

# Innovative Energiespeicher Marktentwicklung 2022

Innovative Energietechnologien in Österreich

S. Aigenbauer, C. Dißauer,  
M. Enigl, M. Fuhrmann,  
D. Matschegg, C. Schmidl,  
C. Strasser, E. Wopienka

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**36j/2023**



## **Danksagung:**

Am vorliegenden Marktbericht haben zahlreiche Personen in Firmen, Verbänden, den Landesregierungen, den Institutionen zur Abwicklung von Förderungen auf Landes- und Bundesebene, sowie in den beteiligten Forschungseinrichtungen mitgewirkt. Ihnen sei für die konstruktive Kooperation während der Projektarbeit herzlich gedankt!

Unser Dank gebührt weiters Herrn Professor Gerhard Faninger, der die Marktentwicklung der Technologien Photovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpen vom Beginn der Marktdiffusion in den 1970er Jahren bis zum Jahr 2006 erhoben, analysiert und dokumentiert hat. Die vorliegende Studie baut auf diesen historischen Zeitreihen auf und führt diese auf konsistente Art fort.

Für das Projektteam: Peter Biermayr

## **Die Marktberichte im Internet:**

Die Kurz- und Langfassung, Steckbriefe der einzelnen Technologien sowie Präsentationsfolien aus den Markterhebungen werden unter

<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/publikationen/schriftenreihe-2023-36-marktentwicklung-energietechnologien.php> zum Download angeboten.

## **Impressum:**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA

Projektbegleitung: Mag. Hannes Bauer

Quellennachweis Titelbilder:

Holzpellets und Photovoltaikmodul: Peter Biermayr

Solarthermische Kollektoren: Bernhard Baumann

Erdkollektor: Firma Ochsner Wärmepumpen

Windkraftanlagen: IG Windkraft/Tag des Windes/Markus Axnix

Der auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorinnen/der Autoren ausgeschlossen ist.

Nutzungsbestimmungen: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

# Innovative Energiespeicher Marktentwicklung 2022

Innovative Energietechnologien in Österreich

Berichtsteile Biomasse Brennstoffe, Biomassekessel und -öfen und innovative  
Energiespeicher: BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH  
DI (FH) Stefan Aigenbauer, DI Dr. Christa Dißauer,  
DI Dr. Monika Enigl, DI DI Marilene Fuhrmann  
DI Doris Matschegg, DI (FH) Dr. Christoph Schmidl  
DI Dr. Christoph Strasser, DI Dr. Elisabeth Wopienka



Wien, Mai 2023

Im Auftrag des Bundesministeriums für  
Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## Vorwort



Leonore Gewessler

Die österreichische Bundesregierung hat es sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Um die Klimawende zu erreichen, sind Energietechnologien essentiell. Das Monitoring dieser Marktentwicklung ist unerlässlich und ermöglicht die Evaluierung von energie- und forschungspolitischen Steuerungsmaßnahmen und stellt die Grundlage für weitere energiepolitische Aktivitäten dar. Daher erhebt das Klimaschutzministerium jährlich die Entwicklung der Installation und Produktion von Windenergie, Solarthermie, Photovoltaik, fester Biomasse und Wärmepumpen. Auch PV-Batteriespeicher, Großwärmespeicher, Bauteilaktivierung in Gebäuden und innovative Energiespeicher werden erhoben, als wichtige Säulen zum Erreichen der Klima- und Energieziele.

Nun sind die Ergebnisse für das Datenjahr 2022 da und sie sind höchst erfreulich: Die Energiewende schreitet voran! Die Maßnahmen der Bundesregierung – wie z. B. „Raus aus Öl und Gas“ und Förderungen für Photovoltaik und Windkraft – greifen und zeigen das zweite Jahr in Folge eine äußerst positive Entwicklungsdynamik.

