anlage gelten Heimspeicher als grundsätzlich wirtschaftlich (Verbraucherzentrale, 2024).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2         |                                               |              |       |                 |       |              |       |              |       |           |        |                |        |    |

| Anbieterbezogene Faktoren                                                                                                                                                        | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                             | Wertung |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?                        | Die Entwicklung und Produktion von Batteriespeichern erfordert hoch qualifiziertes Personal.                                                                                                                                                                       | -2      |
| 11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?                | Die Energie Experten (2025b) listen 48 Hersteller von Stromspeichern und Speicherkomponenten auf, unter ihnen mit Bosch, BYD, LG, Panasonic, Samsung, Sonnen und Varta und insoweit viele, die als etablierte Hersteller über Bekanntheit und Reputation verfügen. | 2       |
| 12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar? | Stromspeichern werden flächendeckend durch eine große Zahl von Elektrikern und Solarteuren sowie auch durch „integrierte Haustechnikfirmen“ wie 1komma5, Thermondo oder enpal angeboten.                                                                           | 2       |

| Branchenbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                            | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?                                                                       | Mit dem Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V. (BVES) existiert ein kleiner Fachverband mit etwas über 300 Mitgliedern.<br>Der Bundesverband Solarwirtschaft e.V. mit seinen über 1.000 Mitgliedsunternehmen vertrat die Interessen der Branche in der Zeit der Ampelregierung sehr erfolgreich.                                                                                                                                           | 2       |
| 14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?                                                                                | Die Energie Experten (2025b) listen die Hersteller von Stromspeichern mit den höchsten Marktanteilen auf. Die vier Hersteller BYD (24 %), Sonnen (20 %), Senec (19 %) und E3/DC (12 %) beherrschten 2022 zusammen 75 % des Marktes. Alle vier großen Hersteller sind Unternehmen, deren Erfolg sich auch insgesamt auf das Wachstum der Elektrifizierung des gesamten Energiesystems gründet und fördern eindeutig die Diffusion nach Kräften. | 2       |
| 15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst? | Zumindest bei den Verbraucherzentralen finden sich viele Informationen zum Heimspeicher (z.B. Verbraucherzentrale, 2024). Informationen von Klimaschutz- und Energieagenturen zum Thema Heimspeicher sind dagegen im Internet kaum zu finden, was besonders deutlich wird, wenn stattdessen nach den Agenturen und dem Wort „dämmen“ gesucht wird.                                                                                             | 1       |

| Politische Faktoren                                                                                                                                                                                     | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Wertung |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?                                                                 | Nicht bekannt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0       |
| 17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt? | Den Rahmen für eine Politik zu Stromspeichern gibt die Stromspeicher-Strategie vor (BMW, 2023b). Die ermäßigte Mehrwertsteuer von 0 % für Solaranlagen gilt auch für Speicher.                                                                                                                                                                                                                                                              | 2       |
| 18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?                                                             | Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Mit Blick auf die Stromversorgung zielt diese nicht nur auf die Steigerung der Erzeugung, sondern auch der Netzausbau und Speicheroptionen gehören zum politischen Programm. Den Rahmen für eine Politik zu Stromspeichern gibt die Stromspeicher-Strategie vor (BMW, 2023b). | 2       |
| 19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?                                                       | Stromspeicher für Wohngebäude sind im Kontext von PV-Anlagen, Smart Metern und dynamischen Stromtarifen regelmäßig Thema in den Medien. Auch in Google Trends zeigt sich ein wachsendes Interesse an „Stromspeichern“ bzw. „battery storage“.                                                                                                                                                                                               | 2       |

