

Wissenschaftliches Inputpapier für die AG 2 der PKNS:

Überblick zu nachfrageseitigen Flexibilitätsoptionen und Speichern sowie Flexibilitätshemmnissen

Erstellt von:

24.04.2023

Guidehouse Germany GmbH
Öko-Institut e.V.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Der Bedarf an und die Bereitstellung von Flexibilität sind inhärente Bestandteile des Stromsystems (mögliche Definition für den Begriff Flexibilität s. Inputpapier zum Thema „Flexibilität und Lokale Preissignale im Strommarkt – eine wissenschaftliche Übersicht“). Es gibt sehr viele und verschiedene Technologien, um Flexibilität bereitzustellen sowohl auf Seiten der Erzeugung, im Bereich der Speicher und auf der Nachfrageseite. Im Folgenden wird auf die Bereitstellung von Flexibilität durch die Nachfrageseite und durch Speicher fokussiert, Erzeugungstechnologien und deren Flexibilitätsanforderungen, werden in anderen Arbeitsgruppen der PKNS thematisiert.

Für die nachfrageseitigen Flexibilitätsoptionen kann ein weites Feld aufgespannt werden, von z. B. der großen industriellen Last, über Pumpspeicher bis zu einzelnen Haushaltsanwendungen. Ziel dieses Papiers ist es, eine Übersicht über die nachfrageseitigen Flexibilitätsoptionen zu schaffen und entlang geeigneter Dimensionen zu strukturieren. Dabei lässt sich Flexibilität aus vielen verschiedenen Blickwinkeln kategorisieren, aus Technologiesicht, aus zeitlicher „Anpassungssicht“ oder aus Sicht möglicher Instrumente. Hier wurde ein technologiebezogener Ansatz gewählt.

Kategorisierung von nachfrageseitiger Flexibilität

Nachfrageseitige Flexibilität und Speicher haben sehr heterogene Eigenschaften: Grob können die Kategorien kleinskalige Flexibilität, industrielle Flexibilität, großskalige Speicher und kleinskalige Speicher unterschieden werden.

Die in der nachfolgenden Darstellung („Matrix nachfrageseitiger Flexibilität“, s. Abbildung 1) gezeigten, nachfrageseitigen Prozesse sowie Speicher können allesamt Flexibilität für das System bereitstellen. Es handelt sich um eine grob schematisierte Darstellung, in der zwei der wesentlichen Eigenschaften - Flexibilitätszeitraum und mögliche Einsatzmöglichkeiten - dargestellt sind.

Dieser Bericht wurde von Guidehouse im Auftrag und zum alleinigen Gebrauch durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erstellt (Vorhaben: Wissenschaftliches Begleitvorhaben für die Plattform Klimaneutrales Stromsystem, Förderkennzeichen: 03MAP424). Die Inhalte sind Arbeitsergebnisse, die auf den zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes verfügbaren Informationen basieren. Dieses Dokument ist nicht zur Veröffentlichung oder Weitergabe an Dritte bestimmt.

Die Grafik zeigt auf, inwieweit die Flexibilität tatsächlich heute schon genutzt wird, und identifiziert die "weißen Flecken", in denen Flexibilität derzeit noch nicht oder nur begrenzt genutzt werden kann.

Dabei wird ersichtlich, dass heute im Strommarkt nur einzelne Technologien genutzt werden: Standardmäßig werden großskalige Speicher bereits am Markt und zur Netzentlastung im Übertragungsnetz eingesetzt. Die großen Potenziale der industriellen Flexibilität sind bislang nur sehr begrenzt erschlossen und kleinskalige Flexibilität wie z.B. Elektromobile, spielen fast gar keine Rolle.

Abbildung 1: Schematische Einordnung von nachfrageseitiger Flexibilität und Speicher nach ihrem möglichen Abrufzeitraum und derzeitigen Einsatzmöglichkeiten.¹