Die Verkaufszahlen von Biomassekesseln stiegen von 2021 auf 2022 um 64 %, bei Biomasseöfen um 40 %, bei Wärmepumpen um 60 %, bei Photovoltaik um 36 % und bei der Windkraft um 8 %. Auch der Speicherbereich profitiert von der Vielzahl an Förderungen und Angeboten: Der Absatz von PV-Batteriespeichern wuchs um 75 %, in Nah- und Fernwärmenetze wurden neue Behälterspeicher im Umfang von 3.326 m<sup>3</sup> errichtet und das durch die Bauteilaktivierung erschlossene netzdienliche Lastverlagerungspotenzial konnte um 29 % gesteigert werden.

Diese Erfolge basieren auch auf den jahrelangen Anstrengungen in den Bereichen Forschung, Technologie und Innovation (FTI). Die zugrundeliegende FTI-Strategie der Bundesregierung steht im Zentrum der österreichischen Standortpolitik. Ein Beispiel: So forschen zurzeit 47 österreichische Firmen und Forschungseinrichtungen an innovativen Energiespeichertechnologien, wobei 25 dieser Unternehmen bereits höchst innovative Produkte am Markt anbieten.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen auch, dass Menschen und Firmen verstärkt in Technologien zur Bereitstellung und der Speicherung erneuerbarer Energien investieren. Diese Daten und die daraus ableitbaren Schlussfolgerungen sind eine wichtige Grundlage für Bund und Bundesländer, um weitere geeignete Rahmenbedingungen für eine forcierte Strom- und Wärmewende und auch die europäische Technologiesouveränität zu schaffen. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen eine informative Lektüre.

Leonore Gewessler

Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie



## *Inhaltsverzeichnis*

<b>1. Steckbrief Innovative Energiespeicher .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Profile Innovative energy storages.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Schlussfolgerungen Innovative Energiespeicher .....</b>	<b>13</b>
<b>4. Conclusions Innovative energy storages.....</b>	<b>13</b>
<b>5. Präsentationsunterlagen .....</b>	<b>14</b>
<b>6. Marktentwicklung Innovative Energiespeicher.....</b>	<b>16</b>
6.1 Technologiebeschreibung und Stand der Technik .....	16
6.1.1 Wasserstoffspeicher und Power-to-Gas .....	16
6.1.2 Innovative stationäre elektrische Speicher.....	18
6.1.3 Latentwärmespeicher .....	19
6.1.4 Thermochemische Speicher .....	19
6.1.5 Komponenten, Dienstleistungen, Sonstiges .....	19
6.2 Marktentwicklung in Österreich.....	20
6.2.1 Wasserstoffspeicher und Power-to-Gas .....	22
6.2.2 Innovative stationäre elektrische Speicher.....	23
6.2.3 Latentwärmespeicher .....	23
6.2.4 Thermochemische Speicher .....	23
6.2.5 Komponenten, Dienstleistungen, Sonstiges .....	23
6.3 Zahl der Patentanmeldungen .....	24
6.4 Zukünftige Entwicklung innovativer Speichersysteme.....	25
6.5 Fördernde und hemmende Faktoren für Produktion und Vertrieb innovativer Speichertechnologien.....	27

### *Abbildungsverzeichnis*

<b>Abbildung 1</b> – Anzahl der Firmen und Forschungseinrichtungen .....	10
<b>Abbildung 2</b> – Anzahl der jährlich eingereichten Batterie-Patente in Österreich.....	11
<b>Figure 3</b> – Number of innovative storage companies and research institutions in 2022.....	12
<b>Abbildung 4</b> – Anzahl der Firmen und Forschungseinrichtungen .....	21
<b>Abbildung 5</b> – AkteurInnen der Branche für innovative Speichertechnologien.....	21
<b>Abbildung 6</b> – Anzahl der jährlich eingereichten Batterie Patente .....	24
<b>Abbildung 7</b> – Anzahl der jährlich eingereichten Wärmespeicher Patente .....	24
<b>Abbildung 8</b> – Jährlich eingereichte Wasserstoff- und Brennstoffzellenpatente .....	25