| Pfadbezogene Faktoren                                                                                                                                                                                                                      | Fakten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Wertung |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?                                                                         | Die Verbreitung von Stromspeicher wird durch die bisherige erfolgreiche Diffusion von Photovoltaikanlagen tendenziell gefördert.                                                                                                                                                                                                      | 1       |
| 21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?                                                                                                                         | Die Entwicklung der Lithium-Ionen-Speichersystempreise zeigt steil nach unten. Die Anschaffungskosten pro kWh sind für größere Speichersysteme von 2010 bis 2024 um mehr als 80 % gesunken (Energie Experten, 2025a). Bei kleineren Heimspeichern führten Fixkosten und Anforderungen der Kunden zu weniger großen Preisschwankungen. | 2       |
| 22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten? | Die Diffusion von PV und Speichern sowie neuen Stromverbrauchern wie Elektroautos und Wärmepumpen verstärken sich wechselseitig. Dennoch gehen die Absätze von Batterie-Heimspeichern gegenwärtig leicht zurück.                                                                                                                      | 1       |

## Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Heimspeicher einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 22, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 37,5%. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist nicht möglich, da Heimspeicher damals nicht untersucht wurden.

**Tabelle 15: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für Heimspeicher**

|                          | <b>2016</b>      | <b>2025</b> |
|--------------------------|------------------|-------------|
| <b>Diffusionsdynamik</b> | Nicht untersucht | 22          |
| <b>Verbreitungsgrad</b>  | Nicht untersucht | 37,5        |

## QUELLEN

- Agora Energiewende. (2024, Juli 30). Seewind für die Klimaneutralität: Was es braucht, damit der Ausbau von Offshore-Windkraft auf Zielkurs kommt. Abgerufen 14. März 2025, von <https://www.agora-energiewende.de/aktuelles/seewind-fuer-die-klimaneutralitaet-was-es-braucht-damit-der-ausbau-von-offshore-windkraft-auf-zielkurs-kommt>
- Alpha-Ventus. (2025). Zeitenwende offshore. Abgerufen 14. März 2025, von Alpha-Ventus website: <https://www.alpha-ventus.de/ueberblick>
- Anthonioz, J., & Schlossarczyk, M. (2025, März 13). Enervis BESS Index: What revenues can and could be achieved with large battery storage systems in Germany. Abgerufen 15. Mai 2025, von <https://www.ess-news.com/2025/03/13/enervis-bess-index-what-revenues-can-and-could-be-achieved-with-large-battery-storage-systems-in-germany/>
- BDEW. (2024, Dezember 18). Energiewende in 2025 weiterentwickeln: Steuerbare Kraftwerke zu bauen, Finanzierung sicherstellen, Stromkosten dämpfen. Abgerufen 16. Februar 2025, von <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/energiewende-in-2025-weiterentwickeln-steuerbare-kraftwerke-zubauen-finanzierung-sicherstellen-stromkosten-daempfen/>
- BMU. (2021). *GreenTech made in Germany 2021. Umwelttechnik-Atlas für Deutschland*. Berlin. Abgerufen von [https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_gre-entech\\_atlas\\_2.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_gre-entech_atlas_2.pdf)
- BMU (Hrsg.) (Hrsg.). (2009). *GreenTech made in Germany 2.0 Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland*. München: Vahlen.
- BMWK. (2023a). *Stromspeicher- Strategie*. Berlin. Abgerufen von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energiespeicher/stromspeicher-strategie.html>
- BMWK. (2023b). *Stromspeicher-Strategie*. Berlin. Abgerufen von [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/stromspeicherstrategie-231208.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/stromspeicherstrategie-231208.pdf?__blob=publicationFile&v=8)
- BSW Solar. (2022). Unsere Historie. Über 40 Jahre erfolgreiche Verbandsarbeit. Abgerufen 1. Januar 2022, von Solarwirtschaft.de website: <https://www.solarwirtschaft.de/verband/unsere-historie/>
- BSW Solar. (2024, Oktober 2). Verfünfachung der Großspeicher-Kapazität geplant. Abgerufen 1. März 2025, von Solarwirtschaft.de website: <https://www.solarwirtschaft.de/2024/10/02/verfuenffachung-der-grossspeicher-kapazitaet-geplant-2/>
- BSW Solar. (2025). Speicherkapazitäten 2024 um 50 Prozent gewachsen. Abgerufen 28. Februar 2025, von <https://www.solarwirtschaft.de/2025/01/31/speicherkapazitaeten-2024-um-50-prozent-gewachsen/>
- Bundesjustizministerium. (2023). Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz—EEG 2023). Abgerufen 14. März 2025, von [https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/EEG\\_2023.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2023.pdf)
- Bundesnetzagentur. (2021). *Rundenübersicht zur Ausschreibung von Solaranlagen des 1. Segments (Freifläche) nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG)*.
- Bundesnetzagentur. (2025). *Beschluss Az. BK6-23-010*. Abgerufen von [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1\\_GZ/BK6-GZ/2023/BK6-23-010/Bk6-23-010\\_beschluss\\_v\\_22.04.25.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2023/BK6-23-010/Bk6-23-010_beschluss_v_22.04.25.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke (BDW) e.V. (2025). Installierte Leistung und Stromproduktion. Abgerufen 14. März 2025, von Wasserkraft-deutschland website: <https://www.wasserkraft-deutschland.de/wasserkraft/wasserkraft-in-zahlen.html>

