QUERSCHNITTSFORMAT ÜBERTRAGUNGS- UND VERTEILNETZ



Netzanschluss und -integration neuer Verbraucher und Speicher

Diskussionspapier aus dem Querschnittsformat der Netzbetreiber

Netzanschluss und -integration neuer Verbraucher und Speicher

Diskussionspapier aus dem Querschnittsformat der Netzbetreiber

Folgende Netzbetreiber haben sich am Querschnittsformat beteiligt und einen Beitrag zur Erarbeitung der Lösungen geleistet:



Die Inhalte des Diskussionspapiers stellen eine neutrale Zusammenfassung der Diskussion im Forum dar. Sie bilden daher unterschiedliche Perspektiven ab, spiegeln jedoch nicht zwangsläufig die Positionen, Meinungen oder Interessen einzelner teilnehmender Unternehmen wider. Die dargestellten Lösungsansätze wurden von der FfE auf Grundlage der Diskussion entwickelt und mit den Teilnehmenden konsultiert.

Impressum

Herausgeber



Am Blütenanger 71
80995 München
+49 (0)89 158121-0
info@ffe.de
www.ffe.de

Diskussionspapier aus dem Querschnittsformat Netzbetreiber: Netzanschluss und -integration neuer Verbraucher und Speicher

Veröffentlicht am
09.10.2026

Projektleitung
Elisabeth Wendlinger
Stefan Wiesheu

Mitwirkende
Vincenz Regener
Christoph Müller
Theodor Haug
Leon Spanagel
Sonja Wellnitz

Bitte zitieren als
FfE (2026): Netzanschluss und -integration neuer Verbraucher und Speicher – Diskussionspapier aus dem Querschnittsformat der Netzbetreiber

Stellv. wissenschaftlicher Leiter
Dr.-Ing. Serafin von Roon

Geschäftsleitung
Dr.-Ing. Serafin von Roon
Dr.-Ing. Christoph Pellinger
Dr.-Ing. Anna Gruber
Dr.-Ing. Andrej Guminski

Zusammenfassung

Die Transformation von Industrie und Mobilität sowie der Hochlauf von Rechenzentren, Wasserstoffwirtschaft und Speichern erhöhen den Bedarf an Netzanschlüssen deutlich. Bestehende Netzanschlussverfahren stoßen dadurch zunehmend an ihre Grenzen, während der notwendige Netzausbau aufgrund langer Planungs- und Umsetzungszeiten nicht überall mit der Dynamik neuer Anschlussbegehren Schritt halten kann. Im Querschnittsformat der Netzbetreiber wurden zentrale Herausforderungen sowie mögliche Lösungsansätze für einen effizienteren Netzanschluss und eine bessere Nutzung bestehender Netzkapazitäten diskutiert. Die Ergebnisse zeigen, dass neben der Beschleunigung des Netzausbaus insbesondere Transparenz, Flexibilität und ein frühzeitiger Dialog zwischen den Akteuren an Bedeutung gewinnen.

Zentrale Erkenntnisse des Querschnittsformats

1

Netzanschluss wird zunehmend zum Engpass der Transformation
Steigende Anschlussanfragen, lange Netzausbauzeiträume und unterschiedliche Planungshorizonte von Netzbetreibern und Anschlussnehmern führen zu wachsenden Herausforderungen im Netzanschlussprozess. Besonders relevant sind dabei die hohen Unsicherheiten bei zukünftigen Bedarfen sowie die zunehmende Konkurrenz verschiedener Technologien um knappe Netzanschlusskapazitäten.

2

Transparenz, Dialog und neue Anschlussverfahren können bestehende Prozesse verbessern
Die Diskussionen zeigen, dass viele Herausforderungen bereits vor einem konkreten Netzanschlussbegehren entstehen. Dialogformate, Netzanschlussberatung, Kapazitätstransparenz sowie kriterienbasierte Netzanschlussverfahren können dazu beitragen, eine erhöhte Planungssicherheit zu schaffen, die Qualität von Anschlussanfragen zu verbessern und verfügbare Netzkapazitäten gezielter einzusetzen.

3

Flexibilität gewinnt an Bedeutung
Flexible Netzanschlussvereinbarungen (FCAs) und Co-Location-Konzepte wurden von vielen Teilnehmenden als vielversprechende Ansätze genannt, um vorhandene Netzanschlüsse effizienter zu nutzen und zusätzliche Verbraucher, Erzeuger und Speicher schneller zu integrieren. Gleichzeitig bestehen insbesondere hinsichtlich regulatorischer Rahmenbedingungen, Standardisierung und wirtschaftlicher Ausgestaltung weiterhin offene Fragen.

4

Die Anforderungen unterscheiden sich zwischen den Branchen
Die betrachteten Branchen unterscheiden sich teilweise erheblich hinsichtlich ihrer Charakteristika und Rahmenbedingungen, wie z. B. Projektlaufzeiten, Anschlussleistungen, Flexibilitätspotenzialen oder der Standortgebundenheit. Während Batteriespeicher und Elektrolyseure besonders von FCAs und Co-Location profitieren können, stehen bei Industrie, Logistik und Rechenzentren häufig Planungssicherheit, Transparenz und die frühzeitige Abstimmung mit Netzbetreibern im Vordergrund. Daher existieren keine one-fits-all Lösungen für die verschiedenen branchenspezifischen Herausforderungen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 4

1 Einleitung 6

1.1 Aktuelle Dynamiken 6

1.1.1 Regulatorische Anpassungen 7

1.1.2 Netzanschlussbegehren 7

1.2 Motivation, Vorgehen und Zielsetzung 8

2 Netzanschluss 9

2.1 Aktuelle Herausforderungen 9

2.2 Lösungsbausteine 10

2.2.1 Dialogformate 11

2.2.2 Offenlegung verfügbarer Kapazitäten 12

2.2.3 Kriterienbasierte Netzanschlussverfahren 13

2.2.4 Vorranggebiete 14

2.2.5 Stufenweise Kapazitätsfreigabe 15

3 Netzintegration 17

3.1 Aktuelle Herausforderungen 17

3.2 Lösungsbausteine 18

3.2.1 Flexible Netzanschlussvereinbarungen 18

3.2.2 Co-Location 20

4 Branchen im Vergleich 22

4.1 Die betrachteten Branchen 22

4.1.1 Rechenzentren 22

4.1.2 Elektrifizierte Logistik 24

4.1.3 Elektrolyseure 25

4.1.4 Elektrifizierung in der Industrie 26

4.1.5 Batteriespeicher 28

4.2 Die Branchen im Vergleich 28

4.2.1 Projektcharakteristika der einzelnen Branchen 29

4.2.2 Netzrelevante Eigenschaften der betrachteten Branchen 30

5 Zusammenfassung und offene Gestaltungsfragen 32

6 Literaturverzeichnis 34

1 Einleitung

Die Transformation des Energiesystems bringt eine Vielzahl neuer Herausforderungen mit sich, die einzelne Akteure zunehmend nicht mehr isoliert lösen können. Der Ausbau erneuerbarer Energien, die Elektrifizierung von Industrie, (Schwerlast-)Verkehr und Wärmeversorgung sowie die Integration neuer Technologien führen zu komplexen Wechselwirkungen zwischen technischen, regulatorischen und wirtschaftlichen Fragestellungen. Gleichzeitig verändern sich die Rahmenbedingungen sehr dynamisch. In diesem Umfeld gewinnen der frühzeitige Austausch zwischen relevanten Akteuren sowie ein gemeinsames Verständnis von Herausforderungen, Zielkonflikten und Lösungsoptionen zunehmend an Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund etabliert die Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) Kooperationsforen, in denen Vertreter:innen verschiedener Wirtschaftszweige gemeinsam aktuelle Fragestellungen diskutieren. Ziel dieser Formate ist es, Erfahrungen und Perspektiven unterschiedlicher Akteure zusammenzuführen, strukturelle Herausforderungen frühzeitig zu identifizieren, Verständnis für die Situation anderer Akteursgruppen zu schaffen und praxisnahe Lösungsansätze zu entwickeln. Abbildung 1 zeigt die 5 Branchenforen mit dem Querschnittsformat zu Netzanschluss und Netzintegration.

Eine zentrale Rolle kommt dabei den Netzbetreibern zu. Sie bilden die Schnittstelle zwischen einer wachsenden Zahl neuer Erzeugungs-, Verbrauchs- und Speicheranlagen und sind maßgeblich dafür verantwortlich, die Transformation des Energiesystems technisch zu ermöglichen. Der Netzanschluss entwickelt sich dabei zunehmend zu einem Nadelöhr: Die wachsende Zahl an Anschlussanfragen, begrenzte Netzkapazitäten und lange Realisierungszeiträume von Netzausbaumaßnahmen machen es erforderlich, Anschlussprozesse weiterzuentwickeln und vorhandene Kapazitäten effizienter zu nutzen. Netzbetreiber stehen damit vor der Aufgabe, immer mehr Anschlussbegehren zu bewerten, den Netzausbau voranzutreiben und gleichzeitig Versorgungssicherheit, Diskriminierungsfreiheit und die Einhaltung regulatorischer Vorgaben zu gewährleisten.

Entscheidungen im Bereich Netzanschluss und Netzintegration beeinflussen damit zunehmend die Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit von Transformationsvorhaben anderer Akteure. Intelligente Lösungen für Netzanschluss und Netzintegration, etwa durch mehr Transparenz, flexible Anschlusskonzepte, abgestimmte Verfahren und frühzeitigen Dialog, werden damit zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor für die praktische Umsetzung der Energiewende und den Erhalt des Wirtschaftsstandorts Deutschland.

1.1 Aktuelle Dynamiken

Die Diskussionen im Querschnittsformat zeigen, dass Netzbetreiber aktuell von mehreren Entwicklungen gleichzeitig beeinflusst werden. Neben einem starken

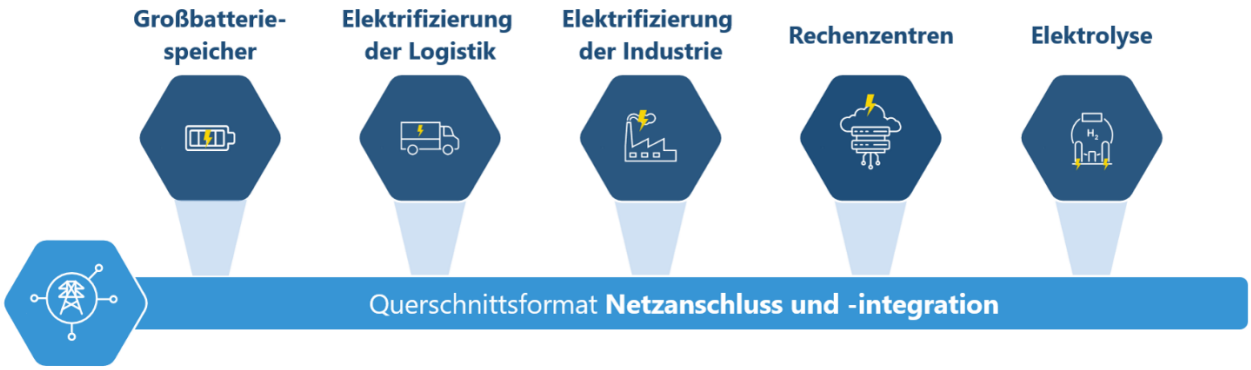


Abbildung 1 Kooperationsforen der FfE: 5 Branchenforen und Querschnittsformat zu Netzanschluss und Netzintegration

Anstieg der Anschlussanfragen erhöhen insbesondere regulatorische Anforderungen und politische Zielsetzungen den Handlungsdruck. Gleichzeitig stehen den ambitionierten Ausbauzielen lange Planungs-, Genehmigungs- und Umsetzungszeiträume für Netzausbaumaßnahmen gegenüber. Netzbetreiber müssen dabei innerhalb eines zunehmend komplexen Umfelds agieren und gleichzeitig regulatorische Vorgaben sowie den Grundsatz der Diskriminierungsfreiheit einhalten, während sie gleichzeitig durch Rekordinvestitionen den eigenen Netzausbau vorantreiben (vgl. Abbildung 2). Vor diesem Hintergrund gewinnen sowohl die effizientere Nutzung vorhandener Netzkapazitäten als auch die Weiterentwicklung bestehender Netzanschlussverfahren zunehmend an Bedeutung.



Abbildung 2: Jährliche Ausgaben für das Stromnetz im Übertragungs- und Verteilnetz [1]

1.1.1 Regulatorische Anpassungen

Auf europäischer und nationaler Ebene wird derzeit intensiv an Maßnahmen gearbeitet, die den Netzanschluss neuer Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen beschleunigen und transparenter gestalten sollen. Auf nationaler Ebene steht insbesondere das Netzpaket im Fokus [2]. Dieses räumt Netzbetreibern zusätzliche Handlungsoptionen zur Priorisierung von Anschlussanfragen ein und schafft die Möglichkeit, Anschlusskapazitäten gezielter zu vergeben (§ 17a bis § 17c EnWG). Gleichzeitig kann vertraglich vorgehaltene Leistung für den Anschlussnehmer bei unvollständiger Nutzung auf die tatsächlich gemessene Spitzenlast der letzten drei Jahre gekürzt werden (§ 17 Abs. 1a EnWG). Das Netzpaket enthält gleichermaßen auch neue Pflichten für Netzbetreiber. So muss eine erhöhte Transparenz über verfügbare Netzkapazitäten geschaffen werden (§ 17c Abs. 1 EnWG) und tagesunverbindliche Netzanschlussauskünfte ab 135 kW digital zu erfragen sein. Es fordert weiterhin die Errichtung digitaler Netzanschlussportale (§ 17e EnWG) und einheitliche Reservierungsprozesse für Netzanschlusskapazität unter angemessener Berücksichtigung der Belange der Netzanschlussbegehrenden (§ 17f EnWG).

Auch auf europäischer Ebene nimmt die regulatorische Dynamik zu. Das European Grids Package sowie begleitende Leitlinien der Europäischen Kommission adressieren unter anderem die Beschleunigung von Genehmigungs- und Netzanschlussverfahren, die effizientere Nutzung bestehender Infrastruktur, mehr Transparenz über Netzkapazitäten und eine stärkere Berücksichtigung zukünftiger Anschlussbedarfe in der Netzplanung. Die Kommission verweist darauf, dass Anschlusswarteschlangen in zahlreichen Mitgliedstaaten bestehen und unter anderem durch fehlende Transparenz über verfügbare Netzkapazitäten, unzureichende Standortanreize und Verfahren ohne ausreichende Berücksichtigung der Projektreife gefördert werden. Darüber hinaus betont die europäische Ebene die Bedeutung vorausschauender Netzinvestitionen. Die Leitlinien zu sogenannten „anticipatory investments" stellen heraus, dass die Netzplanung stärker auf zukünftige Bedarfe aus Elektrifizierung, erneuerbaren Energien und neuen Verbrauchern ausgerichtet werden soll. Damit wird auch regulatorisch anerkannt, dass Netzbetreiber nicht ausschließlich auf bereits vorliegende Anschlussbegehren reagieren können, sondern frühzeitig robuste Szenarien, langfristige Bedarfsentwicklungen und geeignete Anreizmechanismen benötigen [3].

Für die im Querschnittsformat diskutierten Themen bedeutet dies, dass viele Lösungsansätze bereits regulatorisch aufgegriffen werden, ihre konkrete Umsetzung jedoch weiterhin offen ist. Kapazitätstransparenz, digitale Prozesse, Reservierungsverfahren, kriterielle Vergabe, flexible Netzanschlüsse und vorausschauender Netzausbau werden künftig stärker miteinander verzahnt werden müssen. Gleichzeitig zeigen die Diskussionen im Forum, dass regulatorische Vorgaben ausreichend praktikabel ausgestaltet sein müssen, um unterschiedliche Netzsituationen, Technologien und Projektlogiken angemessen berücksichtigen zu können.

1.1.2 Netzanschlussbegehren

Parallel zu den regulatorischen Entwicklungen beobachten Netzbetreiber eine hohe Dynamik bei Netzanschlussanfragen. Besonders deutlich wird dies bei Batteriespeichern und Rechenzentren, deren Anfragen in vielen Netzgebieten die derzeit verfügbaren Netzkapazitäten deutlich übersteigen. Gleichzeitig befinden sich weitere Verbraucher wie Elektrolyseure,

Industrieelektrifizierung oder Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge in unterschiedlichen Phasen des Markthochlaufs und werden perspektivisch zusätzliche Anschlussbedarfe mit sich bringen. Wie viele Gigawatt an Netzanschlussbegehren tatsächlich angefragt wurden, kann aufgrund von Datenverfügbarkeit im Verteilnetz nicht belastbar eingeordnet werden. Im Übertragungsnetz zeigt sich aus dem ersten Zyklus des Reifegradverfahrens eine deutliche Überzeichnung. Deutschlandweit gingen 347 Anträge ein, die eine kumulierte Bezugsleistung von über 156 GW umfassen (vgl. Abbildung 3).

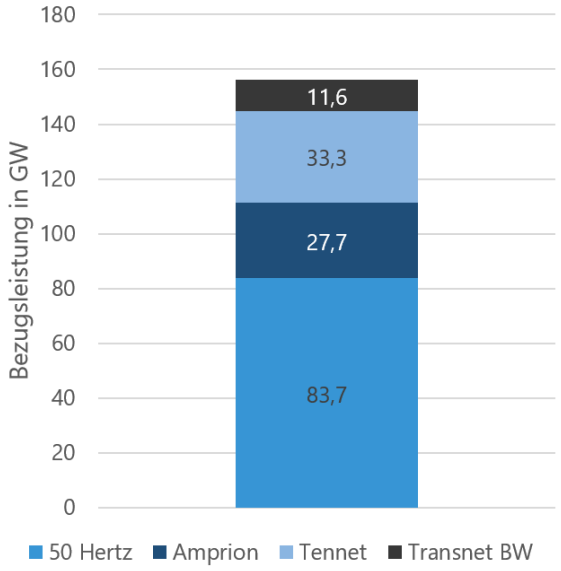


Abbildung 3: Netzanschlussanfragen im ersten Zyklus des Reifegradverfahrens im Übertragungsnetz [4]

Für Netzbetreiber besteht die Herausforderung, Anschlussanfragen häufig zu einem sehr frühen Projektzeitpunkt bewerten zu müssen. Die tatsächliche Realisierungswahrscheinlichkeit vieler Vorhaben ist dabei oftmals noch unklar. Gleichzeitig unterscheiden sich die Zeitplanung von Projektentwicklern häufig erheblich von den erforderlichen Zeiträumen für Planung, Genehmigung und Umsetzung netzseitiger Maßnahmen. Hinzu kommt, dass nicht nur neue Stromverbraucher, sondern auch Erzeugungsanlagen weiterhin einen hohen Netzanschlussbedarf mit sich bringen. Der Ausbau erneuerbarer Energien und Speicher führt dazu, dass sowohl auf der Bezugs- als auch auf der Einspeiseseite zusätzliche Netzkapazitäten benötigt werden. Die daraus resultierenden Nutzungskonflikte stehen zunehmend im Mittelpunkt der Diskussionen um zukünftige Netzanschlussverfahren.