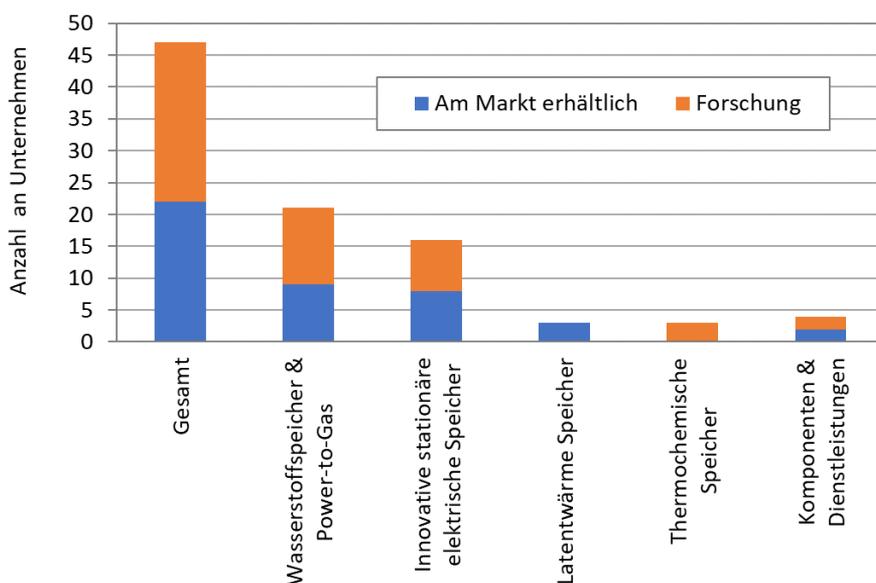
### *Tabellenverzeichnis*

<b>Tabelle 1</b> – Technologien und deren Status in Österreich.....	16
---	----



## 1. Steckbrief Innovative Energiespeicher

Zu den innovativen Energiespeichern zählen in diesem Bericht die folgenden Kategorien: Wasserstoffspeicher, Power-to-Gas, innovative stationäre elektrische Speicher, Latentwärmespeicher sowie thermochemische Speicher. Außerdem wurde die Herstellung von Komponenten und Dienstleistungen berücksichtigt, um ein umfassendes Bild zu erhalten. Insgesamt wurden 47 österreichische Firmen und Forschungseinrichtungen ermittelt, welche innovative Speichertechnologien innerhalb dieser Gruppen beforschen oder am österreichischen Markt anbieten. Die meisten Firmen und Forschungseinrichtungen beschäftigen sich mit Wasserstoffspeicher, gefolgt von innovativen stationären elektrischen Speichern. 22 AkteurInnen bieten ihre Speicher bereits am österreichischen Markt an, 25 beteiligen sich aktiv an deren Erforschung. Eine Aufschlüsselung über die einzelnen Technologien ist in **Abbildung 1** zu sehen. Unter den verschiedenen Gruppen dominieren Wasserstoff-basierte Technologien sowie innovative stationäre elektrische Speicher. In beiden Kategorien befinden sich bereits Produkte am Markt, wobei an anderen Entwicklungen noch geforscht wird.