- Burger, B. (2025, Januar 18). Jährlicher Zubau von Photovoltaikleistung in Deutschland. Abgerufen 19. Januar 2025, von [https://www.linkedin.com/search/results/all/?fetchDeterministicClustersOnly=true&heroEntityKey=urn%3Ali%3Afsd\\_profile%3AACoAAASDi-gEBnP3pXjzAtw5CpMqsdPQMH4PubgQ&keywords=bruno%20burger&origin=RICH\\_QUERY\\_SUGGESTION&position=0&searchId=f757fdea-be7c-423f-a51d-21dc331d1593&sid=!\\_b&spellCorrectionEnabled=false](https://www.linkedin.com/search/results/all/?fetchDeterministicClustersOnly=true&heroEntityKey=urn%3Ali%3Afsd_profile%3AACoAAASDi-gEBnP3pXjzAtw5CpMqsdPQMH4PubgQ&keywords=bruno%20burger&origin=RICH_QUERY_SUGGESTION&position=0&searchId=f757fdea-be7c-423f-a51d-21dc331d1593&sid=!_b&spellCorrectionEnabled=false)
- Clausen, J. (2014). *Belegschafts-genossenschaften zur Förderung der Energiewende*. Berlin. Abgerufen von [http://www.eneebler.de/wp-content/uploads/2014/03/Leitfaden\\_Belegschafts-genossenschaften\\_Energiewende.pdf](http://www.eneebler.de/wp-content/uploads/2014/03/Leitfaden_Belegschafts-genossenschaften_Energiewende.pdf)
- Clausen, J. (2019a). *Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland*. Berlin: Borderstep Institut. Abgerufen von Borderstep Institut website: [https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/09/Stromversorgung-Deutschland-Go\\_20190911.pdf](https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/09/Stromversorgung-Deutschland-Go_20190911.pdf)
- Clausen, J. (2019b). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen Fallbeispiel Stromversorgung Deutschland*. Berlin: Borderstep Institut.
- Clausen, J., & Fichter, K. (2019). The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 64–95. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.003>
- Clausen, J., Fichter, K., & Winter, W. (2011). *Theoretische Grundlagen für die Erklärung von Diffusionsverläufen von Nachhaltigkeitsinnovationen*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.
- Dannemann, B. (2025). Genossenschaftsgründungen 2024. Abgerufen 21. Juni 2025, von <https://www.dgrv.de/genossenschaftsgruendungen-2024/>
- DGRV. (2024). *DGRV-Jahresumfrage Energiegenossenschaften 2024*. Abgerufen von <https://www.dgrv.de/news/energiegenossenschaften-2024/>
- DGRV – Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V. (Hrsg.). (2013). *Energiegenossenschaften Ergebnisse der Umfrage des DGRV und seiner Mitgliedsverbände Frühjahr 2013*. Berlin.
- Die Bundesregierung. (2022). *Gesetz zur Festlegung von Flächenbedarfen für Windenergieanlagen an Land (Windenergieflächenbedarfsgesetz—WindBG)*. Berlin. Abgerufen von <https://www.gesetze-im-internet.de/windbg/WindBG.pdf>
- Dietze, C. (2024, Januar 18). Wasserkraftwerke in Deutschland: Wichtige Fakten zu Geschichte, Bedeutung und Zukunft. Abgerufen 14. März 2025, von <https://erneuerbare-energien-aktuell.de/wasserkraft/wasserkraftwerke-in-deutschland-wichtige-fakten-zu-geschichte-bedeutung-und-zukunft/>
- DZ Bank. (2023, Mai 22). Gründungsboom für nachhaltige Wirtschaft: 42 neue Energiegenossenschaften 2022 / stärkster Zuwachs seit 2016. Abgerufen 19. Februar 2025, von <https://www.dzbank.de/content/dzbank/de/home/die-dz-bank/presse/pressemitteilungen/2023/gruendungsboom-fuernachhaltigewirtschaft42neueenergiegenossensch.html>
- DZ Bank. (2024, November 17). Genossenschaften im Aufwind: Zukunftsmodell mit Tradition. Abgerufen 19. Februar 202 n. Chr., von <https://www.dzbank.de/content/dzbank/de/home/die-dz-bank/presse/pressemitteilungen/2024/genossenschaften-im-aufwind--zukunftsmodell-mit-tradition.html>
- Energie & Management. (2024, März 15). Marktanteile der Windenergieanlagenhersteller in Deutschland. Abgerufen 15. Februar 2025, von <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/detail/marktanteile-der-windenergieanlagenhersteller-in-deutschland-213197>