1.2 Motivation, Vorgehen und Zielsetzung

Das Querschnittsformat ist Teil der Kooperationsforen der FfE. Ziel des Forums ist es, Erfahrungen und Perspektiven verschiedener Technologien und Akteursgruppen zusammenzuführen sowie gemeinsame Herausforderungen im Bereich Netzanschluss und Netzintegration forenübergreifend zu identifizieren und zu analysieren. Dabei bildet das Querschnittsformat eine Schnittstelle zwischen Netzbetreibern, Projektentwicklern sowie Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen und Anwendungsbereichen.

Die Grundlage dieses Berichts bilden die im Projektverlauf erarbeiteten und diskutierten Inhalte. Zur Erarbeitung wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- **Auftaktworkshops**: Zunächst wurden branchenbezogene Workshops durchgeführt. Gemeinsam mit den beteiligten Unternehmen und Netzbetreibern wurden die jeweiligen Herausforderungen im Kontext von Netzanschluss und Netzintegration identifiziert und aus den unterschiedlichen Perspektiven der Branchen konkretisiert.

- **Hintergrundgespräche** mit Netzbetreibern: Ergänzend fanden zahlreiche Gespräche mit Verteil- und Übertragungsnetzbetreibern statt. Ziel war es, netzbetreiberseitige Herausforderungen, Erfahrungen aus der Praxis sowie Einschätzungen zu möglichen Lösungsansätzen vertieft zu erfassen.

- **Lösungsworkshops**: Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurden mögliche Lösungsbausteine entwickelt und in zwei forenübergreifenden Workshops mit Vertreter:innen der beteiligten Partner diskutiert, bewertet und weiterentwickelt.

Der vorliegende Bericht fasst die wesentlichen Erkenntnisse zusammen und strukturiert diese entlang der beiden Themenfelder Netzanschluss und Netzintegration. Im Mittelpunkt stehen die in den Workshops und Hintergrundgesprächen identifizierten Herausforderungen sowie die gemeinsam erarbeiteten Lösungsbausteine, die einen Beitrag zur Beschleunigung von Netzanschlussprozessen und zur effizienteren Nutzung vorhandener Netzkapazitäten leisten können.

2 Netzanschluss

Der Netzanschluss entwickelt sich zunehmend zu einem zentralen Engpass für Transformationen im Rahmen der Energiewende. Der steigende Bedarf an Anschlussleistung durch Elektrifizierung, Digitalisierung und neue Energieinfrastrukturen trifft auf Verteil- und Übertragungsnetze, deren Ausbau langfristige Planungs- und Genehmigungsprozesse erfordert. In den Diskussionen des Querschnittsformats wurde deutlich, dass die Herausforderungen nicht allein in fehlenden Netzkapazitäten liegen. Vielmehr besteht ein komplexes Zusammenspiel technischer, regulatorischer und prozessualer Faktoren, die durch eine Vielzahl von Akteuren berücksichtigt werden müssen.

2.1 Aktuelle Herausforderungen

Unterschiedliche Planungs- und Umsetzungshorizonte
Eine zentrale Herausforderung besteht in den unterschiedlichen Zeithorizonten von Netzbetreibern und Anschlussnehmern. Während Netzbetreiber ihre Netzentwicklung typischerweise über Zeiträume von fünf bis zehn Jahren planen und umfangreiche Genehmigungs- und Ausbauprozesse durchlaufen müssen, orientieren sich Investitionsentscheidungen von Projektentwicklungen, Industrieunternehmen, Logistikstandorten oder Rechenzentren häufig an deutlich kürzeren Vorlaufzeiten. In den Workshops wurde hervorgehoben, dass die Dauer für notwendige Netzausbaumaßnahmen oftmals nicht mit den Projektlaufzeiten der Anschlussnehmer vereinbar ist. Dies erschwert Investitionen und erhöht die Unsicherheit auf beiden Seiten.

Begrenzte Transparenz und Planungsunsicherheit
Sowohl Netzbetreiber als auch Anschlussnehmer berichteten von Unsicherheiten hinsichtlich zukünftig verfügbarer Netzkapazitäten. Anschlussnehmer benötigen frühzeitig belastbare Informationen zu möglichen Anschlussleistungen, zeitlichen Perspektiven und Kosten. Gleichzeitig fällt es Netzbetreibern schwer, zukünftige Leistungsbedarfe zuverlässig abzuschätzen. Die Diskussionen in den Workshops zeigten, dass zwar konkrete Anschlussbegehren mit einer bestimmten Leistung gestellt werden, die dahinterliegenden zukünftigen Bedarfsentwicklungen und Realisierungswahrscheinlichkeiten jedoch häufig unsicher bleiben. Dadurch entsteht Unsicherheit für die Netzplanung. Gleichzeitig müssen Anschlussnehmer Standort- und Investitionsentscheidungen häufig bereits vor oder parallel zur formalen Netzanschlussanfrage treffen. Da Netzbetreiber belastbare Aussagen zu verfügbaren Kapazitäten, Anschlusskosten und Realisierungszeiträumen in der Regel erst nach einer konkreten Prüfung treffen können, agieren auch Anschlussnehmer unter erheblichen Unsicherheiten. Die fehlende Transparenz kann zu unerwünschten Effekten im Netzanschlussprozess führen. So wurden insbesondere bei Großbatteriespeichern vermehrt Netzanschlussanfragen an mehreren potenziellen Netzverknüpfungspunkten oder bei unterschiedlichen Netzbetreibern gestellt, um die Wahrscheinlichkeit einer Anschlusszusage zu erhöhen. Gleichzeitig berichteten Netzbetreiber, dass Anschlussnehmer ihren zukünftigen Leistungsbedarf zu frühen Projektzeitpunkten häufig nur grob abschätzen können. Um spätere Erweiterungen zu berücksichtigen oder Handlungsspielräume offenzuhalten, werden daher oftmals höhere Anschlussleistungen angefragt als kurzfristig tatsächlich benötigt werden. Dies erschwert die Bewertung des tatsächlichen Kapazitätsbedarfs.

Hoher Abstimmungsaufwand und fehlendes Prozessverständnis
Wiederkehrend wurde von Netzbetreibern ein hoher Kommunikations- und Beratungsaufwand im Rahmen der Anschlussverfahren beschrieben. Häufig werden Netzbetreiber erst spät in Projekte eingebunden oder müssen in mehreren Iterationsschleifen energiewirtschaftliche Zusammenhänge erläutern. Gleichzeitig wurde von Unternehmensseite die Komplexität der Netzanschlussverfahren sowie die Vielzahl beteiligter Akteure als Herausforderung benannt. Auch die unterschiedlichen Anforderungen an Anschlussbegehren, abhängig vom Netzbetreiber, stellen insbesondere für Projektierer eine große Herausforderung dar. Die Diskussionen verdeutlichen, dass auf beiden Seiten teilweise ein begrenztes Verständnis für die jeweiligen Rahmenbedingungen und Zwänge besteht. Dies führt zu zusätzlichen Abstimmungen sowie unrealistischen Erwartungen hinsichtlich Kosten, Zeitbedarf und Anschlussmöglichkeiten.

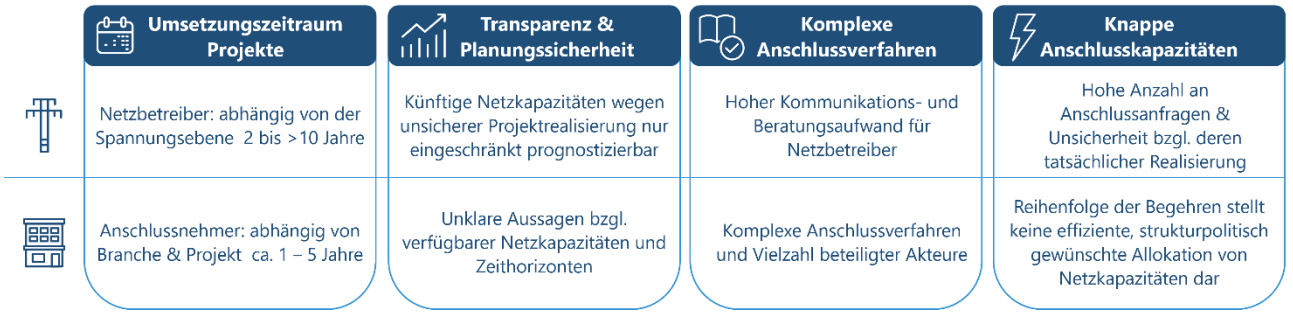


Abbildung 4: Herausforderungen für Netzbetreiber und Petenten im Kontext des Netzanschlusses

Konkurrenz um knappe Anschlusskapazitäten
In vielen Netzgebieten konkurrieren zunehmend unterschiedliche Technologien und Geschäftsmodelle um begrenzte Netzanschlusskapazitäten. Während in den vergangenen Jahren insbesondere Anschlussanfragen für Großbatteriespeicher und Rechenzentren stark zugenommen haben, stehen weitere Elektrifizierungsbedarfe – etwa aus Industrie, Logistik oder der Wasserstoffwirtschaft – vielfach noch am Anfang ihres Hochlaufs. Die Netzbetreiber berichteten in den Workshops von einer wachsenden Anzahl an Anschlussanfragen sowie von Unsicherheiten hinsichtlich deren tatsächlicher Realisierungswahrscheinlichkeit.

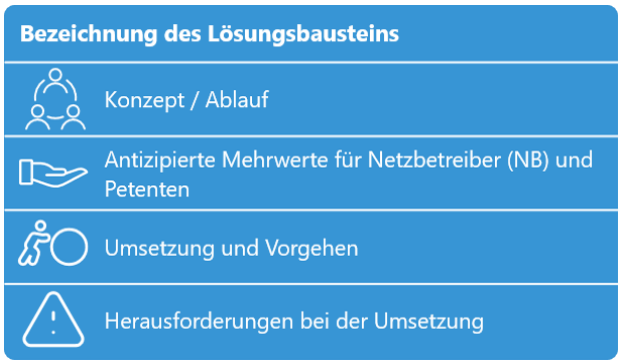
Vor diesem Hintergrund stößt das bislang zumeist angewendete Windhundprinzip zunehmend an seine Grenzen. Die Reihenfolge des Antragseingangs allein gewährleistet nicht zwangsläufig eine volkswirtschaftlich effiziente oder strukturpolitisch gewünschte Allokation knapper Netzkapazitäten. Gleichzeitig wächst die Sorge, dass Anschlusskapazitäten langfristig durch Projekte gebunden werden könnten, deren Realisierung noch unsicher ist, während andere Vorhaben mit hoher regionalwirtschaftlicher Bedeutung und Realisierungswahrscheinlichkeit zu einem späteren Zeitpunkt nur eingeschränkt berücksichtigt werden können.

In den Diskussionen wurde daher mehrfach die Frage aufgeworfen, inwieweit auf Verteilnetzebene das Windhundprinzip durch ein kriterienbasiertes Verfahren abgelöst werden sollte, welches neben dem Reifegrad der Projekte weitere Kriterien berücksichtigt. Diskutiert wurden unter anderem Beiträge zur regionalen Wertschöpfung, die langfristige Standortgebundenheit von Unternehmen sowie Aspekte der Daseinsvorsorge. Aus Sicht einzelner Teilnehmenden besteht die Herausforderung darin, bereits heute ausreichend Handlungsspielräume für künftige Elektrifizierungsbedarfe von Industrie, Logistik und anderen für den Wirtschaftsstandort Deutschland relevanten Verbrauchssektoren zu erhalten, ohne dabei die Diskriminierungsfreiheit beim Netzzugang zu gefährden.

Effiziente Nutzung vorhandener Netzkapazitäten
Ein weiterer Diskussionsschwerpunkt war die teilweise geringe Auslastung bestehender Netzanschlüsse. Die verfügbare Anschlusskapazität wird vielfach für selten auftretende Lastspitzen reserviert, obwohl sie über weite Teile des Jahres nicht vollständig genutzt wird. Dadurch entsteht ein Spannungsfeld zwischen dem Anspruch auf gesicherte Anschlussleistungen einerseits und der effizienten Nutzung knapper Netzressourcen andererseits (vgl. Kapitel 3).

2.2 Lösungsbausteine

Die Diskussionen im Querschnittsformat zeigen, dass eine alleinige Beschleunigung des Netzausbaus die Herausforderungen nur teilweise adressiert. Zudem stehen schlicht nicht die erforderlichen Personal- und Materialressourcen zur Verfügung, um über Ausbaumaßnahmen alle vorliegenden Anschlussanfragen kurzfristig zu bedienen. Vielmehr ist ein Paket an verschiedenen Maßnahmen erforderlich, das sowohl die Transparenz erhöht als auch die Nutzung vorhandener Kapazitäten verbessert und die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten stärkt. Im Folgenden werden die erarbeiteten Lösungsbausteine im Bereich Netzanschluss vorgestellt. Für jeden Baustein wurde ein zusammenfassender Steckbrief erarbeitet, dessen Format sich wie untenstehend wiederholt.



2.2.1 Dialogformate

Probleme entstehen häufig im Vorfeld eines konkreten Anschlussbegehrens durch geringe Transparenz, Planungsunsicherheit und begrenztes gegenseitiges Prozessverständnis. Vor diesem Hintergrund wurden verschiedene Dialogformate als möglicher Lösungsbaustein diskutiert.

Regionaler Netzdialog

Ein Ansatz wäre die Etablierung eines regionalen Netzdialogs. Ziel ist ein kontinuierlicher Austausch zwischen Netzbetreibern, Unternehmen und weiteren relevanten Akteuren eines Netzgebiets bereits weit vor der konkreten Beantragung eines Netzanschlusses. Denkbar wären Intervalle zwischen quartalsweisem und jährlichem Austausch. Als besondere Notwendigkeit wurde im Rahmen einer Diskussion von Anschlussnehmern die inhaltliche Behandlung folgender Maßnahmen genannt: FCAs und deren Notwendigkeit (14-mal) sowie Netzausbauaktivitäten und Zeithorizonte für Ausbaumaßnahmen (9-mal). Netzbetreiber interessiert zudem ein möglicher Hochlaufplan von Projekten der Petenten (6-mal) und die Möglichkeit mehr Transparenz im eigenen Netzgebiet schaffen zu können (4-mal). Im Rahmen dieses Formats könnten sich Beteiligte vorstellen, Projektdaten für zukünftige Netzanschlussanfragen an den Netzbetreiber zu übermitteln. Netzbetreiber können diese Daten zum Abgleich mit Netzausbauplänen (§ 14d EnWG) nutzen und so potenzielle Engpässe noch früher erkennen.

Durch die frühzeitige Diskussion geplanter Transformations- und Investitionsvorhaben sollen zukünftige Anschlussbedarfe transparenter werden und besser in die Netzplanung einfließen können. Gleichzeitig kann das gegenseitige Verständnis für technische, regulatorische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Ausbaumaßnahmen gestärkt werden. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor wurde in einer neutralen, fachlich fundierten Moderation gesehen. Diese kann Informationen aggregieren, Planungsannahmen einordnen und einen vertraulichen Austausch ermöglichen, ohne sensible Unternehmensdaten offenzulegen.

Der regionale Netzdialog ist ein pragmatischer Lösungsansatz, da seine Umsetzung keine grundlegenden regulatorischen Anpassungen erfordert. Er könnte innerhalb eines Netzgebiets für mehr Kundennähe sorgen und als Instrument insbesondere in die Breite kommunizieren. Die in den Kooperationsforen vertretenen Unternehmen und Netzbetreiber schätzen den regionalen Netzdialog als Instrument zur Verbesserung der Netzanschlusssituation sehr unterschiedlich ein (vgl. Abbildung 5). Bei den Beteiligten aus der Batteriespeicher-Branche ist eine Tendenz zur Verbesserung durch das Instrument zu erkennen. Bei den anderen Branchen fällt das Stimmungsbild gemischt aus. Akteure aus der Logistikbranche sehen im regionalen Netzdialog vermehrt eine positive Wirkung, wohingegen Industriebetriebe diesem eher skeptisch gegenüberstehen. Die beteiligten Netzbetreiber zeigen ein differenziertes Bild.