Kategorien der Flexibilitätsoptionen	Industriezweige/ Technologien	Flexibilitätszeitraum			Einsatzmöglichkeiten aus Systemperspektive		
		Minuten	Stunden	Tage	Märkte für Bilanzausgleich (Spotmarkt, Regelleistung)	Netzentlastung (ÜN-Netz)	Netzentlastung (VN-Netz)
Industrielle Flexibilität - Schaltbare Leistung je Standort: hoch - Spez. Erschließungsaufwand: niedrig - Verfügbarkeit: sehr hoch (hauptsächlich positives Flexibilitätspotenzial)	Eisen, Stahl	✓			Wird bereits teilweise genutzt	Nur im Rahmen von Notfallmaßnahmen nutzbar	Kein Einsatz auf NS-Ebene möglich
	NE-Metalle	✓					
	Zement	✓	(✓)	(✓)			
	Glas	(✓)					
	Grundstoffchemie	✓	✓	(✓)			
	Papier	✓	✓				
	Nahrungsmittel, Automobil	✓					
	Querschnittstechnologien (QST)	(✓)	(✓)				
	Großwärmepumpen	(✓)	(✓)				
Großskalige Speicher - Schaltbare Leistung je Standort: hoch - Spez. Erschließungsaufwand: niedrig - Verfügbarkeit: sehr hoch	Großbatterien	✓	(✓)		Wird standardmäßig genutzt		Kein Einsatz auf NS-Ebene möglich
	Pumpspeicher	✓	✓				
Kleinskalige Flexibilität - Schaltbare Leistung je Standort: niedrig - Spez. Erschließungsaufwand: hoch (Stand heute) - Verfügbarkeit: tlw. witterungsabhängig (bspw. Wärmepumpen)	QST (kleine, mittlere Gewerbe)	(✓)	(✓)		Nur für Regelleistung		Wird im Einzelfall genutzt
	Elektroautos	✓	(✓)				
	Wärmepumpen	✓	(✓)				
	Heimspeicher	✓	(✓)				

*Die Möglichkeit einen Elektrolyseur flexibel zu betreiben ist abhängig vom Betriebsmodus, der Integration in das Stromsystem und das Wasserstoffsystem (Speicher, Pipelinekapazität).
 ✓ geeignet (✓) bedingt geeignet
 leeres Feld = ungeeignet
 Standardmäßig genutzt
 Teilweise genutzt
 Noch nicht genutzt
 Kein Einsatz möglich

Nutzung von Flexibilität durch vielschichtige Hemmnisse begrenzt

Wie oben aufgezeigt, stehen dem System grundsätzlich viele Flexibilitätsoptionen zur Verfügung. Gerade das Potenzial der kleinskaligen und industriellen Flexibilitätsoptionen wird derzeit noch gar nicht oder nur teilweise genutzt. Grund ist, dass der Nutzung verschiedene Hemmnisse im Weg stehen.

Grundsätzlich lassen sich die Hemmnisse der Nutzung von Flexibilität grob in drei Kategorien einteilen:

1. Technische Hemmnisse:

- Einfluss auf **Produktqualität** bei Abweichung von idealem Betriebspunkt

¹ Quellen: u.a. Munzel, B., Reiser, M., Steinbacher, K. (2022): Flexibilitätspotenziale und Sektorkopplung. Synthesebericht 1 d es SINTEG Förderprogramms, Studie im Auftrag des BMWK, Berlin. Guidehouse et al. (2020): Energiewende in der Industrie. Identifikation neuer Anforderungen aus zukünftigem Strommarktdesign – Flexibilität und Eigenerzeugung – Executive Summary; FFE, Guidehouse (2021): Regionale Lastmanagementpotenziale Quantifizierung bestehender und zukünftiger Lastmanagementpotenziale in Deutschland.

- Abhängigkeit von **Folgeprozessen** und geringe Speicherbarkeit von Zwischen- und Endprodukten
- Unternehmensspezifische/**-organisatorische Hemmnisse** (Einfluss auf Schichtplanung, etc.)
- Verfügbarkeit und Nutzung von **digitaler Messinfrastruktur**

2. Regulatorische Hemmnisse:




- **Marktzugangsbarrieren** (z. B. Präqualifizierungsbedingungen, Produktdefinitionen)
- **Fehlanreize** bzw. Verzerrung der Strompreissignale zum Einsatz der Flexibilität (insbesondere Entgelte und Abgaben)
- Beschränkte Sichtbarkeit oder Nicht-Sichtbarkeit der **Strompreissignale** beim Endverbraucher

3. (Sozio-)ökonomische Hemmnisse:

- Hohe **Investitionskosten** und Notwendigkeit kurzer Amortisationszeiten (Diskussion zu Finanzierungsfragen insbesondere in der AG 3 zu steuerbaren Kapazitäten)
- **Unsicherheit** über künftige Entwicklungen des Strommarktes (verfügbare Vermarktungsoptionen für Flexibilität, Preisentwicklung an Strommärkten, Entwicklung der Vergütung von Flexbereitstellung)
- **Informationsmängel** und Vorbehalte gegenüber Neuerung
- Bedenken zur Datensicherheit **und Datenschutz** sowie Bedenken gegen Eingriffe und Steuerung durch Dritte
- Abweichung von idealen Betriebspunkt führt zu erhöhtem Strombedarf und Anlagenverschleiß, **Effizienzverluste**