- Energie Experten. (2025a). Stromspeicher 5 kWh bis 50 kWh Preis 2025: Entwicklung & Vergleich. Abgerufen 28. Februar 2025, von <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/stromspeicher/preise>
- Energie Experten. (2025b). Top 2025: Hersteller von Stromspeichern und Speicherkomponenten. Abgerufen 28. Februar 2025, von <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/stromspeicher/hersteller>
- Energiekontor AG. (2014). *Energiekontor—Ihr zuverlässiger Partner*. Bremen. Abgerufen von [http://www.energiekontor.de/Binaries/Binary10772/PlanerbroschuereOktober\\_2013.pdf](http://www.energiekontor.de/Binaries/Binary10772/PlanerbroschuereOktober_2013.pdf)
- Energy-Charts. (2024). Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Mai 2024. Abgerufen 10. Juni 2024, von <https://www.energy-charts.info/charts/power/chart.htm?l=de&c=DE&interval=month&month=05>
- Energy-Charts. (2025). Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2024. Energetisch korrigierte Werte. Abgerufen 15. Februar 2025, von [https://www.energy-charts.info/charts/energy\\_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=2024](https://www.energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=2024)
- Enkhard, S. (2024, November 21). BVES: Bundesnetzagentur verschärft finanzielle Hürden beim Baukostenzuschuss für Energiespeicher. Abgerufen von PV Magazine website: <https://www.pv-magazine.de/2024/11/21/bves-bundesnetzagentur-verschaerft-finanzielle-huerden-beim-baukostenzuschuss-fuer-energiespeicher/>
- Enkhard, S. (2025). Übertragungsnetzbetreibern liegen zum Jahreswechsel 650 Anschlussanfragen für große Batteriespeicher mit 226 Gigawatt vor. Abgerufen 1. März 2025, von PV-Magazine website: <https://www.pv-magazine.de/2025/01/13/uebertragungsnetzbetreibern-liegen-zum-jahreswechsel-650-anschlussanfragen-fuer-grosse-batteriespeicher-mit-226-gigawatt-vor/>
- Enkhardt, S. (2024, Juli 3). Innovationsausschreibungen: Zuschläge für 43 Photovoltaik-Speicher-Kraftwerke. Abgerufen 15. Mai 2025, von [https://www.pv-magazine.de/2024/07/03/innovationsausschreibungen-zuschlaege-fuer-43-photovoltaik-speicher-kraftwerke/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.pv-magazine.de/2024/07/03/innovationsausschreibungen-zuschlaege-fuer-43-photovoltaik-speicher-kraftwerke/?utm_source=chatgpt.com)
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.). (2008). *Wege zum Bioenergiedorf. Leitfaden*. Gülzow.
- Fichter, K., & Clausen, J. (2013). *Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen*. Marburg: Metropolis.
- Fichter, K., & Clausen, J. (2016). Diffusion Dynamics of Sustainable Innovation—Insights on Diffusion Patterns Based on the Analysis of 100 Sustainable Product and Service Innovations. *Journal of Innovation Management*, 4(2), 30–67.
- Fraunhofer ISE. (2024). *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien Juli 2024*. Freiburg i. Br. Abgerufen von [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2024\\_ISE\\_Studie\\_Stromgestehungskosten\\_Erneuerbare\\_Energien.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2024_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf)
- Fraunhofer ISI. (2024, Februar). *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Webinar Energieangebot*. Berlin. Abgerufen von <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>
- Froese, T., & Clausen, J. (2026a). *Diffusions-Fallprofile rund um die Transformation des Energiesystems in Niedersachsen. Band 2: Wärmeversorgung*. Oldenburg.
- Froese, T., & Clausen, J. (2026b). *Diffusions-Fallprofile rund um die Transformation des Energiesystems in Niedersachsen. Band 3: Smart Technology*. Oldenburg.
- Froese, T., & Clausen, J. (2026c). *Diffusions-Fallprofile rund um die Transformation des Energiesystems in Niedersachsen. Band 4: Wasserstoff und CO2*. Oldenburg.