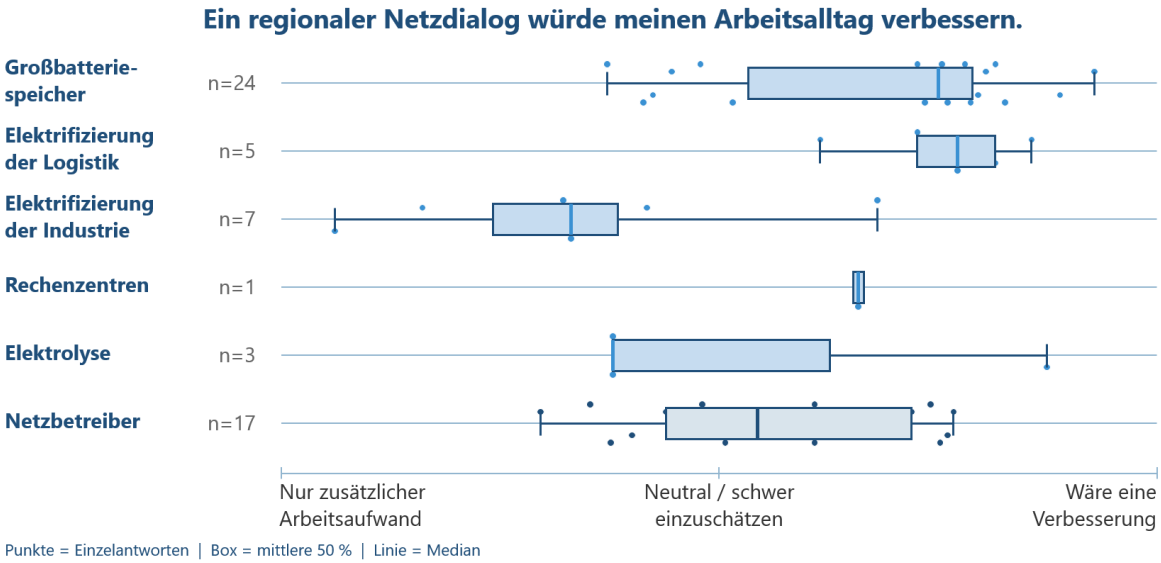


Abbildung 5 Stimmungsbild aus dem Lösungsworkshop bzgl. des Mehrwerts eines regionalen Netzdialog

Regionaler Netzdialog

regelmäßiger Austausch zwischen Netzbetreiber und Petenten zu Transformations- und Investitionsvorhaben

NB: Verbesserung der Prognosegüte, frühzeitigere Berücksichtigung künftiger Bedarfe
Petenten: Besseres Verständnis netzseitiger Rahmenbedingungen, höhere Planungssicherheit, Erfahrungsaustausch mit anderen Akteuren

neutrale Moderation und geeigneter Rahmen für vertraulichen Austausch

Sensibilität von Unternehmensdaten und Investitionsplänen, Nutzen abhängig von Offenheit und Qualität der eingebrachten Informationen, notwendige Verbindlichkeit kann nur eingeleitet aber nicht geschaffen werden

Netzanschlussberatung

Ergänzend wurde die Einführung einer Netzanschlussberatung diskutiert. Diese soll insbesondere Unternehmen mit wenig energiewirtschaftlicher Erfahrung dabei unterstützen, den Netzanschlussprozess besser zu verstehen und realistische Anschlussanfragen zu stellen. Im Rahmen der Hintergrundgespräche wurde mehrfach erwähnt, dass Netzbetreiber heute häufig eine informelle Beratungsfunktion übernehmen, da auf Seiten der Anschlusssuchenden Unsicherheiten zu Netzanschlussverfahren, Zeiträumen, Kosten oder möglichen Alternativen wie flexiblen Netzanschlussvereinbarungen bestehen.

Eine unabhängige Netzanschlussberatung könnte als Schnittstelle zwischen Netzbetreiber und Anschlusssuchenden fungieren und bei der Abschätzung von Leistungsbedarfen, der Zusammenstellung erforderlicher Unterlagen sowie der Bewertung möglicher Anschlussoptionen unterstützen. Dadurch könnten die Qualität von Netzanschlussanfragen verbessert, Kommunikationsaufwände reduziert und die Bearbeitungsprozesse beschleunigt werden. Gleichzeitig würde ein besseres Verständnis der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf Seiten der Anschlusssuchenden geschaffen.

Als mögliche organisatorische Ausgestaltung wurde eine unabhängige Beratungsstelle diskutiert, beispielsweise angesiedelt bei Landesenergieagenturen oder vergleichbaren öffentlichen Einrichtungen. Gleichzeitig wurde darauf hingewiesen, dass regionale und netzbetreiberspezifische Besonderheiten ausreichend berücksichtigt werden müssen. Eine wesentliche Herausforderung besteht zudem darin, die Neutralität der Beratung sicherzustellen und gleichzeitig einen ausreichenden Praxisbezug zu den tatsächlichen Netzanschlussverfahren der jeweiligen Netzbetreiber zu gewährleisten.

Insgesamt wurde die Netzanschlussberatung als niederschwelliger Ansatz bewertet, der ohne grundlegende regulatorische Änderungen umgesetzt werden könnte und sowohl für Anschlussnehmer als auch für Netzbetreiber einen unmittelbaren Mehrwert bieten kann. Besonders für neue Akteure im Energiesystem, die bislang nur wenige Berührungspunkte mit der Strom- und Netzwirtschaft hatten, könnte sie einen wichtigen Beitrag zur Professionalisierung und Beschleunigung von Netzanschlussprozessen leisten.

Netzanschlussberatung

Neutrale Beratung vor Einreichung eines Anschlussbegehrens zu Prozessen, Anforderungen und Realisierungsmöglichkeiten

NB: Vollständigere, realistischere Anschlussanfragen; weniger Nachforderungen
Petenten: höhere Qualität der Antragsunterlagen, schnellere Bearbeitung und realistischere Erwartungen bzgl. Leistung, Kosten und Zeitplan

Unabhängige Stelle, z.B. Landesenergieagenturen, enge Anbindung an regionale Netzbetreiber

Berücksichtigung Netzbetreiber- und regionalspezifischer Rahmenbedingungen, Sicherstellung von Neutralität und einheitlicher Beratungsqualität, Nutzung bei freiwilliger Ausgestaltung nicht gewährleistet, zusätzlicher Aufwand für Aufbau und Betrieb der Beratung

2.2.2 Offenlegung verfügbarer Kapazitäten

Die Offenlegung verfügbarer Netzanschlusskapazitäten wurde von vielen Teilnehmenden der Branchenforen als wichtiger Hebel zur Verbesserung der Situation angesehen. Kapazitätskarten oder digitale Prüfwerkzeuge könnten Anschlussanfragen gezielter in Regionen mit verfügbaren Kapazitäten lenken und unnötige Netzanschlussanfragen reduzieren. Zudem können transparente Informationen die Standortwahl unterstützen und die Planungssicherheit erhöhen. Diskutiert wurde insbesondere die Darstellung von Bezugs- und Einspeisekapazitäten, möglichen flexiblen Anschlussoptionen sowie geplanten Netzausbaumaßnahmen.

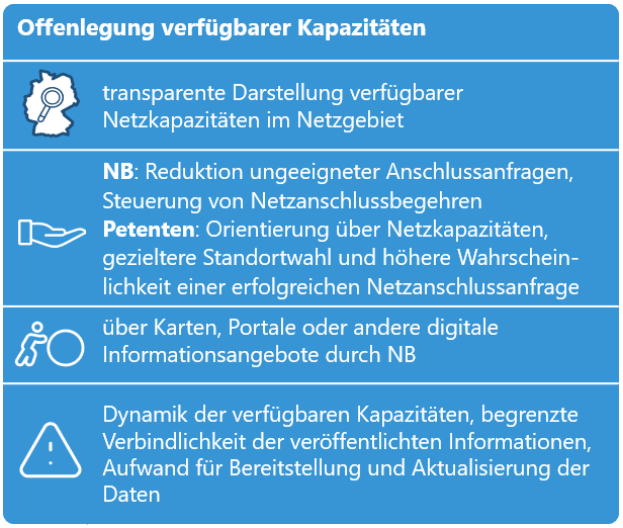
Gleichzeitig zeigte die Diskussion, dass mit der Offenlegung von Netzkapazitäten erhebliche Herausforderungen verbunden sind. Netzbetreiber wiesen darauf hin, dass veröffentlichte Kapazitäten aufgrund zwischenzeitlicher Anschlussanfragen oder veränderter Netzsituationen schnell veralten können. Die tatsächliche Anschlussmöglichkeit hängt weiterhin von einer individuellen Netzverträglichkeitsprüfung ab, weshalb veröffentlichte Werte stets nur eine indikative Orientierung bieten können. Damit entsteht ein Spannungsfeld zwischen dem Wunsch nach möglichst

verbindlichen Informationen und den Grenzen einer dynamischen Netzsituation.

Weiterhin wurde diskutiert, dass Transparenz nicht zwangsläufig zu einer Entlastung des Netzanschlussprozesses führen muss. Werden in einzelnen Gebieten freie Anschlusskapazitäten ausgewiesen, können dort gezielt zusätzliche Anschlussanfragen entstehen. Insbesondere überregional agierende Projektentwickler könnten verfügbare Netzanschlusskapazitäten systematisch identifizieren und anfragen. Kapazitätstransparenz entfaltet daher vor allem dann einen Mehrwert, wenn sie in geeignete Anschluss- und Vergabeverfahren eingebettet wird. Andernfalls besteht die Gefahr, dass veröffentlichte Kapazitäten nicht zu einer Entlastung des Verfahrens führen, sondern neue Konzentrationen von Anschlussanfragen auslösen.

Ein möglicher Ansatz besteht darin, die Veröffentlichung verfügbarer Kapazitäten mit zyklischen Netzanschlussverfahren zu verknüpfen. Dabei könnten neue Anträge ab definierten Leistungsschwellen, etwa in der Mittelspannung, nur zu festgelegten Stichtagen bzw. in wenigen Runden pro Jahr eingereicht werden. Die vorab veröffentlichten Kapazitätsinformationen würden damit nicht nur als Orientierungshilfe dienen, sondern zugleich Ausgangspunkt eines strukturierten Vergabeprozesses sein.

Bei der konkreten Ausgestaltung müssen zudem regionale Netzsituationen berücksichtigt werden. Netzgebiete unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Einspeise- und Bezugsprägung, vorhandener Reserven und zukünftiger Elektrifizierungsbedarfe. Daher wird Kapazitätstransparenz nicht in allen Netzgebieten denselben Nutzen entfalten und muss mit ausreichendem Gestaltungsspielraum für netzgebietsspezifische Anforderungen verbunden werden.



2.2.3 Kriterienbasierte Netzanschlussverfahren

Mit zunehmender Auslastung der Stromnetze und einer steigenden Anzahl von Anschlussanfragen wurde die Weiterentwicklung bestehender Vergabeverfahren intensiv diskutiert. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie knappe Netzanschlusskapazitäten möglichst effizient und nachvollziehbar vergeben werden können. Kriterienbasierte Verfahren setzen genau an dieser Stelle an, indem Anschlussanfragen nicht ausschließlich nach dem Zeitpunkt ihres Eingangs bearbeitet werden, sondern anhand vorab definierter Kriterien qualifiziert, bewertet und priorisiert werden.

Reifegradbasierte Verfahren stellen eine konkrete Form eines solchen kriterienbasierten Netzanschlussverfahrens dar. Sie sollen dazu beitragen, Projekte mit einer hohen Umsetzungswahrscheinlichkeit zu identifizieren und spekulative oder wenig fortgeschrittene Anfragen zurückzustellen. Im Übertragungsnetz ist dieses Verfahren seit April 2026 in Anwendung, wobei die Vergabe der Kapazitäten frühestens Ende 2026 abgeschlossen sein wird. Die Übertragungsnetzbetreiber bewerten dabei den Reifegrad über vorab festgelegte Kriterien. Zunächst müssen bestimmte Mindestanforderungen erfüllt werden. Darüber hinaus können Projekte zusätzliche Punkte erhalten, wenn sie weitere Kriterien erfüllen. Auf dieser Grundlage entsteht je Umspannwerk eine Rangfolge der Netzanschlussanfragen, nach der verfügbare Anschlusskapazitäten vergeben werden können.

Bei der Diskussion einer möglichen Übertragbarkeit auf das Verteilnetz wurde deutlich, dass die Anforderungen dort teilweise anders gelagert sind als im Übertragungsnetz. Für die Ausgestaltung entsprechender Verfahren lassen sich grundsätzlich verschiedene Arten von Anforderungen und Kriterien unterscheiden:

- Formale Mindestanforderungen: beispielsweise ein vollständiger Netzanschlussantrag, eine Leistungsbilanz und ein Lageplan
- Reifegradkriterien: z.B. Sicherung der benötigten Flächen, belastbarer Projektzeitplan, Genehmigungsstand oder wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Anschlussnehmenden
- Kapazitätsbezogene Kriterien: beispielsweise geplanter Leistungshochlauf, mindestens benötigte Anschlussleistung oder Bereitschaft, zunächst nur eine Teilleistung in Anspruch zu nehmen

Neben diesen projekt- und kapazitätsbezogenen Kriterien wurden weitere mögliche Bewertungsmaßstäbe diskutiert. Hierzu zählen beispielsweise Aspekte der Daseinsvorsorge oder die Standortgebundenheit bestimmter Verbraucher. Auch das Netzpaket greift die

Möglichkeit einer Priorisierung von Anschlussbegehren grundsätzlich auf. Jedoch sind darin noch keine konkreten, quantifizierbaren Kriterien oder Gewichtungen abschließend festgelegt. Gleichzeitig wurde mehrfach betont, dass die Auswahl und Gewichtung solcher Kriterien letztlich eine politische und regulatorische Entscheidung darstellt und im Sinne der Diskriminierungsfreiheit nicht allein von den Netzbetreibern getroffen werden kann.

Die genannten Unterlagen, Nachweise und Kriterien müssen jedoch nicht zwangsläufig vollständig in eine Rangfolge oder Bepunktung einfließen. Formale Mindestanforderungen und Reifegradkriterien können zunächst als vorgelagerte Qualifikationsstufe dienen, durch die wenig fortgeschrittene oder unvollständige Anschlussbegehren aus dem weiteren Verfahren herausfallen. Übersteigt der Kapazitätsbedarf der verbleibenden qualifizierten Projekte weiterhin die verfügbaren Kapazitäten, sind unterschiedliche Vergabemodelle denkbar. Neben einer priorisierenden Rangfolge könnte die verfügbare Kapazität beispielsweise anteilig auf mehrere Projekte verteilt oder zunächst nur als Teilleistung bereitgestellt werden. Damit sind auch Mischmodelle aus Qualifikation, Priorisierung und Repartierung möglich.

Weiterhin wurde mit den beteiligten Netzbetreibern die Rolle kriterienbasierter Verfahren im Zusammenspiel mit einer stärkeren Transparenz über verfügbare Netzkapazitäten diskutiert. Mehrere Netzbetreiber berichteten, dass veröffentlichte Kapazitäten allein nicht ausreichen, wenn an einem Netzverknüpfungspunkt mehr Anfragen eingehen als Kapazitäten verfügbar sind. In solchen Fällen kann eine gewichtete Bepunktung als konkrete Ausgestaltung eines kriterienbasierten Verfahrens genutzt werden, um eine nachvollziehbare Rangfolge der Anschlussbegehren zu bilden. Alternativ können die Kriterien zunächst ausschließlich der Qualifikation der Anfragen dienen und mit anderen Vergabelogiken kombiniert werden.

Gleichzeitig bestehen erhebliche Herausforderungen bei der praktischen Ausgestaltung. Die Kriterien müssen diskriminierungsfrei, transparent und rechtssicher ausgestaltet sein und darüber hinaus ausreichend Flexibilität bieten, um unterschiedliche Netzsituationen und regionale Besonderheiten berücksichtigen zu können. Die Diskussionen zeigten, dass kriterienbasierte Verfahren zwar als vielversprechender Ansatz zur Weiterentwicklung des Netzanschlussprozesses betrachtet werden, ihre konkrete Ausgestaltung jedoch weiterhin Gegenstand regulatorischer und politischer Diskussionen ist. Erste Verteilnetzbetreiber stellen im Verlauf des Betrachtungszeitraums ihre Vergabeverfahren auf kriterienbasierte Ansätze um [5] [6]. Im Rahmen dieser Verfahren werden neben Reifegradkriterien weitere Aspekte berücksichtigt, darunter die Bereitschaft zur Bereitstellung von Flexibilität, die Umsetzung von Co-Location-Konzepten sowie die Standortgebundenheit eines Vorhabens.

Kriterien-basierte Netzanschlussverfahren
Bewertung und Priorisierung von Netzanschlussanfragen anhand definierter Kriterien
NB: Priorisierung realisierungssicherer Projekte, effizientere Nutzung knapper Anschlusskapazitäten **Petenten**: Höhere Planungssicherheit durch transparente Vergabekriterien
regulatorische Vorgaben, netzbetreiberseitiger Anwendung und Umsetzung
einheitliche Kriterien mit Gestaltungsspielraum für divers geprägte Netzgebiete, Bewahrung der Diskriminierungsfreiheit, komplette Umstellung Netzbetreiber-interner Prozesse und Teamstrukturen

2.2.4 Vorranggebiete

Als weiterer Lösungsansatz wurde die Ausweisung von Vorrang- beziehungsweise Entwicklungsgebieten diskutiert. Darunter werden Gebiete verstanden, in denen bestimmte Verbraucher oder Nutzungen bevorzugt angebunden werden, weil dort aus Netzsicht bereits geeignete Kapazitäten vorhanden sind oder perspektivisch gezielt geschaffen werden können. Ziel ist es, große Anschlussbedarfe räumlich besser mit vorhandenen oder geplanten Netzkapazitäten, Flächenentwicklungen und weiteren Infrastrukturen zu koordinieren.

Vorranggebiete können insbesondere dort relevant werden, wo die Summe der Anschlussanfragen die verfügbaren Netzkapazitäten deutlich übersteigt. In solchen Fällen könnte eine räumliche Steuerung dazu beitragen, Anschlussbegehren nicht ausschließlich nach dem bestehenden Standortwunsch zu behandeln, sondern stärker in Richtung netzseitig geeigneter Standorte zu lenken. Als mögliche Anwendungsfälle wurden im Querschnittsformat unter anderem Industriecluster, Rechenzentren, größere Speicherprojekte und Elektrolyseure genannt.

Durch die Bündelung von Infrastruktur, Flächenentwicklung und Netzplanung könnten Investitionen zielgerichteter erfolgen und Anschlussprozesse beschleunigt werden. Aus Sicht der Netzbetreiber besteht der potenzielle Mehrwert vor allem darin, Anschlussanfragen auf Standorte zu konzentrieren, an denen Netzanschlüsse technisch, räumlich und zeitlich besser realisierbar erscheinen. Anschlussnehmer könnten im

Gegenzug von höherer Planungssicherheit profitieren, sofern verfügbare Netzkapazitäten, Flächen und Genehmigungsperspektiven frühzeitig zusammen gedacht werden.