Die genannten Hemmnisse werden in der nachfolgenden Grafik (s. Abbildung 2) den Kategorien der Flexibilitätsoptionen zugeordnet. Hinweis: Für eine übersichtliche Darstellung wurden unter den Schlagworten in der Tabelle, wie bspw. Marktzugangsbarrieren, eine Reihe von Hemmnissen zusammengefasst. Im Detail können die Hemmnisse für die einzelnen Technologien und Industriezweige aufgrund der technischen Besonderheiten jedoch sehr unterschiedlich aussehen und entsprechend auch die Instrumente zur Adressierung der Hemmnisse unterschiedlich wirken.

Abbildung 21: Zuordnung der Hemmnisse zu den Flexibilitätsoptionen.

Kategorien der Flexibilitätsoptionen	Industriezweige/ Technologien	Technische Hemmnisse	Regulatorische Hemmnisse	(Sozio-)ökonom. Hemmnisse
 Industrielle Flexibilität <ul style="list-style-type: none"> – Schaltbare Leistung je Standort: hoch – Spez. Erschließungsaufwand: niedrig – Verfügbarkeit: sehr hoch (hauptsächlich positives Flexibilitätspotenzial) 	Eisen, Stahl NE-Metalle Zement Glas Grundstoffchemie Papier Nahrungsmittel, Automobil Querschnittstechnologien (QST) Großwärmepumpen Elektrolyseure*	<ul style="list-style-type: none"> – Produktqualität – Folgeprozesse – Organisatorische Hemmnisse 	<ul style="list-style-type: none"> – Marktzugangsbarrieren – Fehlanreize 	<ul style="list-style-type: none"> – Investitionskosten – (Informationsmängel) – Unsicherheit – Effizienzverluste
 Großskalige Speicher <ul style="list-style-type: none"> – Schaltbare Leistung je Standort: hoch – Spez. Erschließungsaufwand: niedrig – Verfügbarkeit: hoch 	Großbatterien Pumpspeicher	Weitgehend adressiert		
 Kleinskalige Flexibilität <ul style="list-style-type: none"> – Schaltbare Leistung je Standort: niedrig – Spez. Erschließungsaufwand: hoch (Stand heute) – Verfügbarkeit: tlw. witterungsabhängig (bspw. Wärmepumpen) 	QST (kleine, mittlere Gewerbe) Elektroautos Wärmepumpen Heimspeicher	<ul style="list-style-type: none"> – Digitale Messinfrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> – Marktzugangsbarrieren – Fehlanreize – Strompreissignale 	<ul style="list-style-type: none"> – Investitionskosten – Informationsmängel – Datenschutz – Unsicherheit

*Die Möglichkeit einen Elektrolyseur flexibel zu betreiben ist abhängig vom Betriebsmodus, der Integration in das Stromsystem und das Wasserstoffsystem (Speicher, Pipelinekapazität).

Die „Hemmnis-Matrix“ zeigt, dass die Beseitigung von Hemmnissen auf vielen unterschiedlichen Ebenen ansetzt: Um Flexibilität voranzubringen gilt es eine große Bandbreite an technischen, regulatorischen und (sozio-) ökonomischen Themen zu adressieren. Der Handlungsbedarf fällt dabei je nach Kategorie unterschiedlich aus. Beispielsweise stellt für kleinskalige Flexibilität derzeit oftmals die fehlende digitale Messinfrastruktur ein technisches Hemmnis dar. Um dieses Hemmnis abzubauen, wurde mit dem Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende (GNDEW) bereits ein wichtiger Schritt getan – neben einem beschleunigten Rollout intelligenter Messsysteme wird durch das Gesetz auch der Zugang zu dynamischen Stromtarifen verbessert. Während die Messinfrastruktur bei industriellen Lasten kein Problem darstellt, stehen dort aber Fragen der Produktqualität etc. im Vordergrund.

Insgesamt zeigt sich, dass die Beseitigung von Hemmnissen eine „no-regret“ Maßnahme darstellt. Der Hemmnisabbau wirkt flankierend zu anderen Maßnahmen und stellt eine Voraussetzung für einen leistungsfähigen Strommarkt im klimaneutralen Stromsystem dar. Zudem gibt es im Bereich Flexibilitätshemmnisse keine „one-size-fits-all“ Lösung, es bedarf vielmehr eines spezifischen Ansatzes je nach Kategorie der Flexibilitätsoption oder Hemmnis-Kategorie.