- Froese, T., & Clausen, J. (2026d). *Strukturen der Energiewende. Diffusionsanalyse zentraler Technologien der Transformation des Energiesystems in Niedersachsen*. Oldenburg.
- Frontier Economics. (2023). *Der Wert von Großbatteriespeichern im Deutschen Stromsystem*. Berlin. Abgerufen von [https://www.frontier-economics.com/media/jmxlrpuf/frontier-economics\\_wert-von-bess-im-deutschen-stromsystem\\_-final-report.pdf](https://www.frontier-economics.com/media/jmxlrpuf/frontier-economics_wert-von-bess-im-deutschen-stromsystem_-final-report.pdf)
- Gellrich, A. (2016). *Von der Minderheit zur Mehrheit? Psycho-soziale Einflüsse bei der Verbreitung klimaschonender Innovationen*. Kassel. Abgerufen von <http://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2016122151775/5/DissertationAngelikaGellrich.pdf>
- GenRe. (2022, März 31). Großbatteriespeicher – ein brandaktuelles Underwriting-Thema. Abgerufen 1. März 2025, von Genre.com website: <https://www.genre.com/us/knowledge/publications/2022/march/big-battery-storage-a-highly-charged-risk-de>
- Global Energy Monitor. (2024). *Boom and Bust Coal*. Abgerufen von <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2024/04/Boom-Bust-Coal-2024.pdf>
- Handelsblatt Online. (2024, November 7). *Merz – Windräder abbauen, „weil sie hässlich sind“*. Abgerufen von <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/cdu-merz-windraeder-abbauen-weil-sie-haesslich-sind/100086819.html>
- Häner, Jurek. (2021). *Technologisches Lernen im Bereich Windenergie an Land*. [https://doi.org/10.25974/REN\\_REV\\_2021\\_07](https://doi.org/10.25974/REN_REV_2021_07)
- Hans Böckler Stiftung (Hrsg.). (2013). *Belegschafts-genossenschaften für regenerative Energien*. Düsseldorf. Abgerufen von [http://www.boeckler.de/pdf/p\\_mbf\\_Belegschafts-genossenschaften.pdf](http://www.boeckler.de/pdf/p_mbf_Belegschafts-genossenschaften.pdf)
- Hölting, F., Kapse, A., Breer, F., Figgner, J., Junker, M., & Sauer, D. U. (2024). *Quantitative Fire Risk Assessment of Battery Home Storage Systems in Comparison to General House Fires in Germany and Other Battery Related Fires*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4995517>
- IEA. (2024). Global battery storage capacity additions, 2010-2023. Abgerufen 1. März 2025, von <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-battery-storage-capacity-additions-2010-2023>
- Kalkbrenner, B. J. (2019). Residential vs. Community battery storage systems – Consumer preferences in Germany. *Energy Policy*, 129, 1355–1363. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.041>
- Kleinhüchelkotten, S. (2006, November). *Soziale Milieus als Zielgruppen für die Nachhaltigkeitskommunikation*. Hannover. Abgerufen von [http://www.21-kom.de/fileadmin/user\\_upload/PDFs/02\\_Sinus\\_Milieus/03\\_Kleinhueckelkotten\\_Soziale\\_Milieus\\_als\\_Zielgruppen.pdf](http://www.21-kom.de/fileadmin/user_upload/PDFs/02_Sinus_Milieus/03_Kleinhueckelkotten_Soziale_Milieus_als_Zielgruppen.pdf)
- Kleinhüchelkotten, S., Neitzke, H.-P., & Moser, S. (2016). *Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen)* (UBA-FB Nr. 29/2016). Umweltbundesamt.
- Klemisch, H., & Vogt, W. (2012). *Genossenschaften und ihre Potenziale für eine sozial gerechte und nachhaltige Wirtschaftsweise: Studie im Auftrag der Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung*. Bonn. Abgerufen von <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/09500-20121204.pdf>
- Kulmer, V., Seebauer, S., Hinterreither, H., Kortschak, D., Theurl, M. C., & Haas, W. (2022). Transforming the s-shape: Identifying and explaining turning points in market diffusion curves of low-carbon technologies in Austria. *Research Policy*, 51(1), 104371. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104371>