Weiterhin steht das Konzept in engem Zusammenhang mit einem kriterienbasierten Netzanschlussverfahren. Vorranggebiete allein beantworten noch nicht die Frage, welche Projekte innerhalb eines solchen Gebiets tatsächlich Anschlusskapazitäten erhalten, wenn die Nachfrage weiterhin größer ist als das verfügbare Angebot. Daher müssten Gebietsausweisungen mit nachvollziehbaren Vergabe- oder Priorisierungskriterien verknüpft werden. Kriterien wie Projektreife, Realisierungswahrscheinlichkeit, netz- und systemdienliche Eigenschaften oder Beiträge zur regionalen Transformation könnten hierbei eine Rolle spielen. Auch das Verhältnis zu bestehenden Anschlussansprüchen und zum Anschlussvorrang erneuerbarer Energien stellt eine offene Gestaltungsfrage dar. Vorranggebiete dürfen nicht dazu führen, dass bestehende gesetzliche Anschlussrechte oder Diskriminierungsfreiheit unterlaufen werden. Vielmehr wäre zu klären, ob sie als planerisches Orientierungsinstrument, als Grundlage für priorisierte Kapazitätsvergabe oder als Bestandteil eines umfassenderen Netzanschlussverfahrens verstanden werden sollen.

Die Umsetzung von Vorranggebieten bedarf einer engen Abstimmung zwischen Netzbetreibern, Landkreisen, Kommunen, Ländern, Regionalplanung, Wirtschaftsförderung und weiteren Planungsträgern. Neben der elektrischen Netzinfrastruktur müssten dabei auch Flächenverfügbarkeit, Genehmigungsfähigkeit, Wasser- und Verkehrsinfrastruktur, Akzeptanz vor Ort sowie mögliche Wechselwirkungen mit bestehenden Gewerbe- und Industriegebieten berücksichtigt werden. Offen bleibt insbesondere, nach welchen Kriterien Gebiete ausgewählt werden sollten, wer die Ausweisung verantwortet und wie verbindlich eine solche Ausweisung für Netzbetreiber und Anschlussnehmer wäre.

Die Diskussionen ergaben außerdem, dass Vorranggebiete kein kurzfristig umsetzbares Instrument darstellen. Aufgrund der notwendigen planerischen Abstimmung, möglicher Akzeptanzfragen und der Verknüpfung mit Netzausbau- und Infrastrukturplanung sind sie eher als mittel- bis langfristiger Lösungsbaustein einzuordnen. Gleichzeitig können sie perspektivisch dazu beitragen, Netzanschluss, Standortentwicklung und regionale Transformationsplanung stärker miteinander zu verzahnen.

Vorranggebiete
Identifikation, Entwicklung und Ausweisung von Gebieten, in denen bestimmte Technologien oder Nutzungen bevorzugt an das Stromnetz angeschlossen werden sollen
NB: Gezielte Lenkung von Anschlussanfragen in netzseitig geeignete Gebiete, Entlastung bereits stark nachgefragter Netzbereiche **Petenten**: Höhere Planungssicherheit hinsichtlich verfügbarer Netzkapazitäten, vereinfachte Standortsuche und Projektentwicklung
Zusammenarbeit zwischen Netzbetreibern, Landes- und Regionalplanung, Wirtschaftsförderung und weiteren Behörden; Verknüpfung mit Flächen- und Infrastrukturplanung
komplexe, zeitintensive Umsetzung, fragliche Akzeptanz bei Gemeinden und Bevölkerung, Gefahr einer Fehlsteuerung bei veränderter Technologie- oder Marktentwicklung

2.2.5 Stufenweise Kapazitätsfreigabe

Die stufenweise Freigabe von Netzanschlusskapazitäten wurde als Ansatz diskutiert, um knappe Netzanschlusskapazitäten zu schonen und Netzanschlüsse früher zu ermöglichen. Hierbei wird die beantragte Anschlussleistung nicht unmittelbar vollständig zugesichert, sondern entsprechend eines vereinbarten Hochlaufpfades schrittweise bereitgestellt. Die Freigabe zusätzlicher Kapazität erfolgt anhand vorab definierter Projektfortschritte oder wird an den Netzausbau gekoppelt.

Die Teilnehmenden sahen darin Potenziale, den Elektrifizierungshochlauf besser mit dem Netzausbau zu synchronisieren und gleichzeitig die Blockade großer Kapazitäten durch Projekte zu vermeiden. Netzbetreiber erhalten mehr Zeit für die Umsetzung notwendiger Ausbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen, während Unternehmen ihre Transformationsprojekte nicht vollständig bis zur Fertigstellung aller Netzausbaumaßnahmen aufschieben müssen. Gleichzeitig kann der tatsächliche Bedarfsverlauf regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Netzbetreiber berichteten hierzu von Ansätzen, bei denen Hochlaufpfade regelmäßig mit Anschlussnehmern abgestimmt und an die tatsächliche Entwicklung angepasst werden. Die Diskussion zeigt, dass eine erfolgreiche Umsetzung ein hohes Maß an Transparenz und Verbindlichkeit auf beiden Seiten erfordert. Anschlussnehmer müssen ihren erwarteten Kapazitätshochlauf frühzeitig und möglichst realistisch kommunizieren, während Netzbetreiber belastbare Aussagen über die Verfügbarkeit späterer Ausbaustufen treffen müssen. Offene Fragen bestehen insbesondere hinsichtlich der vertraglichen Absicherung zukünftiger Kapazitäten, des Umgangs mit Projektverzögerungen sowie der Frage, wie verfahren werden soll, wenn angekündigte

Leistungssteigerungen nicht eintreten oder zusätzliche Bedarfe entstehen. Insgesamt wurde die stufenweise Kapazitätsfreigabe von vielen Teilnehmenden als pragmatischer Ansatz bewertet, um die zeitliche Lücke zwischen Transformationsvorhaben und den deutlich längeren Vorlaufzeiten des Netzausbaus zu überbrücken. Besonders relevant erscheint der Ansatz für Branchen mit modularem Projektaufbau oder mehrstufigen Investitionsentscheidungen, bei denen die finale Anschlussleistung nicht unmittelbar zu Projektbeginn benötigt wird.

Stufenweise Kapazitätsfreigabe
Schrittweise Bereitstellung der Anschlusskapazität entsprechend des tatsächlichen Projektfortschritts oder Netzausbaus anstelle einer direkten Zuteilung der gesamten Zielkapazität
NB: effizientere Nutzung verfügbarer Netzkapazitäten, geringere Kapazitätsbindung durch langfristige Ausbaupläne, Berücksichtigung der tatsächlichen Projektreife **Petenten**: Projektstart trotz knapper Netzkapazitäten, höhere Planungssicherheit für Hochlaufpfade, ggf. schnellere Realisierung erster Ausbaustufen
Abbildung geplanter Ausbaustufen im Netzanschlussprozess, vertragliche/prozessuale Verknüpfung mit Meilensteinen und Netzausbau
Verlässliche Angaben zum Leistungs- und Projekthochlauf, Umgang mit Reservierung und Absicherung späterer Ausbaustufen, Zusätzlicher Kommunikationsaufwand

3 Netzintegration

Die Diskussionen im Querschnittsformat zeigen, dass die Bewältigung der aktuellen Netzanschlusssituation zunehmend über den reinen Ausbau zusätzlicher Netzkapazitäten hinausgeht. Vielmehr gewinnt die Frage an Bedeutung, wie vorhandene Netzanschlüsse effizienter genutzt werden können. Vorteile sind ein schnellerer Netzanschluss und reduzierte Netzausbaukosten. Flexible Netzanschlussvereinbarungen und Co-Location-Konzepte wurden dabei als besonders vielversprechende Ansätze identifiziert, um Flexibilität zu erschließen und durch eine verbesserte Auslastung von Betriebsmitteln die Integration neuer Anlagen zu beschleunigen. Gleichzeitig besteht weiterer Bedarf an Standardisierung, praktischen Erfahrungen und regulatorischer Klarstellung.

3.1 Aktuelle Herausforderungen

Geringe Auslastung vorhandener Netzanschlusskapazitäten

Netzanschlüsse wurden bislang in der Regel auf Basis von Spitzenlasten oder maximalen Einspeiseleistungen dimensioniert. In der Praxis werden diese Leistungen jedoch häufig nur für kurze Zeiträume benötigt (vgl. Abbildung 6). Für die Netzplanung wird

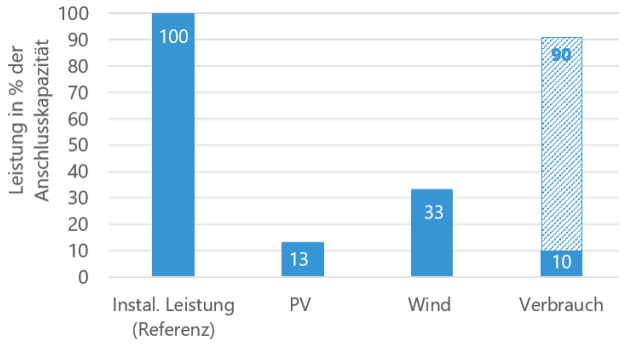


Abbildung 6 Installierte Anschlussleistung und tatsächliche Nutzung, abhängig von Erzeugung und Verbrauch [7]

häufig ein konservativer Ansatz gewählt, bei dem unterstellt wird, dass alle angeschlossenen Anlagen ihre maximale Leistung zeitgleich abrufen. Dieses „Worst-Case-Szenario" führt regelmäßig zu einer höheren angesetzten Netzauslastung als in der Praxis tatsächlich zu beobachten ist. Die reale Auslastung hängt maßgeblich von der jeweiligen Anwendung und den betrieblichen Rahmenbedingungen ab und weist sowohl zwischen als auch innerhalb einzelner Branchen eine hohe Heterogenität auf. Während öffentliche Lkw-Ladeinfrastruktur bei Auslastungsgraden von lediglich rund 10 % startet, können diese in der energieintensiven Industrie bis zu 90 % betragen [8]. Die Auslastung von Netzanschlüssen für Rechenzentren, Batteriespeicher und Elektrolyseure liegt typischerweise zwischen diesen Extremwerten. Aufgrund der hohen Anwendungsvielfalt und der begrenzten Datenverfügbarkeit sind jedoch keine allgemeingültigen Aussagen zur tatsächlichen Auslastung dieser Verbrauchergruppen möglich. Dadurch entstehen Situationen, in denen Anschlusskapazitäten vorgehalten werden, obwohl sie über weite Teile des Jahres nicht vollständig genutzt werden. Im Querschnittsformat wurde daher diskutiert, wie die Auslastung bestehender Netzanschlüsse verbessert werden kann, ohne die Versorgungssicherheit oder die Planbarkeit für Anschlussnehmer zu beeinträchtigen.

Zunehmende Komplexität der Anschlussanfragen

Neben klassischen Einzelanschlüssen gewinnen zunehmend Konzepte an Bedeutung, bei denen verschiedene Anlagen miteinander kombiniert werden. Beispiele sind die Kombination von Erzeugungsanlagen und Speichern, die gemeinsame Nutzung von Netzanschlüssen durch mehrere Anlagen oder die Verknüpfung von Verbrauchern mit lokaler Erzeugung. Diese sogenannten Co-Location-Konzepte eröffnen neue Möglichkeiten zur effizienteren Nutzung vorhandener Netzkapazitäten und können den Bedarf an zusätzlicher Anschlussinfrastruktur durch Überbauung des Netzanschlusses reduzieren. Gleichzeitig steigen jedoch die Anforderungen an Planung, Bewertung und Betrieb. Insbesondere die Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen mehreren Anlagen sowie die Ausgestaltung gemeinsamer Netzanschluss- und Betriebsmodelle stellen neue Herausforderungen für Netzbetreiber und Anschlussnehmer dar. Dies gestaltet sich als besonders komplex, wenn die Anlagen von unterschiedlichen Betreibern und somit Vertragsparteien betrieben werden.

Unsicherheit bei neuen Integrationskonzepten

Sowohl Netzbetreiber als auch Anschlussnehmer verfügen bislang nur über begrenzte Erfahrungen mit neuen Instrumenten der Netzintegration. Dies betrifft

insbesondere FCA- sowie Co-Location-Konzepte mit mehreren Akteuren oder Anlagentypen. In den Diskussionen wurde deutlich, dass viele technische, wirtschaftliche und regulatorische Fragestellungen bislang nicht abschließend geklärt und Erfahrungswerte zur Klärung von Detailfragen notwendig sind. Dazu zählen unter anderem die Ausgestaltung von Einschränkungen bei flexiblen Netzanschlüssen, die Einbindung in Netzbetriebs- und Redispatch-Prozesse, Haftungsfragen sowie Mess- und Abrechnungskonzepte. Gleichzeitig besteht noch Unsicherheit darüber, in welchem Umfang sich solche Konzepte standardisieren lassen und ob sie künftig als Einzelfalllösungen oder als regulärer Bestandteil des Netzanschlussprozesses etabliert werden. Darüber hinaus bestehen auf Seiten vieler Anschlussnehmer weiterhin Unsicherheiten hinsichtlich der Auswirkungen entsprechender Vereinbarungen auf Wirtschaftlichkeit, Finanzierbarkeit und Betriebsführung ihrer Anlagen. Kapitalgeber fordern in der Regel stabile und planbare Cashflows. Deshalb sind Einschränkungen in der Betriebsführung oder gar kurative Maßnahmen besonders schwer gegenüber Kapitalgebern zu rechtfertigen, da sie die Bewertung von Unsicherheiten in der finanziellen Bewertung überproportional verkompliziert.
Anschlussnehmer erhalten in der Regel nur bedingte oder gar keine Auskunft über die tatsächliche Auslastung in der Netzregion, was die Berechnung tatsächlicher Einschränkungen und die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit erschwert.

3.2 Lösungsbausteine

Vor dem Hintergrund zunehmend erschöpfter Netzanschlusskapazitäten wurden im Querschnittsformat verschiedene Ansätze diskutiert, um vorhandene Netzanschlüsse effizienter zu nutzen und zusätzliche Flexibilität für die Integration neuer Anlagen zu erschließen. Im Fokus standen dabei flexible Netzanschlussvereinbarungen sowie Co-Location-Konzepte.

3.2.1 Flexible Netzanschlussvereinbarungen

Grundsätzlich besteht nach § 8 EEG für Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien sowie nach § 17 EnWG für Letztverbraucher und andere Anschlussnehmer ein Anspruch auf Netzanschluss. Gleichzeitig stoßen Netzbetreiber in ihren Netzgebieten zunehmend auf Situationen, in denen die angefragte Anschlussleistung kurzfristig nicht vollständig bereitgestellt werden kann. Vor diesem Hintergrund gewinnen Flexible Netzanschlussvereinbarungen (Flexible Connection Agreements, FCAs) als ergänzendes Instrument zur Netzintegration an Bedeutung. Auf europäischer Ebene wurde das Konzept im Rahmen der Richtlinie (EU) 2024/1711 zur Weiterentwicklung des Strommarktdesigns aufgegriffen [9].

FCAs ermöglichen einen Netzanschluss, obwohl die angefragte Leistung am gewünschten Netzverknüpfungspunkt nicht jederzeit uneingeschränkt zur Verfügung steht. Nach der klassischen Netzberechnung könnte ein Angebot über Netzanschlusskapazitäten erst nach dem Abschluss von Netzverstärkungs- oder Netzausbaumaßnahmen zugesichert werden. Da dies mehrere Jahre in Anspruch nehmen kann, werden zwischen Netzbetreiber und Anschlussnehmer vertragliche Begrenzungen vereinbart, um trotz eingeschränkter Verfügbarkeit von Leistung einen Netzanschluss zu ermöglichen. Diese Begrenzungen können sich beispielsweise auf die Höhe, Dauer, Häufigkeit oder zeitliche Lage von Einschränkungen beziehen und statisch, statisch-zeitvariabel oder dynamisch in ihrer Ausgestaltung sein.

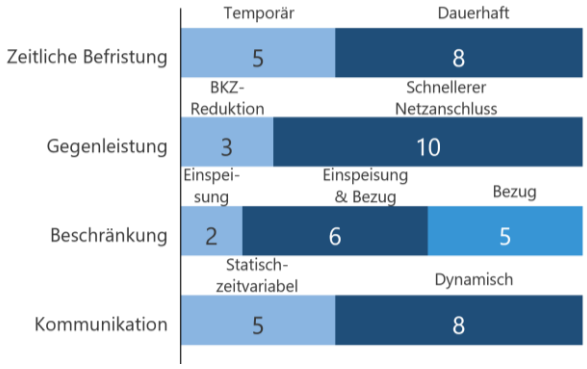


Abbildung 7: Einordnung von 13 aktuellen FCA-Konzepten für Speicher

Von statischen Anfängen zum volldynamischen Zielbild
Im Rahmen der Diskussionen wurde deutlich, dass viele Netzbetreiber zunächst statisch-zeitvariable FCAs entwickeln oder entwickelt haben. Hierbei werden Einschränkungen anhand vorab definierter Leistungsgrenzen, Zeitfenster oder Hüllkurven festgelegt. Da hierfür kein Kommunikationskanal zwischen Netzbetreiber und Anlage erforderlich ist, gelten solche Ansätze als vergleichsweise leicht umsetzbar und skalierbar. Sie eignen sich insbesondere als Einstieg, wenn wiederkehrende Netzengpässe gut prognostizierbar sind, etwa in stark einspeisegeprägten Netzgebieten mit regelmäßig auftretenden PV-Mittagsspitzen.

Parallel dazu entwickeln zahlreiche Netzbetreiber dynamische FCAs. Bei diesen werden netzseitig notwendige Einschränkungen mit einem zeitlichen Vorlauf, häufig mehrere Stunden bis zwei Tage im Voraus, über einen Kommunikationskanal an die

angeschlossenen Anlagen übermittelt. Der Vermarkter oder Anlagenbetreiber ist für die Einhaltung der vorgegebenen Restriktionen verantwortlich. Dadurch können Einschränkungen stärker an der tatsächlichen Netzsituation ausgerichtet werden. Gegenüber statisch-zeitvariablen Modellen eröffnet dies Anschlussnehmern größere Spielräume in der Betriebsführung und reduziert die Summe der Einschränkungen. Die maximale Beschränkungshäufigkeit wird dabei häufig über ein jährliches Stundenkontingent begrenzt.