- Lazard. (2024). *LCOE*. Abgerufen von <https://www.lazard.com/research-insights/levelized-cost-of-energyplus/>
- MDR. (2024, August 18). Ablehnung von Windkraft in Ostdeutschland am größten. Abgerufen 29. März 2025, von <https://www.mdr.de/wissen/umwelt-klima/erneuerbare-energien-zustimmung-solarenergie-windkraft-ausser-ostdeutschland-100.html>
- Mordor Intelligence. (2025). Grid Scale Battery Market Size & Share Analysis—Growth Trends & Forecasts (2025—2030). Abgerufen 1. März 2025, von <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/grid-scale-battery-market>
- Next Kraftwerke. (2025). Batterien optimiert vermarkten So wird Ihr Speicher zur Einnahmequelle. Abgerufen 15. Mai 2025, von <https://www.next-kraftwerke.de/virtuelles-kraftwerk/batterie-speicher>
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft. (2025). Querbauwerke und Durchgängigkeit. Abgerufen 15. März 2025, von <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/querbauwerke/querbauwerke-und-durchgaengigkeit-236280.html>
- Oberholzer, S. (2021). *Energiespeichertechnologien. Kurzübersicht 2021*. Bern: Bundesamt für Energie. Abgerufen von Bundesamt für Energie website: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10623>
- Oelker, J. (2005). *Windgesichter. Aufbruch der Windenergie in Deutschland*. Dresden: Sonnenbuch. Abgerufen von <http://www.sonnenbuch.de/windgesichter/start.htm>
- Plattform Wettbewerb. (2021). Wettbewerb Ranking. Abgerufen 30. Dezember 2021, von Plattform Wettbewerb website: <https://plattform.wettbewerb.de/ranking>
- Pulkki-Brännström, A.-M., & Stoneman, P. (2013). On the patterns and determinants of the global diffusion of new technologies. *Research Policy*, 42(10), 1768–1779. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.08.011>
- Quaschnig. (2025a). Installierte Leistung regenerativer Kraftwerke in Deutschland. Abgerufen 15. Februar 2025, von <https://www.volker-quaschnig.de/datserv/ren-Leistung-D/index.php>
- Quaschnig, V. (2025b). Installierte Photovoltaikleistung in Deutschland. Abgerufen 15. Februar 2025, von Volker-quaschnig.de website: <https://www.volker-quaschnig.de/datserv/pv-deu/index.php>
- Rayner, T. (2025). Volta’s 2024 Battery Report: Falling costs drive battery storage gains. Abgerufen 1. März 2025, von Ess-news.com website: <https://www.ess-news.com/2025/01/29/voltas-2024-battery-report-falling-costs-drive-battery-storage-gains/>
- Rekinger, M., & Thies, F. (2015). *Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019*. Brüssel. Abgerufen von [http://helapco.gr/pdf/Global\\_Market\\_Outlook\\_2015\\_-2019\\_lr\\_v23.pdf](http://helapco.gr/pdf/Global_Market_Outlook_2015_-2019_lr_v23.pdf)
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- Seidel, C. (2016). *Hochleistungswasserrad an der Aller*. Braunschweig. Abgerufen von [https://erica-ingenieure.de/wp-content/uploads/2019/07/2016\\_03\\_Seidel-Hochleistungswasserrad.pdf](https://erica-ingenieure.de/wp-content/uploads/2019/07/2016_03_Seidel-Hochleistungswasserrad.pdf)
- Sinus. (2023). *Milieu-Boost Die Sinus-Milieus als Zielgruppenverstärker für Ihre Studien*. Abgerufen von [https://www.sinus-institut.de/media/pages/forschung/loesungen/sinus-milieus-anreicherung-und-zuspielung/03aadd1cc0-1685705045/sinus-institut\\_milieu-boost-2023.pdf](https://www.sinus-institut.de/media/pages/forschung/loesungen/sinus-milieus-anreicherung-und-zuspielung/03aadd1cc0-1685705045/sinus-institut_milieu-boost-2023.pdf)
- Solarbranche.de. (2025). Ausschreibung PV-Freiflächenanlagen. Abgerufen 15. Februar 2025, von <https://www.solarbranche.de/news/nachrichten/artikel-39028-ausschreibung-pv-freiflaechen-anlagen-gebotsvolumen-in-ausschreibung-zum-01-dezember-2024-zum-fnften-mal-in-folge-ber-4-000-mw-vergutuungsstze-sinken>

- SPD, Die Grünen, & FDP. (2021). *Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit*. Berlin.
- Statista. (2021). Largest grid-scale battery manufacturers worldwide in terms of revenue in 2020. Abgerufen 1. März 2025, von <https://www.statista.com/statistics/1339844/leading-grid-scale-battery-manufacturers/>
- Statista. (2025). Bruttostromerzeugung aus Wasserkraft in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2024. Abgerufen 14. März 2025, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/158537/umfrage/entwicklung-der-wasserenergienutzung-in-deutschland-seit-1990/>
- Steudle, L., & Clausen, J. (2016). *Materialband 3: Handel mit nachhaltigen Produkten. Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy*. Berlin. Abgerufen von <https://www.borderstep.de/projekte/umweltinnovationen-und-ihre-diffusion-als-treiber-der-green-economy/>
- Tjaden, T. (2022, Oktober). *Strom, Wärme, E-Mobilität Mehrwert durch effiziente Komponenten und vernetzten Betrieb*. Gehalten auf der Lehrter Energiewende. Lehrte. Abgerufen von <https://hof-zwoelf-lehrte.de/energiewende/vortrag-tjarko-tjaden>
- Trianel. (2022). Speicher – unverzichtbar für die Energiewende und lohnendes Investment. Abgerufen 28. Februar 2025, von <https://www.trianel.com/webmagazin/speicher-unverzichtbar-fuer-die-energiewende-und-lohnendes-investment>
- Twidale, S. (2024, September 13). Exclusive: Vitol-backed VPI to invest up to 450 mln euros in German battery projects. Abgerufen 15. Mai 2025, von <https://www.reuters.com/business/energy/vitol-backed-vpi-invest-up-450-mln-euros-german-battery-projects-2024-09-12/>
- UBA. (2022). *Übersicht über die Länderregelungen zu Wasserentnahmeentgelten*. Dessau-Roßlau. Abgerufen von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2875/dokumente/tabelle\\_wasserentnahmeentgelte\\_laender\\_stand\\_sept\\_2022.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2875/dokumente/tabelle_wasserentnahmeentgelte_laender_stand_sept_2022.pdf)
- UBA. (2025, März 17). Nutzung der Wasserkraft. Abgerufen 15. Mai 2025, von [https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/nutzung-der-wasserkraft?utm\\_source=chatgpt.com#Strom](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/nutzung-der-wasserkraft?utm_source=chatgpt.com#Strom)
- Umweltbundesamt. (2023, Juni 20). Nutzung der Wasserkraft. Abgerufen 14. März 2025, von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/nutzung-der-wasserkraft#Strom>
- Umweltbundesamt. (2025). Erneuerbare Energien in Zahlen. Abgerufen 14. März 2025, von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- VDE. (2024, März 13). Das Energiesystem 2030. Abgerufen 16. Februar 2025, von <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete>
- VDMA. (2025, Januar 15). Konsequente Nutzung von Klimaschutztechnologien. Abgerufen 16. Februar 2025, von VDMA website: <https://vdma.org/viewer/-/v2article/render/138537311>
- Verbraucherzentrale. (2024). Lohnen sich Batteriespeicher für Photovoltaik-Anlagen? Abgerufen 28. Februar 2025, von <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/lohn-sich-batteriespeicher-fuer-photovoltaikanlagen-24589>
- VKU. (2025). Wir treiben die Energiewende voran. Abgerufen 16. Februar 2025, von VKU website: <https://www.vku.de/themen/energiewende/>
- Voith. (2010). *Geschäftsbericht 2009/2010*. Heidenheim a.d. Brenz.