Langfristig sehen viele Netzbetreiber volldynamische FCAs als mögliches Zielbild. Dabei würden Einschränkungen auf Basis der aktuellen oder prognostizierten Netzsituation sehr kurzfristig kommuniziert. Dadurch könnte ein Maximum an verfügbarer Netzkapazität genutzt werden. Voraussetzung hierfür sind jedoch geeignete Prognose-, Kommunikations- und Steuerungssysteme sowie eine stärkere Digitalisierung der Netzleit- und Betriebsprozesse.

Flexible Netzanschlussvereinbarungen über Erzeuger und Speicher hinausgedacht

Die Diskussionen zeigten zudem, dass die Bedeutung von FCAs weiter zunehmen dürfte. Während erste praktische Umsetzungen vor allem bei Batteriespeichern und Biogasanlagen erfolgen, werden Anwendungsmöglichkeiten zunehmend auch für Elektrolyseure, Industrieanlagen, Rechenzentren, Ladeinfrastruktur sowie erneuerbare Erzeugungsanlagen ausgearbeitet, pilotiert oder umgesetzt. Diese Anwendungsfälle unterscheiden sich jedoch deutlich hinsichtlich Flexibilitätspotenzial, Anforderungen an Versorgungssicherheit und wirtschaftlicher Tragfähigkeit möglicher Einschränkungen.

Netzbetreiber sehen in FCAs eine Möglichkeit, bestehende Netzkapazitäten effizienter auszulasten und zusätzliche Anlagen bereits vor dem Abschluss umfangreicher Netzausbaumaßnahmen integrieren zu können. Als wesentliche Vorteile wurden eine bessere Nutzung vorhandener Infrastruktur, die schnellere Realisierung von Projekten sowie die gezielte Adressierung lokaler Netzengpässe genannt. Damit können FCAs insbesondere dort einen Mehrwert bieten, wo ein vollständig uneingeschränkter Netzanschluss erst nach längeren Netzausbaumaßnahmen möglich wäre.

Gleichzeitig wurde betont, dass FCAs für Anschlussnehmer wirtschaftlich kalkulierbar und langfristig planbar ausgestaltet werden müssen. Für kapitalintensive Projekte sind zuverlässige und langfristig prognostizierbare Cashflows eine wesentliche Voraussetzung für Finanzierungszusagen. Einschränkungen, deren Umfang oder wirtschaftliche Wirkung nur schwer abschätzbar ist, können die Finanzierung erschweren. Die Ausgestaltung von FCAs muss daher einen Ausgleich zwischen netzseitiger Flexibilität und investitionsseitiger Planbarkeit schaffen.

Offene Ausgestaltungsfragen

Aufgrund der hohen Dynamik bei der Entwicklung und Erprobung von FCAs bestehen weiterhin technische, wirtschaftliche und regulatorische Klärungsbedarfe. Besonders relevant ist die Frage, wie dynamische FCAs in bestehende Netzbetriebs- und Steuerungsprozesse integriert werden können. Mit zunehmender Anzahl von FCA-Anlagen stellt sich zudem die Frage, wie Einschränkungen koordiniert, kommuniziert und überwacht werden sollen. Offen ist beispielsweise, wie notwendige Leistungsreduktionen auf mehrere betroffene Anlagen verteilt werden und welche Rolle zusätzliche entschädigungsfreie Eingriffsmöglichkeiten als letztes Mittel zur Gewährleistung der Netzsicherheit einnehmen sollen.

Auch die wirtschaftliche Ausgestaltung bleibt ein zentraler Punkt. FCAs ermöglichen zwar einen früheren Netzanschluss, gleichzeitig müssen Einschränkungen für Anschlussnehmer kalkulierbar, vertraglich nachvollziehbar und finanzierbar bleiben. Hierzu gehören Fragen der Risikoverteilung zwischen Netzbetreiber und Anschlussnehmern, möglicher Entschädigungsmechanismen, Vertragslaufzeiten und die Verbindlichkeit zugesagter Einschränkungsgrenzen.

Regulatorisch wird insbesondere diskutiert, wie viel Standardisierung erforderlich und wie viel netzgebietsspezifischer Gestaltungsspielraum notwendig ist. Einerseits können Mindeststandards Transparenz, Vergleichbarkeit und Akzeptanz erhöhen, andererseits betonten Netzbetreiber, dass sich Netzsituationen, IT-Landschaften und betriebliche Möglichkeiten stark unterscheiden. Zu starre Vorgaben könnten daher bestehende Entwicklungen ausbremsen oder innovative Umsetzungsansätze erschweren.

Eine zentrale offene Frage betrifft schließlich die langfristige Rolle von FCAs im Verhältnis zum Netzausbau. Im Forum wurde unterschiedlich bewertet, ob FCAs vor allem als Übergangslösung bis zur Umsetzung notwendiger Netzausbaumaßnahmen dienen oder künftig dauerhaft Teil der Netzanschlusslogik werden sollten. Konsens bestand jedoch darin, dass das Netz nicht auf jede theoretisch mögliche Last- oder Einspeisespitze ausgelegt werden kann und ein Ausbau „bis zur letzten Kilowattstunde" volkswirtschaftlich nicht sinnvoll wäre. Daraus folgt, dass Netzausbau und Flexibilität künftig stärker zusammengedacht werden müssen. Flexibilität kann den Netzausbau ergänzen und vorhandene Kapazitäten effizienter nutzbar machen, ihn jedoch nicht ersetzen.

Flexible Netzanschlussvereinbarungen (FCAs)
Vertragliche Vereinbarung zwischen Netzbetreiber und Anschlussnehmendem, bei der die Nutzung der Anschlusskapazität zeitweise begrenzt werden kann; Einschränkungen können statisch, statisch-zeitvariabel oder dynamisch sein
NB: effizientere Nutzung vorhandener Netzkapazitäten, Integration zusätzlicher Anlagen **Petenten**: frühzeitiger Netzanschluss trotz begrenzter Kapazitäten und damit schnellere Projektumsetzung
Vertragliche Ausgestaltung zwischen Netzbetreiber und Anschlussnehmendem inkl. Definition zulässiger Einschränkungen, Kommunikationswege und technischer Umsetzung
Kalkulierbare und bankfähige Ausgestaltung, Integration in Netzbetriebs- und Redispatch-Prozesse, Skalierung einer größeren Anzahl von FCA-Anlagen, Standardisierung von Verträgen und Prozessen, technische Anforderungen an Steuerung und Leittechnik

3.2.2 Co-Location

Als weiterer Lösungsbaustein wurde die gemeinsame Nutzung eines Netzanschlusses durch mehrere Anlagen untersucht. Unter Co-Location werden Konzepte verstanden, bei denen beispielsweise Erzeugungsanlagen, Speicher und Verbraucher einen gemeinsamen Netzverknüpfungspunkt nutzen. Ziel ist es, vorhandene Netzanschlusskapazitäten besser auszulasten und Gleichzeitigkeitseffekte zwischen verschiedenen Anlagen zu nutzen. Da Erzeugung, Verbrauch und Speicherbetrieb häufig nicht gleichzeitig ihre jeweilige Maximalleistung erreichen, können Betriebsmittel über einen gemeinsamen Netzanschluss effizienter genutzt werden, als es bei getrennten Einzelanschlüssen möglich wäre.

Überbauung durch Anlagen-Kombinationen

Insbesondere die Kombination von Wind- und Photovoltaikanlagen mit Batteriespeichern wurde von mehreren Teilnehmenden als vielversprechender Ansatz bewertet. Gerade PV-Parks werden aktuell zunehmend mit Grünstromspeichern nachgerüstet. Dabei wird die maximal mögliche Anlagenleistung in der Regel überbaut, es wird also mehr Erzeugungs- und Speicherleistung installiert, als der Netzverknüpfungspunkt dauerhaft aufnehmen kann. Durch die gemeinsame Nutzung bestehender Anschlussinfrastruktur können zusätzliche Speicher integriert und Anschlusskapazitäten effizienter genutzt werden. Gleichzeitig eröffnet die Kombination verschiedener Anlagen zusätzliche Freiheitsgrade für Betriebsführung und Vermarktung. Aus Systemsicht kann lokal verfügbare Flexibilität zudem dazu beitragen, erneuerbare Erzeugung besser in das Stromsystem zu integrieren, Abregelungen zu reduzieren und Netzengpässe zu entschärfen.

Beschleunigung von Co-Location Projekten

Co-Location-Projekte stehen bislang vor allem bei ausgewählten Anlagenkombinationen im Fokus. Insbesondere die Kombination von Erzeugungsanlagen und Batteriespeichern wird durch die Innovationsausschreibungen nach dem EEG gezielt gefördert und hat dadurch in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen [10]. Eine breitere Umsetzung von Co-Location-Konzepten wird jedoch weiterhin durch mehrere strukturelle Hemmnisse erschwert. So werden Daten zur Auslastung von Betriebsmitteln und vorgelagerten Netzebenen aus Gründen der öffentlichen Sicherheit und des Schutzes kritischer Infrastrukturen in der Regel nicht veröffentlicht. Dadurch fehlen potenziellen Anschlussnehmern wichtige Informationen zur Identifikation netzdienlicher Standorte und zur Bewertung geeigneter Co-Location-Potenziale.

Zusätzlich sind Auslastungsinformationen bei kundeneigenen Betriebsmitteln teilweise selbst für Netzbetreiber nur eingeschränkt verfügbar. Dadurch bestehen zwar potenziell relevante ungenutzte Netzanschlusskapazitäten, diese sind jedoch schwer zu identifizieren und zu quantifizieren.

Eine zusätzliche Herausforderung besteht darin, dass Projektentwickler neuer Anlagen im Rahmen des Netzanschlussprozesses geeignete Bestandsanlagen mit ungenutzten Anschlusskapazitäten finden müssten. Netzbetreiber sind im aktuellen rechtlichen Rahmen jedoch nicht dafür verantwortlich, bestehende Netzanschlüsse im Sinne potenzieller Co-Location-Partnerschaften zu optimieren oder aktiv zwischen möglichen Partnern zu vermitteln. Allerdings werden neuerdings auch Netzanschlussdauern, Umsetzungsquoten für Netzanschlüsse und Digitalisierungsindizes in die Anreizregulierung der Netzbetreiber aufgenommen, um die „Energiewendekompetenz" und den Grad der Digitalisierung durch monetäre Anreize voranzutreiben [11]. Die Hebung solcher Potenziale setzt daher den Willen und die Kooperation aller beteiligten Akteure voraus. Insbesondere muss ein ausreichender wirtschaftlicher Mehrwert für den Betreiber der Bestandsanlage gegeben sein.

Co-Location-Matching-Plattform als Ansatz

Um Co-Location-Potenziale systematischer zu erschließen, wurden im Querschnittsformat digitale Plattformlösungen diskutiert (vgl. Abbildung 8). Eine solche Matching-Plattform könnte dazu beitragen, potenzielle Kombinationen von Neu- und Bestandsanlagen sichtbar zu machen und die Anbahnung geeigneter Kooperationen zu erleichtern.

Im ersten Schritt würden sich interessierte Akteure auf der Plattform registrieren und grundlegende

Informationen hinterlegen. Dazu könnten standortbezogene Daten, benötigte oder verfügbare Anschlussleistung, Last- bzw. Einspeiseprofile, Flexibilitätspotenziale sowie technische oder betriebliche Restriktionen zählen. Auf dieser Grundlage könnte die Plattform potenzielle Synergien zwischen neuen Projekten und bestehenden Anlagen identifizieren und Vorschläge für mögliche Co-Location-Konstellationen ableiten.



Abbildung 8 Konzept einer Matching-Plattform für Co-Location-Assets: Anforderungen und vereinfachter Ablauf

Die eigentliche Prüfung und Umsetzung müsste jedoch weiterhin individuell zwischen den beteiligten Parteien erfolgen. Insbesondere die tatsächliche Netzverträglichkeit, die Auslastung am konkreten Netzanschlusspunkt, technische Anforderungen sowie wirtschaftliche und vertragliche Rahmenbedingungen müssten im Einzelfall bewertet werden. Zudem benötigen Bestandsanlagenbetreiber einen klaren wirtschaftlichen Anreiz, um ungenutzte Anschlusskapazitäten mit weiteren Akteuren zu teilen, da die Komplexität je nach Vorhaben deutlich steigt.

Aktuell erfolgt dieser Such- und Abstimmungsprozess überwiegend manuell. Vor allem Projektierer erneuerbarer Erzeugungsanlagen tauschen sich bilateral aus, um gemeinsame Anschlusskonzepte zu prüfen. Eine digitale Plattform könnte diesen Prozess beschleunigen. Mit dem von Bayernwerk Netz bereitgestellten Angebot[1] zur Vermittlung von Überbauungs- bzw. Co-Location-Potenzialen existiert bereits ein erster praktischer Ansatz, der Akteure mit verfügbaren Anschlusskapazitäten und potenzielle Mitnutzer zusammenführt. Dies verdeutlicht die grundsätzliche Umsetzbarkeit digitaler Matching-Lösungen, gleichzeitig bleibt die technische, wirtschaftliche und vertragliche Prüfung im Einzelfall weiterhin erforderlich.

Offene Fragen

Die Teilnehmenden sahen in Co-Location-Konzepten ein großes Potenzial vorhandene Netzanschlusskapazitäten effizienter zu nutzen. Gleichzeitig bleiben zentrale Fragen offen. Diese betreffen insbesondere die vertragliche Ausgestaltung, Mess- und Abrechnungskonzepte, die Rollenverteilung zwischen den beteiligten Akteuren sowie den Umgang mit Haftungs- und Betriebsführungsfragen.

Die Bedeutung von Co-Location zeigt sich auch im Reifegradverfahren im Übertragungsnetz. Dort werden Bonuspunkte für hybride Projektvorhaben vergeben, bei denen Anlagen an einem gemeinsamen Netzverknüpfungspunkt kombiniert werden. Nach ersten Erkenntnissen wurde diese Möglichkeit in relevanter Anzahl genutzt. Dies deutet darauf hin, dass Co-Location nicht nur aus netztechnischer Perspektive, sondern auch aus Sicht von Projektentwicklern zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Mit steigender Anzahl beteiligter Anlagen nimmt die Komplexität deutlich zu. Während die Kombination von Erzeugungsanlage und Speicher gut handhabbar erscheint, werden Konzepte mit mehreren Erzeugern, Verbrauchern, Speichern und unterschiedlichen Eigentums- oder Betreiberstrukturen deutlich anspruchsvoller. Für eine breitere Umsetzung sind daher neben digitalen Anwendungen auch klare regulatorische Rahmenbedingungen, standardisierte Vertragsmodelle und wirtschaftliche Anreize erforderlich.

Co-Location

Gemeinsame Nutzung eines Netzanschlusses durch mehrere Anlagen

NB: höhere /effizientere Auslastung bestehender Netzanschlüsse und -kapazitäten, Verringerung von Gleichzeitigkeitsspitzen
Petenten: Zugang zu Netzkapazitäten trotz begrenzter Anschlussmöglichkeiten, wirtschaftliche Potenziale durch die Kombination verschiedener Technologien

Kooperation zwischen mehreren Akteuren bzw. Technologien mit gemeinsamer technischer, vertraglicher und energiewirtschaftlicher Ausgestaltung des Netzanschlusses

Anbahnung geeigneter Kooperationen, Klärung von Verantwortlichkeiten zwischen den Beteiligten, Mess-, Steuerungs- und Abrechnungskonzepte, fehlende Standardisierung und begrenzte Praxiserfahrungen

[1] Optimierung von Netzanschlusspunkten - Bayernwerk Netz GmbH

4 Branchen im Vergleich

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Herausforderungen und Lösungsbausteine betreffen die betrachteten Branchen in unterschiedlichem Maße. Zwar stehen alle Akteure vor ähnlichen Fragestellungen rund um die Themen Netzanschluss, Netzintegration und insgesamt den Umgang mit begrenzten Netzkapazitäten. Jedoch unterscheiden sich ihre Anforderungen hinsichtlich Leistungsbedarf, Flexibilität, Planungshorizonten und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen teilweise erheblich.

So weisen beispielsweise Batteriespeicher und Elektrolyseure oftmals größere Flexibilitätspotenziale auf als industrielle Verbraucher oder Rechenzentren. Gleichzeitig unterscheiden sich die Bedeutung von Planungssicherheit, die Anforderungen an die Verfügbarkeit von Netzkapazitäten sowie die Möglichkeiten zur Nutzung gemeinsamer Netzanschlüsse. Auch erneuerbare Erzeugungsanlagen spielen eine wichtige Rolle, da sie einerseits zusätzlichen Netzanschlussbedarf erzeugen und andererseits zentrale Partner für Konzepte wie Co-Location oder flexible Integrationsansätze darstellen. Das nachfolgende Kapitel gibt zunächst einen Überblick über die betrachteten Branchen und ihre wesentlichen Eigenschaften im Kontext von Netzanschluss und Netzintegration. Anschließend erfolgt eine vergleichende Einordnung branchenbezogener Eigenschaften, um aufbauend die Relevanz der Lösungsbausteine einzuordnen.

4.1 Die betrachteten Branchen

Im Folgenden werden die betrachteten Branchen kurz im Kontext der aktuellen Entwicklungen umrissen. Weiterhin erfolgt jeweils ein Einblick in die im Rahmen der Kooperationsforen erfolgten Diskussionen bezüglich der Relevanz der beschriebenen Lösungsbausteine.

4.1.1 Rechenzentren

Der Hochlauf von Rechenzentren erfolgt derzeit mit hoher Dynamik. Anschlussanfragen konzentrieren sich insbesondere auf Regionen mit Nähe zu Internetknoten, niedrigen Latenzen und Kundennähe. Mehrere Netzbetreiber berichteten, dass initial angefragte Anschlussleistungen für Rechenzentren häufig deutlich über den tatsächlich verfügbaren und realisierbaren Leistungsbedarfen liegen und daher intensive Abstimmungen erforderlich sind. Da Rechenzentren oftmals hohe Anschlussleistungen in bereits bezugsdominierten Netzregionen, insbesondere in Ballungsräumen und Großstädten, anfragen, können sie lokal Kapazitätsengpässe verstärken.

Hochlauf der Rechenleistung kann über stufenweise Freigabe von Kapazität abgedeckt werden

Um unter diesen Bedingungen einen Hochlauf von Rechenzentren zu ermöglichen, wurde eine stufenweise Freigabe von Kapazität diskutiert. Dies eignet sich besonders für Rechenzentren, da auch die IT-Infrastruktur oftmals stufenweise ausgebaut wird und in Betrieb geht. Einzelne Netzbetreiber knüpfen dabei den Hochlauf der zur Verfügung gestellten Kapazität an Meilensteine. Werden diese nicht planmäßig erreicht, fallen Teile der angefragten Kapazität wieder an den Netzbetreiber zurück und werden anderweitig vergeben.

Notstrom oder Eigenerzeugung kann temporär netzseitige Einschränkungen kompensieren

Im Rahmen der Diskussionen wurden auch FCAs für Rechenzentren adressiert, jedoch sehen viele Netzbetreiber Rechenzentren derzeit nicht als die naheliegendsten Anwendungsfälle dafür. Ursache hierfür sind insbesondere die hohen Anforderungen an Versorgungssicherheit und Verfügbarkeit, die den Betrieb vieler Rechenzentren prägen. Dennoch wurden auch mögliche Anwendungsfälle identifiziert und FCAs mit Rechenzentren in der Praxis auch schon vertraglich vereinbart. So könnte die im Rechenzentrum häufig vorhandene Notstrom- bzw. Eigenerzeugung temporär eingesetzt werden, um im Falle netzseitiger Einschränkungen vereinbarte Leistungsreduzierungen zu kompensieren. Dabei würde ein zeitweiser Verzicht auf bestimmte Redundanzanforderungen (z. B. n-1- oder n-2-Sicherheitsstandards) erforderlich werden, sofern die Versorgung durch eigene Erzeugungsanlagen sichergestellt werden kann. Ob und inwieweit dies möglich ist, hängt insbesondere von den Sicherheitsanforderungen (Tier-Level) der Rechenzentren ab. Außerdem

Flexibilitäten innerhalb eines Rechenzentrums hängen vor allem von seiner Konzeption ab. Für KI-

Rechenzentren scheint eine Verschiebung der auszuführenden „Jobs“ deutlich einfacher möglich. Aus den Hintergrundgesprächen ergab sich außerdem, dass die IT-Infrastruktur von Rechenzentren oftmals nur zu 70 % ausgelastet ist, was einer durchschnittlichen Netzauslastung am Netzverknüpfungspunkt von ca. 50 % entspricht. Bei Rechenzentren können Lastspitzen insbesondere durch den zusätzlichen Energiebedarf der Kühlsysteme entstehen (vgl. Abbildung 9). Der maximale Kühlbedarf tritt typischerweise bei hohen Außentemperaturen auf und fällt damit häufig in Zeiträume hoher PV-Erzeugung. Diese zeitliche Korrelation kann eine Chance für netzdienliche Integrationskonzepte darstellen, etwa durch die gezielte Nutzung lokaler PV-Erzeugung. Voraussetzung ist jedoch, dass entsprechende Synergien bereits bei Standortwahl, Netzanschlussplanung und Betriebskonzept berücksichtigt werden.

Co-Location als Option für die effiziente Nutzung von Anschlusskapazität

Auch Co-Location-Konzepte wurden als potenzieller Ansatz diskutiert. Während energiewirtschaftliche Co-Location-Projekte von Rechenzentren mit Erzeugungs- oder Speicheranlagen in Deutschland bislang kaum verbreitet sind, existieren hierfür bereits internationale Beispiele, insbesondere in den USA. Für eine breitere Umsetzung solcher Konzepte dürfte neben regulatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen insbesondere eine stärkere Verzahnung zwischen den Rechenzentrumsbetreibern und der Energiewirtschaft erforderlich sein. Die Bereitschaft, Netzanschluss- und Energiekonzepte stärker integriert zu betrachten, ist dabei eine wichtige Voraussetzung für die zukünftige Realisierung entsprechender Modelle.

Für Rechenzentren sind vor allem Lösungen relevant, die hohe Anforderungen an Versorgungssicherheit und Planungssicherheit mit einer effizienten Nutzung knapper Netzanschlusskapazitäten verbinden. Aufgrund der hohen Anschlussleistungen, der Standortkonzentration in Ballungsräumen sowie teilweise deutlich über dem kurzfristigen Bedarf liegender Anschlussanfragen können stufenweise Kapazitätsfreigaben helfen, den Hochlauf der IT-Infrastruktur mit dem Netzausbau zu synchronisieren und überdimensionierte Kapazitätsreservierungen zu vermeiden. Flexible Netzanschlussvereinbarungen kommen aufgrund der hohen Verfügbarkeitsanforderungen nur eingeschränkt in Betracht, können aber dort eine Rolle spielen, wo Notstrom- oder Eigenerzeugung temporär netzseitige Einschränkungen kompensieren kann. Co-Location-Konzepte mit Erzeugung oder Speichern bieten perspektivisch zusätzliche Potenziale zur effizienteren Nutzung von Netzanschlusskapazitäten, setzen jedoch eine stärkere energiewirtschaftliche Integration von Standortwahl, Versorgungskonzept und Betrieb voraus. Entscheidend ist daher, Netzanschluss, Redundanzanforderungen, Energieversorgung und Standortentwicklung frühzeitig gemeinsam zu betrachten.

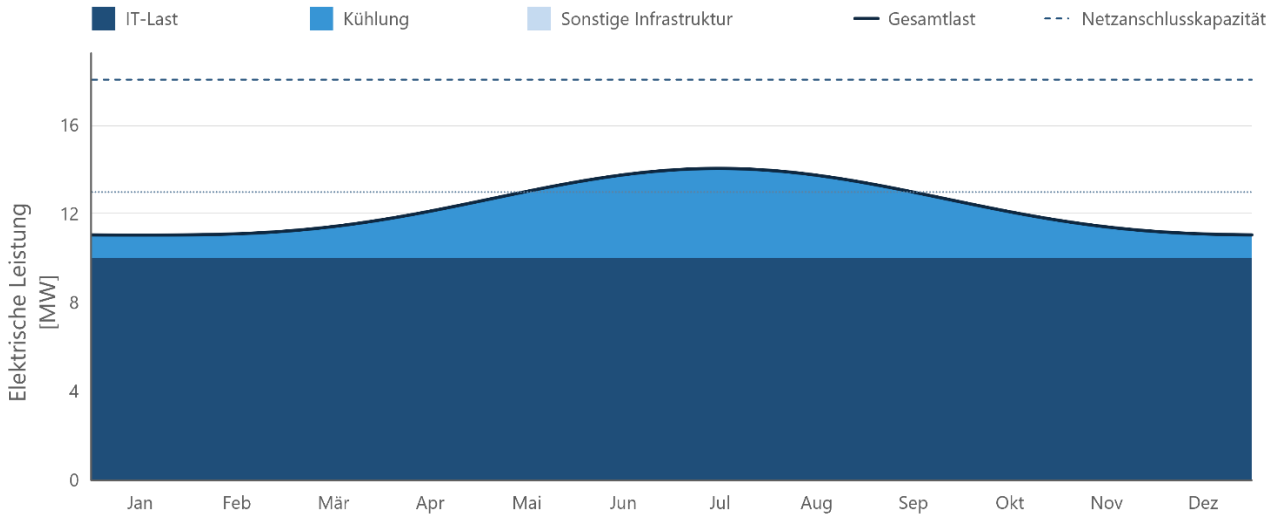


Abbildung 9: Vereinfachte schematische Darstellung eines Rechenzentrum-Lastgangs.

4.1.2 Elektrifizierte Logistik

Bei den Diskussionen zu Logistikstandorten im Rahmen der Workshops und Hintergrundgespräche standen vor allem die Unsicherheit über zukünftige Lastentwicklungen sowie der Hochlauf der Ladeinfrastruktur, sowohl für die Logistik als auch für die Netzbetreiber im Vordergrund. Für Logistikunternehmen ergeben sich hieraus besondere Herausforderungen, denn im Gegensatz zu vielen anderen betrachteten Branchen verfügten sie bislang häufig nur über begrenzte Berührungspunkte mit der Strom- und Netzwirtschaft. Entsprechend besteht oftmals ein hoher Bedarf an Informationen und Erfahrungen hinsichtlich der Planung, Beantragung und Realisierung von Netzanschlüssen. Dies äußert sich aus Sicht vieler Netzbetreiber unter anderem in einem erhöhten Abstimmungsbedarf sowie in Anschlussanfragen, deren Kapazitätsbedarf aufgrund bestehender Unsicherheiten häufig mit Sicherheitsaufschlägen versehen oder über den kurzfristig erwarteten Bedarf hinaus angesetzt wird.

Hinzu kommt, dass sich Transportbedarfe in der Logistik häufig dynamisch entwickeln. Da Aufträge teilweise kurzfristig vergeben werden und Kund:innen die Anforderungen an Transportprozesse maßgeblich bestimmen, können sich Lastentwicklungen und Infrastrukturbedarfe innerhalb weniger Jahre deutlich verändern. Werden Netzbetreiber erst spät in die Projektplanung eingebunden, entsteht daher ein erhöhtes Konfliktpotenzial zwischen den erforderlichen Umsetzungszeiten auf Netz- und Kundenseite.

Dialog und Beratung schaffen eine gemeinsame Planungsgrundlage

Vor diesem Hintergrund erscheinen für die Logistik insbesondere Dialogformate, Netzanschlussberatung sowie stufenweise Kapazitätsfreigaben als relevante Lösungsbausteine im Bereich Netzanschluss.

Idealerweise kennen Logistikunternehmen bereits zu Beginn der Flottenelektrifizierung ihren langfristigen Leistungsbedarf, um mehrfache bauliche Anpassungen des Netzanschlusses und damit verbundene Verzögerungen zu vermeiden. In der Praxis ist dies jedoch aufgrund der Unsicherheit über Fahrzeughochlauf, Auslastung und zukünftige Transportaufträge häufig nur eingeschränkt möglich. Die wirtschaftliche Situation der letzten Jahre hat die Konsolidierung innerhalb der Logistikbranche zudem weiter beschleunigt [12].

Standzeiten bestimmen das Flexibilitätspotenzial

Der Abschluss von FCAs wird auch in der Logistik als potenziell geeigneter Ansatz zur verbesserten Netzintegration betrachtet. Aktuell werden diese beispielsweise im Rahmen von Reallaboren für die Elektrifizierung des Schwerlastverkehrs erprobt [13]. Die Eignung solcher Konzepte hängt jedoch stark von den betrieblichen Rahmenbedingungen ab. Fahr- und Ladeprofile unterscheiden sich erheblich zwischen Fern-, Mittel- und Nahverkehr sowie in Abhängigkeit von Betriebs- und Schichtmodellen (vgl. Abbildung 10**)**. Während im Regionalverkehr die meisten Fahrzeuge eingesetzt werden, bietet dieser aufgrund der nächtlichen Standzeiten im Depot ein hohes Flexibilitätspotenzial für Ladevorgänge. Fahrzeuge können jedoch auch in stark getakteten Umläufen betrieben werden, bei denen lediglich kurze und zeitkritische Ladefenster zur Verfügung stehen. Insbesondere bei zeitkritischen Logistikprozessen sind die Anforderungen an die Planungssicherheit sowie die Verfügbarkeit ausreichender Netzkapazitäten deutlich höher.

Die Heterogenität der Branche erschwert daher eine pauschale Bewertung einzelner Lösungsbausteine und spricht für eine differenzierte Betrachtung verschiedener Anwendungsfälle. Insgesamt erscheint die Anwendung von FCAs im Logistikbereich jedoch

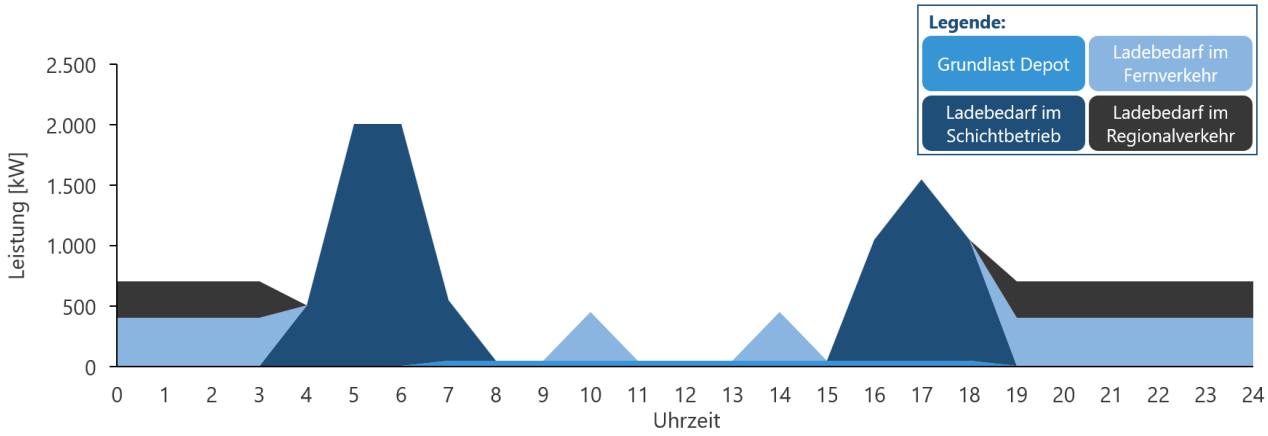


Abbildung 10 Beispiellastgänge elektrifizierter Depots

vielversprechend, insbesondere um Netzverstärkungs- und Netzausbaumaßnahmen in Gewerbe- und Industriegebieten sowie in städtisch geprägten Netzgebieten mit hohen Lastzuwächsen zu überbrücken.

Für die elektrifizierte Logistik stehen insbesondere Transparenz, Beratung und frühzeitige Abstimmung im Vordergrund, da viele Unternehmen bislang nur begrenzte Erfahrungen mit Netzanschlussprozessen und energiewirtschaftlichen Anforderungen haben. Der Hochlauf der Ladeinfrastruktur ist stark von Flottenstrategien, Depotstrukturen, Transportprofilen und Kundenanforderungen abhängig, wodurch zukünftige Leistungsbedarfe häufig mit Unsicherheiten behaftet sind. Stufenweise Kapazitätsfreigaben können helfen, den Ausbau der Ladeinfrastruktur entlang des tatsächlichen Fahrzeughochlaufs umzusetzen und Netzanschlusskapazitäten schrittweise bereitzustellen. Flexible Netzanschlussvereinbarungen erscheinen vor allem bei Depot- und Regionalverkehren mit ausreichenden Standzeiten vielversprechend, während zeitkritische Verkehre höhere Anforderungen an gesicherte Ladeleistung stellen. Insgesamt liegt der zentrale Hebel darin, Ladeprofile, Standortentwicklung und Netzplanung frühzeitig zusammenzuführen und die sehr unterschiedlichen Anwendungsfälle innerhalb der Logistik differenziert zu betrachten.

4.1.3 Elektrolyseure

Die Rolle von Elektrolyseuren im zukünftigen Energiesystem ist derzeit noch mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Dies betrifft insbesondere die Geschwindigkeit des Markthochlaufs sowie die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Wasserstoffproduktion. Viele der diskutierten Herausforderungen liegen daher aktuell weniger im Bereich des Netzanschlusses als vielmehr in der Wirtschaftlichkeit und der Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle.

Bislang berichten Netzbetreiber nur vereinzelt von Konflikten um Netzanschlusskapazitäten für Elektrolyseure. Dies liegt zum einen daran, dass sich zahlreiche Projekte noch in frühen Entwicklungsstadien befinden. Zum anderen werden Elektrolyseure häufig gezielt in Regionen mit hohem Erzeugungsaufkommen erneuerbarer Energien geplant, um vorhandene Netzkapazitäten und lokale Stromüberschüsse möglichst effizient zu nutzen. Maßnahmen wie regional differenzierte Baukostenzuschüsse oder regulatorische Anreize zur Nutzung von Überschussstrom können diese systemdienliche Standortwahl zusätzlich unterstützen.

Herausforderungen ergeben sich insbesondere dann, wenn große Elektrolyseure in unmittelbarer Nähe industrieller Abnehmer errichtet werden sollen. In diesen Fällen treffen die Anforderungen einer möglichst direkten Wasserstoffversorgung auf die lokalen Gegebenheiten des Stromnetzes. Gleichzeitig verfügen Elektrolyseure grundsätzlich über hohe Flexibilitätspotenziale. Sie können Lasten verschieben, ihre Leistungsaufnahme an Netz- und Strommarktsituationen anpassen und perspektivisch verschiedene Systemdienstleistungen bereitstellen. Aus Sicht der Netzbetreiber werden Elektrolyseure daher häufig als potenzielle Flexibilitätsanbieter wahrgenommen. Es bestehen jedoch noch Unsicherheiten über die tatsächliche Flexibilität in der Betriebsweise von Elektrolyseuren sowie mögliche Auswirkungen flexibler und dynamischer Fahrweisen auf die Strom- und Gasnetzinfrastruktur.

Flexible Fahrweise eröffnet FCA-Potenziale, bleibt aber wirtschaftlich sensibel

Vor diesem Hintergrund wurden Elektrolyseure von mehreren Netzbetreibern als besonders geeignete Anwendungsfälle für FCAs genannt. Gleichzeitig bestehen Wechselwirkungen mit regulatorischen Anforderungen zur Herstellung von RFNBO-Wasserstoff und den jeweiligen Geschäftsmodellen. Einschränkungen der Leistungsaufnahme können die Betriebsweise und Wirtschaftlichkeit von Elektrolyseuren beeinflussen und müssen daher bei der Ausgestaltung von FCAs sorgfältig berücksichtigt werden. Insbesondere, da sich die Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse aktuell wirtschaftlich schwer realisieren lässt. Erste konkrete Anwendungsfälle werden derzeit bereits zwischen Netzbetreibern und Projektentwicklern diskutiert bzw. ausgearbeitet.