- Voith. (2021). *Geschäftsbericht 2021*. Heidenheim a.d. Brenz. Abgerufen von [https://voith.com/corp-de/VZ\\_annual-report\\_21\\_vvk\\_de.pdf](https://voith.com/corp-de/VZ_annual-report_21_vvk_de.pdf)
- Welsch, H., & Kühling, J. (2010). Nutzenmaxima, Routinen und Referenzpersonen beim nachhaltigen Konsum. In *WENKE- Wege zum nachhaltigen Konsum* (S. 31–64). Marburg: Metropolis.
- Wikimedia Commons. (2022). File:Desert Sunlight Battery Energy Storage System (52945816430).jpg. Abgerufen 15. Mai 2025, von [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desert\\_Sunlight\\_Battery\\_Energy\\_Storage\\_System\\_\(52945816430\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desert_Sunlight_Battery_Energy_Storage_System_(52945816430).jpg)
- Wikipedia. (2022). List of photovoltaics companies. Abgerufen 1. Januar 2022, von Wikipedia website: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_photovoltaics\\_companies](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_photovoltaics_companies)
- Wikipedia. (2025). Liste von Batterie-Speicherkraftwerken. Abgerufen 1. März 2025, von Wikipedia website: [https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_von\\_Batterie-Speicherkraftwerken](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Batterie-Speicherkraftwerken)
- Windkraft Journal. (2017, März 16). Erster Offshore-Windpark der Welt nach über 25 Jahren zurückgebaut. Abgerufen 14. März 2025, von <https://www.windkraft-journal.de/2017/03/16/erster-offshore-windpark-der-welt-nach-ueber-25-jahren-zurueckgebaut/100050>
- Wirth, H. (2025). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland Januar 2025*. Freiburg i.Br. Abgerufen von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html>
- ZSW. (2024). *Wirtschaftliche Impulse durch Erneuerbare Energien Zahlen und Daten zum Erneuerbaren-Ausbau als Wirtschaftsfaktor*. Stuttgart. Abgerufen von [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/kurzdokumentation-wirtschaftl-impulse-ee-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/kurzdokumentation-wirtschaftl-impulse-ee-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=8)