Co-Location mit Erneuerbaren und Speichern kann Netzintegration verbessern

Darüber hinaus erscheinen Co-Location-Konzepte für Elektrolyseure besonders vielversprechend. Durch die Kombination mit erneuerbaren Erzeugungsanlagen oder Speichern können Netzanschlusskapazitäten effizienter genutzt und lokale Erzeugungsüberschüsse direkt vor Ort verwertet werden. Die Co-Location für die Elektrolyse wird durch die strengen Anforderungen bei der Herstellung von grünem Wasserstoff in Kombination mit energieintensiven elektrolytischen Prozessen zusätzlich gefördert. Durch die sehr hohen Vorabinvestitionen für Elektrolyseure in Verbindung mit der Pflicht zum Abschluss eines PPAs erscheint es wirtschaftlich sinnvoll, die Zahl der Volllaststunden durch den Einsatz von Batteriespeichern weiter zu erhöhen.

Insgesamt zählen Elektrolyseure damit zu den Anlagen, für die sowohl FCAs als auch Co-Location-Konzepte ein besonders hohes Potenzial zur Netzintegration aufweisen. Die wirtschaftliche Umsetzung jedoch bleibt weiterhin herausfordernd, was nicht zuletzt in

die Verfehlung der Ausbauziele aus der nationalen Wasserstoffstrategie mündet [14]. Weitere technische Einschränkungen zu Lasten der Wirtschaftlichkeit würden diese Situation nicht fördern.

Für Elektrolyseure sind insbesondere Lösungsansätze relevant, die ihre grundsätzlich hohe technische Flexibilität mit den wirtschaftlichen Anforderungen eines weiterhin unsicheren Markthochlaufs vereinbaren. Aufgrund ihrer steuerbaren Leistungsaufnahme eignen sich Elektrolyseure grundsätzlich gut für flexible Netzanschlussvereinbarungen, sofern Einschränkungen transparent, planbar und mit den jeweiligen Wasserstoff-Geschäftsmodellen vereinbar ausgestaltet werden. Gleichzeitig können zusätzliche netzseitige Restriktionen die ohnehin angespannte Wirtschaftlichkeit von Elektrolyseprojekten weiter belasten. Co-Location mit erneuerbaren Erzeugungsanlagen und Speichern kann dazu beitragen, vorhandene Netzanschlusskapazitäten effizienter zu nutzen, lokale Erzeugungsüberschüsse zu erschließen und die Volllaststunden der Elektrolyse zu erhöhen. Die netzseitige Herausforderung wird voraussichtlich insbesondere dort zunehmen, wo große Elektrolyseure in der Nähe industrieller Wasserstoffabnehmer geplant werden. Entscheidend ist daher eine integrierte Planung von Stromnetz, Wasserstoffabnahme, Standortwahl, Flexibilitätskonzept und regulatorischen Anforderungen.

4.1.4 Elektrifizierung in der Industrie

Die Elektrifizierung industrieller Prozesse gilt als wichtiger Baustein zur CO_2-Verminderung in der Industrie. Sie führt in der Regel zu einem erheblichen zusätzlichen Strombedarf. Im Vergleich zu den anderen Kooperationsforen steht bei Industrieunternehmen die Erschließung und Vermarktung von Energieflexibilität weniger als zentrales Geschäftsmodell im Fokus. Eine ergänzende Nutzung von Energieflexibilitätspotenzialen als Begleitung des eigentlichen Kerngeschäfts wird von den Unternehmen sehr unterschiedlich bewertet. Die zentrale Grundlage aus Industrieperspektive ist Planungssicherheit, um zuverlässige Investitionsentscheidungen und langfristige Standortentscheidungen zu ermöglichen.

Trotz Differenzen in der Bewertung einzelner Lösungsansätze sind Industrieunternehmen und Netzbetreiber sich im Rahmen der gemeinsamen Workshops in einem Punkt einig: Einzig ein beschleunigter und ausreichender Netzausbau kann langfristig die Grundlage für eine erfolgreiche Elektrifizierung bilden.

Frühzeitige Abstimmung als zentrale Voraussetzung für Investitions- und Netzplanung

Das zentrale Spannungsfeld zwischen Industrieunternehmen und Netzbetreibern besteht in den unterschiedlichen Zeithorizonten bei der Planung und Umsetzung von Industrieprojekten im Vergleich zu Netzausbauvorhaben.

Häufig erfordern Elektrifizierungsmaßnahmen eine Erhöhung der aktuellen Anschlusskapazität. Dafür benötigen Industrieunternehmen frühzeitig belastbare Aussagen über verfügbare Netzkapazitäten, zu erwartende Anschlusskosten und Realisierungszeiträume. Um Investitionsentscheidungen treffen zu können, ist die Zusage der Netzkapazitäten Voraussetzung.

Gleichzeitig erfordern netzseitige Verstärkungs- und Ausbaumaßnahmen häufig langjährige Planungs-, Genehmigungs- und Umsetzungsprozesse. Eine Ausbauplanung erst mit Umsetzung industrieller Elektrifizierungsmaßnahmen ist nicht ausreichend.

Damit die notwendigen Projekte auf beiden Seiten vorangetrieben werden können, ist ein frühzeitiger Informationsaustausch zwischen Industrieunternehmen und Netzbetreibern von zentraler Bedeutung. Vor diesem Hintergrund wurden insbesondere Dialogformate, Netzanschlussberatung sowie Transparenz über verfügbare Netzkapazitäten als relevante Lösungsbausteine für den Netzanschluss für elektrifizierte Industrieunternehmen diskutiert. Diese können dazu beitragen, gegenseitige Erwartungen frühzeitig abzugleichen und Verständnis für die notwendigen Anforderungen auf beiden Seiten zu erhöhen.

Dabei gilt, dass eine (ausreichend) verfügbare Infrastruktur auch ohne konkret anstehende Elektrifizierungsprojekte der Industrie als Standortfaktor die Voraussetzung für Erweiterungen, Elektrifizierungsmaßnahmen und mögliche Neuansiedlungen darstellt. Planungsunsicherheiten, die durch fehlende infrastrukturelle Voraussetzungen entstehen und durch internationalen Konkurrenzdruck verschärft werden, gefährden die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Industriestandortes [15].

Kriterienbasierte Verfahren zur Berücksichtigung von Standortgebundenheit und Projektreife

Als Alternative zum „Windhundprinzip" wurde in einem gemeinsamen Workshop ein kriterienbasiertes Anschlussverfahren diskutiert. Gerade bei konkurrierenden Anschlussbegehren wurde die Frage aufgeworfen, ob und in welchem Umfang Aspekte wie die Standortgebundenheit oder die volkswirtschaftliche Bedeutung von Industrieprojekten gegenüber anderen Anschlusspetenten berücksichtigt werden sollten.

Industrieunternehmen sichern durch die Standortgebundenheit lokale Wertschöpfungsketten und Arbeitsplätze vor Ort. Der Anschluss an notwendige

Infrastruktur ist deshalb eine Grundvoraussetzung, um die Verlagerung oder Abwanderung des Standortes und damit einhergehend die ökonomischen, sozialen und politischen Konsequenzen zu vermeiden.

Kriterien in einem kriterienbasierten Anschlussverfahren müssen transparent, formal diskriminierungsfrei und regulatorisch abgesichert ausgestaltet werden (vgl. 2.2.3). Damit ist eine Abwägung zwischen den kurzfristig stark wachsenden Anschlussbedarfen von Großbatteriespeichern und Rechenzentren sowie den langfristigen Transformations- und Elektrifizierungsplänen der Industrie erforderlich. Kriterien, die die oben beschriebenen (regionalen) Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte berücksichtigen, können die hervorgehobene Bedeutung industrieller Produktionsprozesse in einem solchen Verfahren abbilden.

Stufenweise Kapazitätsfreigabe kann Teilelektrifizierung ermöglichen
Abhängig vom konkreten industriellen Prozess(schritt) können einzelne (Teil-)Anlagen schrittweise elektrifiziert werden. Dadurch können erste Betriebserfahrungen gesammelt werden, bevor eine vollständige Elektrifizierung umgesetzt wird. Damit einhergehend kann eine stufenweise Kapazitätsfreigabe durch den Netzbetreiber eine praktikable Übergangslösung darstellen, um erste Elektrifizierungsschritte umzusetzen und den weiteren Hochlauf mit dem Netzausbau zu synchronisieren. Industrieunternehmen sollten daher prüfen, inwieweit Teilelektrifizierungen, hybride Energieträgerlösungen oder modulare Hochlaufpfade technisch und wirtschaftlich sinnvoll sind und diese mit dem Netzbetreiber abstimmen. Nichtsdestotrotz muss der langfristige Netzanschlussbedarf bereits von Beginn an mitgedacht und notwendige, netzseitige Maßnahmen frühzeitig antizipiert werden.

Flexible Netzanschlüsse sind prozessabhängig und wirtschaftlich sensibel
Die Realisierung und Vermarktung von Energieflexibilität können eine zusätzliche Erlösquelle für Industrieunternehmen darstellen, spiegeln aber in der Regel nicht das eigentliche Kerngeschäft für einen stabilen und störungsfreien Produktionsprozess wider.

Grundsätzlich bestehen auch in Industrieprozessen aktivierbare Energieflexibilitätspotenziale, die bspw. durch thermische Trägheit, Zwischenspeicher und Produktionsanpassungen charakterisiert sind. Gleichzeitig sind die (Kunden-)Anforderungen an Versorgungssicherheit, Produktionsqualität und -kontinuität die entscheidenden Leitgrößen der industriellen Produktion. Einschränkungen der verfügbaren Anschlussleistung (auch temporär) können daher unmittelbare Auswirkungen auf Produktionsabläufe und die Qualität der Produkte haben, was aus Sicht der Unternehmen zusätzliche Risiken darstellt. Hinzu kommt, dass flexible Fahrweisen unter Umständen Effizienzeinbußen bedingen und damit regulatorischen Vorgaben zur fortlaufenden Verbesserung der energiebezogenen Leistung (z. B. ISO 50001) widersprechen können.

Aus Sicht der Industrie ist die Frage offen, ob ein Ausgleich der Fluktuation der erneuerbaren Stromerzeugung systemisch sinnvoller wäre als auf (industrieller) Verbraucherseite. Die Verantwortung für Netzstabilität wird klar beim Netzbetreiber verortet.

Co-Location und Eigenerzeugung als Ergänzungen
Auch Co-Location-Konzepte wurden diskutiert, standen jedoch nicht im Zentrum der Diskussionen. Für viele Industrieunternehmen sind Möglichkeiten zur räumlichen Optimierung von Netzanschluss und Erzeugung durch bestehende Produktionsstandorte, Lieferketten und Absatzmärkte begrenzt. Unabhängig davon spielen Eigenerzeugung, insbesondere PV-Erzeugung, sowie Batteriespeicher in industriellen Energiekonzepten häufig eine relevante Rolle, da sie durchaus wirtschaftlich attraktiv, vergleichsweise einfach umsetzbar und gut in bestehende Standorte integrierbar sind. Sie können Strombezugskosten und Lastspitzen reduzieren, die Eigenversorgung erhöhen und Strompreisrisiken teilweise abfedern. Ihr Beitrag zur Deckung des Gesamtleistungsbedarfs kann je nach Standort und Prozess jedoch begrenzt sein. Relevanter erscheint daher häufig die Kombination aus Eigenerzeugung, Speichern, Lastmanagement und Netzanschlussoptimierung, um Lastspitzen zu reduzieren und vorhandene Anschlusskapazitäten effizienter zu nutzen.

Für die Industrie sind vor allem Lösungen relevant, die Transparenz, Planungssicherheit und frühzeitig verbindliche Zusagen für Netzanschlusskapazitäten ermöglichen. Ein erfolgreicher Hochlauf der Industrieelektrifizierung kann mittel- bis langfristig nur mit einem beschleunigten Netzausbau gelingen. Ausgewählte Lösungsansätze, wie kriterienbasierte Netzanschlussverfahren und frühzeitige Dialogprozesse, können helfen, die Knappheit an Netzanschlusskapazitäten sinnvoll zu steuern, stellen jedoch keine abschließende Lösung des grundlegenden Problems über verfügbare Netzanschlusskapazitäten dar. Ein stärkerer marktbasierter Anreiz zur Erschließung von Energieflexibilitätspotenzialen kann für einige Unternehmen eine zusätzliche Erlösquelle darstellen, ist jedoch nicht auf die gesamte Industrie übertragbar. Die Verantwortung für den Ausbau und die Verfügbarkeit eines leistungsfähigen Stromnetzes als essenzieller Standortfaktor liegt aus Industrieperspektive klar

beim Infrastrukturbetreiber. Fokus auf das eigentliche Kerngeschäft und Sicherstellung der Produktqualitäten sind leitgebend für die Industrie.

4.1.5 Batteriespeicher

Batteriespeicher nehmen unter den betrachteten Anlagen eine Sonderrolle ein. Keine andere Branche verzeichnet aktuell eine vergleichbar hohe Dynamik bei den Netzanschlussanfragen. Gleichzeitig verfügen Batteriespeicher im Vergleich zu anderen Anschlussnehmern über besonders hohe Flexibilitätspotenziale und können ihre Einspeise- und Bezugsleistung grundsätzlich an Netz- und Marktsituationen anpassen. Die Handhabung von Batteriespeichern ist für Netzbetreiber deshalb und aufgrund ihrer Leistungsgradienten besonders herausfordernd.

Hohe Flexibilität macht Batteriespeicher besonders relevant für FCAs und Co-Location

Durch ihre hohe technische Flexibilität können Batteriespeicher potenzielle Einschränkungen im Rahmen der Netzführung notwendig machen, um die Netzstabilität nicht zu gefährden. Netzbetreiber schließen beispielsweise Graustromspeicher in der Regel nicht mehr ohne FCA an. Diese umfassen Einschränkungen in den Rampen, der Regelleistung oder temporäre Einspeise- und Bezugseinschränkungen [16]. Durch diese technische Flexibilität können Speicher jedoch Einschränkungen besser kompensieren als beispielsweise Industrieanlagen oder Rechenzentren. Gleichzeitig belastet ein FCA die Wirtschaftlichkeit, je nach Art und Umfang der Einschränkungen, signifikant.

Außerdem wurden Batteriespeicher in Kombination mit erneuerbaren Erzeugungsanlagen, aber auch Verbrauchsanlagen, als besonders vielversprechende Co-Location-Konzepte hervorgehoben, da hierdurch vorhandene Netzanschlusskapazitäten effizienter genutzt und Gleichzeitigkeitseffekte reduziert werden können.

Kriterienbasierte Verfahren können Netz- und Systemdienlichkeit stärker berücksichtigen

Aufgrund der hohen Zahl an Anschlussanfragen spielten zudem kriterienbasierte Netzanschlussverfahren in den Diskussionen eine wichtige Rolle. Aus Sicht vieler Netzbetreiber erscheint insbesondere bei Batteriespeichern eine stärkere Berücksichtigung von Projektreife und Realisierungswahrscheinlichkeit sinnvoll, um spekulative Anschlussanfragen zu reduzieren und knappe Netzanschlusskapazitäten effizienter zu vergeben. Gleichzeitig berichteten mehrere Netzbetreiber, dass in ihren Netzgebieten bereits Reservierungs- oder Anschlusszusagen für Batteriespeicher in einem Umfang vorliegen, der die in regionalisierten Szenarien bzw. Netzplanungen erwarteten Speicherbedarfe teilweise erreicht oder übersteigt. Im Rahmen neuer Netzanschlussverfahren könnten Speicher deshalb stärker anhand ihres zusätzlichen netz- oder systemdienlichen Nutzens bewertet werden.

Eine weitere Rolle der Batteriespeicher stellt die netzdienliche Anwendung dar. Dieser Anwendungsfall ist im untenstehenden Exkurs beschrieben.

4.2 Die Branchen im Vergleich

Die im Rahmen des Projekts betrachteten Branchen unterscheiden sich in wesentlichen Eigenschaften, die sowohl die Herausforderungen beim Netzanschluss als auch die Eignung verschiedener Lösungsansätze beeinflussen. Eine branchenübergreifende Betrachtung der Lösungsbausteine erfordert daher zunächst ein Verständnis der zugrunde liegenden Charakteristika.

Grundsätzlich lassen sich zwei Gruppen von Eigenschaften unterscheiden. Für den Netzanschluss sind insbesondere die strukturellen Projektcharakteristika

Exkurs: Ausschreibung netzdienlicher Speicher

Als weiterer Anwendungsfall wurde die Ausschreibung netzdienlicher Batteriespeicher nach § 11a EnWG erläutert. Anders als bei FCAs oder Co-Location steht hierbei nicht die Bereitstellung zusätzlicher Netzanschlüsse im Vordergrund, sondern die gezielte Unterstützung des Netzbetriebs durch Speicher an netzdienlichen Standorten. Ziel des Speichers ist es, gezielt zur Entlastung lokaler Netzengpässe beizutragen, während freie Kapazitäten außerhalb der netzdienlichen Anforderungen weiterhin vermarktet werden können. Die Diskussion mit den Netzbetreibern zeigte, dass dieser Ansatz insbesondere in stark durch erneuerbare Energien geprägten Netzgebieten eine Alternative zu klassischen Netzausbaumaßnahmen darstellen kann. Gleichzeitig wurde deutlich, dass die Umsetzung mit erheblichen regulatorischen und wirtschaftlichen Herausforderungen verbunden ist. Als zentrale Hürden wurden insbesondere die Ermittlung eines angemessenen Dienstleistungsentgelts, die Kostenanerkennung durch die Bundesnetzagentur sowie die Ausgestaltung eines diskriminierungsfreien Ausschreibungsverfahrens genannt. Mehrere Teilnehmende betonten daher, dass die zukünftige Verbreitung solcher Modelle maßgeblich von den regulatorischen Rahmenbedingungen und den ersten Praxiserfahrungen abhängen wird, aber sie die Skalierbarkeit der Ausschreibungen aktuell kritisch betrachten.

relevant. Sie bestimmen, wie früh Netzbetreiber in die Projektentwicklung eingebunden werden müssen, wie hoch die Planungsunsicherheiten sind und welche Anforderungen an Netzanschlussverfahren gestellt werden. Für die Netzintegration spielen hingegen vor allem betriebsbezogene Eigenschaften der Anlagen eine Rolle. Diese beeinflussen beispielsweise die Eignung für FCAs, Co-Location-Konzepte oder andere Flexibilitätsinstrumente.

Für Batteriespeicher sind flexible Netzanschlussvereinbarungen, Co-Location-Konzepte und kriterienbasierte Netzanschlussverfahren besonders zentrale Lösungsbausteine. Aufgrund der sehr hohen Zahl an Anschlussanfragen, kurzer Projektentwicklungszeiten und teils hoher angefragter Leistungen besteht aus Netzbetreibersicht ein besonderer Bedarf, Projektreife, Realisierungswahrscheinlichkeit sowie netz- und systemdienliche Eigenschaften stärker zu berücksichtigen. Gleichzeitig können Batteriespeicher aufgrund ihrer hohen technischen Flexibilität Einschränkungen im Rahmen von FCAs besser kompensieren als viele andere Verbraucher, wobei Art und Umfang der Einschränkungen unmittelbar auf die Wirtschaftlichkeit wirken. Co-Location mit erneuerbaren Erzeugungsanlagen oder Verbrauchern kann dazu beitragen, Anschlusskapazitäten effizienter auszunutzen und Gleichzeitigkeitseffekte zu reduzieren. Insgesamt sind Batteriespeicher damit ein zentraler Baustein für die Integration erneuerbarer Energien, zugleich aber auch ein wesentlicher Treiber neuer Netzanschlusskonflikte, deren Lösung eine enge Verzahnung von Marktlogik, Netzrestriktionen und regulatorischen Vorgaben erfordert.

4.2.1 Projektcharakteristika der einzelnen Branchen

Für die Planung und Realisierung von Netzanschlüssen sind insbesondere drei Eigenschaften von Bedeutung:

- **Projektlaufzeit:** Zeitraum von der Projektidee bis zur Inbetriebnahme. Dieser bestimmt maßgeblich, wie gut sich Projekt- und Netzausbauplanung aufeinander abstimmen lassen.
- **Typische Anschlussleistung:** Höhe der für das Projekt benötigten Netzanschlusskapazität. Sie beeinflusst den Umfang möglicher Netzmaßnahmen sowie die Auswirkungen auf bestehende Netzkapazitäten.
- **Hochlaufdynamik:** Geschwindigkeit, mit der neue Projekte und Anschlussbegehren entstehen. Eine hohe Dynamik erhöht den Handlungsdruck auf Netzbetreiber und erschwert die langfristige Netzplanung.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wesentlichen Projektcharakteristika der betrachteten Branchen. Die Angaben basieren auf den Diskussionen in den Branchenforen, Hintergrundgesprächen mit Netzbetreibern sowie öffentlich verfügbaren Informationen zu aktuellen Marktentwicklungen. Die Werte dienen als Indikation. Einzelne Projekte können davon abweichen.

Tabelle 1 Vergleich der Projekt-Charakteristika der betrachteten Branchen

Branche	Hochlaufdynamik	Typ. Projektlaufzeit bis Inbetriebnahme	Typ. Anschlussleistung
Rechenzentren	Hoch	2–5 Jahre	0,5–50 MW Großprojekte bis >300 MW
Elektrifizierte Logistik	Hoch	1–4 Jahre	1–15 MW
Elektrolyseure	Niedrig, aktuell unsicher	3–6 Jahre	5–300 MW
Industrie	Mittel	2–7 Jahre	5–150 MW Großprojekte bis >500 MW
Batteriespeicher	Sehr hoch	1–3 Jahre	10–200 MW Großprojekte bis >500 MW

Rechenzentren
Rechenzentren zählen zu den Branchen mit der stärksten Wachstumsdynamik. Aktuelle Ausbauprogramme und die Rechenzentrumsstrategie der Bundesregierung gehen von einem starken Kapazitätswachstum aus [17]. Die Entwicklung neuer Standorte erfolgt häufig innerhalb weniger Jahre, gleichzeitig werden in Deutschland zunehmend Großprojekte mit Anschlussleistungen im dreistelligen MW-Bereich geplant.

Elektrifizierte Logistik
Bei Logistikstandorten und E-Lkw-Ladeinfrastruktur erfolgen Ausbauentscheidungen häufig entlang von Flottenzyklen und Investitionsentscheidungen der Unternehmen. Der Markthochlauf wird aktuell durch den Ausbau der Ladeinfrastruktur sowie die zunehmende Verfügbarkeit batterieelektrischer Nutzfahrzeuge vorangetrieben. Anschlussleistungen reichen von wenigen MW bis zu größeren Ladehubs mit mehreren zehn MW [18]. Netzbetreiber beschreiben, dass die grundsätzliche Integration der Logistik durch vergleichsweise niedrige Leistungsbedarfe und hohe Dezentralität in der Breite langfristig eher unproblematisch ist.

Elektrolyseure
Der Elektrolyseurhochlauf wird aktuell stark durch die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffprojekten bestimmt. Die dena-Projektdatenbank weist mittlerweile Projekte im GW-Maßstab aus, gleichzeitig befinden sich viele Vorhaben noch in frühen Entwicklungsstadien. Die Projektentwicklung erfolgt oftmals über mehrere Jahre [19]. Die Rolle der Elektrolyse wird vor allem systemisch im windreichen Norden gesehen. Allerdings gibt es eine Vielzahl an geplanten Projekten, die in der Nähe von Industrieclustern im Süden oder Westen Deutschlands verortet sind. Diese zu integrieren erscheint deutlich herausfordernder als in Norddeutschland. Für den Hochlauf von elektrolytischem Wasserstoff ist zudem der Ausbau des Wasserstoffkernnetzes von großer Bedeutung.

Elektrifizierte Industrie
Industrielle Elektrifizierungsprojekte sind häufig an Investitionszyklen bestehender Standorte gekoppelt. Die Anschlussleistungen können von wenigen MW für einzelne Prozesse bis zu mehreren hundert MW für energieintensive Anwendungen reichen. Gleichzeitig bestehen hohe Anforderungen an Versorgungssicherheit und langfristige Planbarkeit. Entscheidend wird sein, dass wirtschaftliche Rahmenbedingungen mit den langfristigen Investitionszyklen und der notwendigen Verfügbarkeit von Infrastruktur für die Elektrifizierung der Industrie synchronisiert werden.

Batteriespeicher
Batteriespeicher weisen derzeit den stärksten Markthochlauf aller betrachteten Branchen auf. Laut Bundesnetzagentur liegen allein bei den Verteilnetzbetreibern Netzanschlussanfragen für mehrere hundert GW vor. Gleichzeitig berichten Projektentwickler, dass Speichervorhaben unter günstigen Bedingungen innerhalb von etwa zwei Jahren realisiert werden können [20]. Damit treffen kurze Projektentwicklungszeiten auf Netzanschlussprozesse und Netzausbauzeiträume, die häufig deutlich längere Vorlaufzeiten aufweisen. Batteriespeicher sind systemisch ein zentraler Baustein für die Integration erneuerbarer Energien und die Nutzung zeitlicher Strompreisunterschiede. Ihre wirksame und netzdienliche Integration bleibt jedoch ein Spannungsfeld zwischen wirtschaftlichen Betriebsmodellen der Projektentwickler und den netzseitigen Anforderungen der Netzbetreiber.

4.2.2 Netzrelevante Eigenschaften der betrachteten Branchen

Während die Projektcharakteristika vor allem die Herausforderungen im Netzanschlussprozess beschreiben, bestimmen die netzrelevanten Eigenschaften, in welchem Umfang Anlagen zur Entlastung oder Flexibilisierung des Stromsystems beitragen können. Besonders relevant sind hierbei die Flexibilität des Last- oder Einspeiseverhaltens und die Standortgebundenheit. Diese Eigenschaften beeinflussen maßgeblich, welche Lösungsbausteine für die jeweilige Branche geeignet erscheinen. So weisen beispielsweise Batteriespeicher und Elektrolyseure hohe Flexibilitätspotenziale auf und eignen sich daher besonders für FCA oder Co-Location-Konzepte. Demgegenüber stehen Industriebetriebe oder Rechenzentren, bei denen häufig Planungssicherheit und Versorgungssicherheit im Vordergrund stehen und deshalb Instrumente wie Dialogformate oder stufenweise Kapazitätsfreigaben besonders relevant sind.

Tabelle 2 gibt einen Überblick zu den jeweiligen Einstufungen des Flexibilitätspotenzials und der Standortgebundenheit der betrachteten Branchen.

Neben den hier betrachteten Eigenschaften haben weitere Charakteristika Einfluss auf die Netzwirkung der einzelnen Anlagen. Dazu zählen insbesondere Leistungsgradienten, Gleichzeitigkeiten, Last- und Einspeiseprofile sowie die zeitliche Auslastung der beantragten Netzanschlusskapazität.

Tabelle 2 Netzrelevante Eigenschaften der einzelnen Branchen im Vergleich: Flexibilitätspotenzial und Standortgebundenheit

Branche	Flexibilitätspotenzial	Standortgebundenheit
Rechenzentren	**gering bis mittel** Rechenlast i. d. R. wenig flexibel, Potenziale über Notstrom-/ Eigenerzeugung: zeitweise Nutzung der n-1-/ n-2-Sicherheitsreserven um netzseitige Einschränkungen zu kompensieren	**gering bis mittel** grundsätzlich flexibel; entscheidungsrelevant sind Flächenverfügbarkeit, Glasfaseranbindung, Stromversorgung und regulatorische Rahmenbedingungen
Elektrifizierte Logistik	**mittel** Flexibilität abhängig von Betriebsmodell, Ladeinfrastruktur und Standzeiten (je größer die verfügbaren Standzeiten, desto höher das Flexibilitätspotenzial)	**hoch** abhängig von Kundenstandorten, Verkehrsachsen, Depotstrukturen und Flächenverfügbarkeit; vollständig freie Standortwahl meist nicht möglich
Elektrolyseure	**Mittel bis hoch** Grunds. flexibel; Wirtschaftlichkeit und Auslastung hängen jedoch stark von Einspeiseprofilen erneuerbarer Energien, Wasserstoffabnahme und Regulatorik ab, Leistungseinschränkungen daher technisch möglich, wirtschaftlich jedoch kritisch	**mittel** grundsätzlich flexibel, wobei Anforderungen an Standort bei Anbindung an industrielle Wasserstoffabnehmer, H_2-Infrastruktur oder EE-Erzeugung steigen
Elektrifizierte Industrie	**gering bis mittel** Stark abhängig vom jeweiligen Prozess und den Anforderungen an die Produktionskontinuität	**sehr hoch** häufig historisch gewachsene Standorte; durch Produktionsanlagen, Lieferketten, Infrastruktur & Absatzmärkte langfristig festgelegt, Standortverlagerung meist keine realistische Option
Batteriespeicher	**sehr hoch** Hohe Flexibilität hinsichtlich Leistungsaufnahme und Einspeisung	**gering** orientieren sich häufig an Netzsituation, Flächenverfügbarkeit und Vermarktungsmöglichkeiten. Standorte in Umspannwerknähe oder Bestandsanlagen werden bevorzugt

5 Zusammenfassung und offene Gestaltungsfragen

Die Diskussionen im Querschnittsformat haben gezeigt, dass Netzanschluss und Netzintegration zentrale Gestaltungsfelder der Energietransformation sind. Die Herausforderungen entstehen nicht allein durch fehlende Netzkapazitäten, sondern durch das Zusammenspiel hoher Marktdynamiken, unterschiedlicher Planungshorizonte, regulatorischer Vorgaben und neuen technologischen Anforderungen.

Mit dem Referentenentwurf des Netzpakets sowie den europäischen Reformen im Rahmen des Electricity Market Design und des EU Grid Package nimmt die regulatorische Dynamik weiter zu. Viele der im Querschnittsformat diskutierten Themen werden damit auch auf regulatorischer Ebene adressiert: Kapazitätstransparenz, digitale Prozesse, kriterienbasierte Anschlussverfahren, Reservierungsmechanismen, flexible Netzanschlüsse und die effizientere Nutzung bestehender Netzkapazitäten. Entscheidend wird jedoch sein, wie diese Vorgaben konkret ausgestaltet und in der Praxis umgesetzt werden.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die bestehenden Gestaltungsfelder sowie die damit verbundenen Ausgestaltungsoptionen und offenen Fragestellungen.

Austausch als Schlüssel für tragfähige Lösungen
Neben technischen und regulatorischen Fragen wurde im Querschnittsformat deutlich, wie wertvoll der direkte Austausch zwischen Netzbetreibern, Unternehmen, Projektentwicklern und weiteren Akteuren der Energiewirtschaft ist. Ein strukturierter und vertrauensvoller Austausch kann dazu beitragen, Perspektiven zusammenzuführen. Er ermöglicht es, regulatorische Entwicklungen frühzeitig aus Sicht der Praxis einzuordnen, Lösungsansätze auf ihre Umsetzbarkeit zu prüfen und Erfahrungen branchenübergreifend nutzbar zu machen.

Das Querschnittsformat als Plattform für die weitere Ausgestaltung
Die Transformation von Industrie, Mobilität, Wasserstoffwirtschaft, Rechenzentren, Speichern und erneuerbaren Energien wird den Druck auf Netzanschluss und Netzintegration weiter erhöhen. Gleichzeitig entstehen mit neuen regulatorischen Vorgaben, digitalen Werkzeugen und flexiblen Anschlussmodellen neue Möglichkeiten, Netzanschlussprozesse weiterzuentwickeln und vorhandene Netzkapazitäten effizienter zu nutzen.

Tabelle 3: Zentrale Gestaltungsfelder für Netzanschluss und Netzintegration

Transparenz Netzkapazitäten: Abwägung zwischen Transparenz und Sicherheit kritischer Infrastruktur. Offen bleibt, in welcher Granularität und Verbindlichkeit Netzkapazitäten veröffentlicht werden können.

Anschlussverfahren: Abwägung zwischen Priorisierung im Netzanschlussverfahren und Wahrung der Diskriminierungsfreiheit als Netzbetreiber. Einzelne Aspekte in der Ausgestaltung des Verfahrens können Netzanschlusspetenten bevor- oder benachteiligen.

Verbindlichkeit im Netzanschlussprozess: Notwendigkeit der frühzeitigen Planungssicherheit auf beiden Seiten. Offen bleibt, wie lange Kapazitäten reserviert bleiben dürfen, welche Meilensteine zum Erhalt der Reservierung erreicht werden müssen und wie viel Spielraum bei unverschuldeten Verzögerungen eingeräumt werden kann.

Flexible Netzanschlüsse: Abwägung zwischen FCA als Übergangslösung oder dauerhaftes Instrument. Langfristig müssen Fragen zum Zusammenspiel zwischen Netzausbau und FCA sowie Art und Umfang möglicher Einschränkungen geklärt werden.

Standardisierung und regionale Vielfalt: Abwägung zwischen Vereinheitlichung zur Erhöhung von Vergleichbarkeit und Transparenz vs. Berücksichtigung Netzbetreiber-spezifischer Herausforderungen.

Damit diese Instrumente wirksam werden, braucht es nicht nur gesetzliche Anpassungen, sondern auch gemeinsame Lernprozesse, praktische Erfahrungen und kontinuierlichen Austausch. Das Querschnittsformat kann hierfür auch künftig eine wichtige Rolle übernehmen. Es bietet einen Raum, in dem Netzbetreiber und Anschlussnehmer branchenübergreifend diskutieren können, welche Lösungen in der Praxis funktionieren, wo regulatorische Klarstellungen notwendig sind und welche Erfahrungen übertragbar sind.

Insgesamt zeigen die Diskussionen: Die Weiterentwicklung von Netzanschluss und Netzintegration bleibt eine gemeinsame Gestaltungsaufgabe. Entscheidend wird sein, Transparenz, Verbindlichkeit, Flexibilität und regionale Handlungsfähigkeit so miteinander zu verbinden, dass Netzanschlussverfahren effizienter, planbarer und zugleich diskriminierungsfrei weiterentwickelt werden können.

6 Literaturverzeichnis

[1] Bundesnetzagentur, „Monitoringbericht 2025," Bonn, 2026.

[2] BMWE, „Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Synchronisierung des Anlagenzubaus mit dem Netzausbau sowie zur Verbesserung des Netzanschlussverfahrens," Berlin, 2026.

[3] Europäische Kommission, „European grids," 2026. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/european-grids_en?prefLang=de. [Zugriff am 10 08 2026].

[4] 50Hertz; Amprion, Tennet, TransnetBW, „ÜNB veröffentlichen Zahlen zur Antragslage im ersten Zyklus des Reifegradverfahrens," 2026.

[5] Bayernwerk, „Kriterienbasiertes Zuteilungsverfahren," 2026.

[6] Netze BW, 2026.

[7] „Gemeinsame Nutzung von Netzverknüpfungspunkten durch Erneuerbare Energien, Speicher und Anlagen zur Sektorenkopplung," Berlin, 2024.

[8] NOW GmbH, „Neues Factsheet zur Auslastung von Ladepunkten: Tageszeit, Ort und Saison sind entscheidend," 2025.

[9] Europäische Union, „RICHTLINIE (EU) 2024/1711 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES," Brüssel, 2024.

[10] Bundesnetzagentur, „Die Bundesnetzagentur führt Innovationsausschreibungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz durch.," Bonn, 2026.

[11] Bundesnetzagentur, „Energiewendekompetenz und Digitalisierung - Bundesnetzagentur misst nun auch die Netzleistungsfähigkeit der Netzbetreiber," Bonn, 2026.

[12] VerkehrsRundschau, „Logistik: Mittelstand verliert weiter an Bodeen," 2026.

[13] Netze BW, „FlexCharge BW," 2026.

[14] Bundesrechnungshof, „Umsetzung der Wasserstoffstrategie des Bundes," Berlin, 2025.

[15] ifo Institut, „Jedes vierte Unternehmen fürchtet um seine Wettbewerbsfähigkeit," 2026.

[16] FfE, „Kooperationsforum Großbatteriespeicher - Ein gemeinsames Diskussionspapier zu aktuellen Herausforderungen und tragfähigen Lösungen," München, 2026.

[17] BMDS, „Recheninfrastruktur," Berlin, 2026.

[18] NOW GmbH, „Lkw-Ladeinfrastruktur in Deutschland," 2026.

[19] Dena, „Elektrolysekapazitäten in Deutschland," 2026.

[20] PV Magazine, „Batteriegroßspeicher in der Mittelspannung in zwei Jahren am Netz," 2025.

www.ffe.de