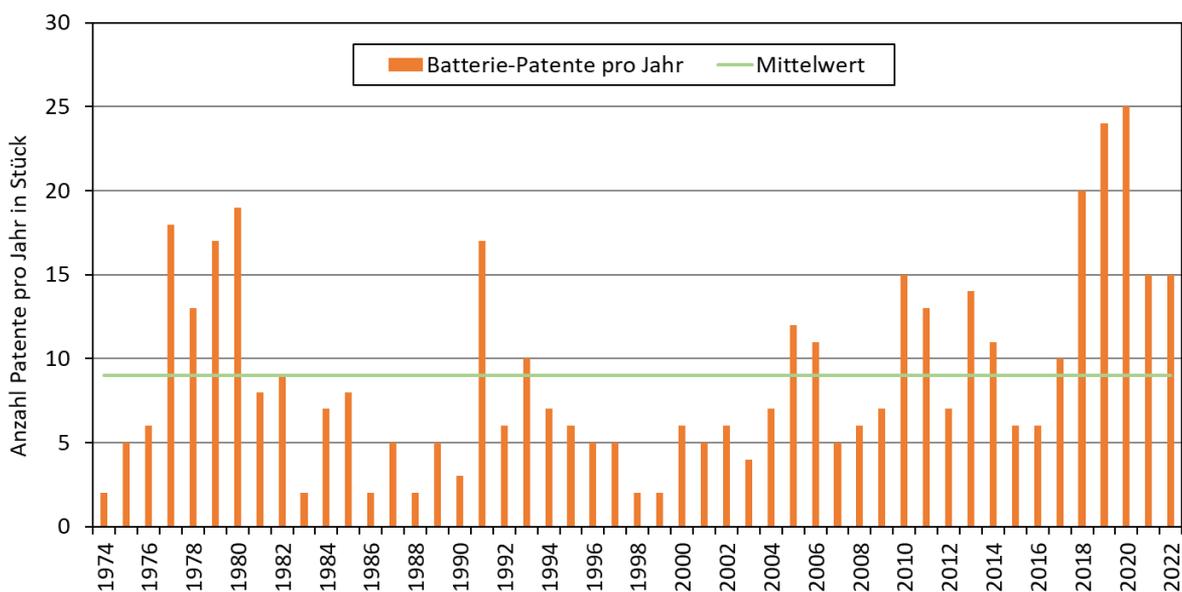


**Abbildung 1 – Anzahl der Firmen und Forschungseinrichtungen welche innovative Speichertechnologien beforschen oder am österreichischen Markt anbieten (Status 2023)**  
Quelle: BEST (2023)

Innovative Speichertechnologien nehmen insgesamt nach wie vor einen geringen Marktanteil ein, wenn überhaupt schon Marktreife erreicht wurde. Zwar sind bereits Produkte am Markt, Marktvolumen und Verkaufszahlen liegen aber deutlich unter jenen von konventionellen Batterien. Auf der Forschungsseite sind jedoch verstärkte Aktivitäten von Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Start-ups und KMUs sowie von internationalen Unternehmen zu verzeichnen. Häufig handelt es sich um Grundlagenforschung, wie z. B. im Bereich der thermochemischen Speicher. In Technologien, die schon weiter voran geschritten sind, ist die Forschung dagegen stärker anwendungsorientiert. Insgesamt ist der Markt dadurch sehr dynamisch, die TRLs erstrecken sich je nach Technologie über den Bereich 2-9. Diese Dynamik spiegelt sich allerdings nicht nur in neuen Aktivitäten wider, sondern auch in Unternehmen, die sich nicht durchsetzen konnten. Hier spielte v. a. die Covid-19 Pandemie

eine Rolle, die durch Schwierigkeiten in Lieferketten und durch andere Restriktionen dazu geführt hat, dass z. B. gewisse KMUs oder Start-ups ihre Aktivitäten (vorübergehend) einstellen mussten.

Für die Zukunft wird allerdings erwartet, dass der Speicherbereich sehr stark an Bedeutung gewinnen wird. Innovative Systeme werden dabei stärker gefragt sein, da die Anforderungen ja nach Anwendungsbereich sehr vielfältig sind. Laut Experteneinschätzung wird der Bereich Elektromobilität einen stark steigenden Bedarf an Li-Ionen Batterien aufweisen, der die gesamte Verfügbarkeit ausschöpfen wird. Der Megatrend der Elektrifizierung betrifft allerdings eine breite Palette an Anwendungsbereichen und speziellen Anforderungen. Das begünstigt eine Weiterentwicklung innovativer Speicher. Besonderes Potenzial weisen dabei Wasserstoffspeicher sowie innovative stationäre elektrische Speicher, z. B. Salzwasser- oder Redox-Flow-Batterien, auf. Fortschritte in Forschung und Entwicklung spiegeln sich außerdem in Patentanmeldungen wider: Im Durchschnitt wurden 1974 bis 2022 9 Patente pro Jahr für Batterien angemeldet, wobei der Durchschnitt 2018 bis 2022 bei 19,8 Anmeldungen pro Jahr liegt – siehe **Abbildung 2**.

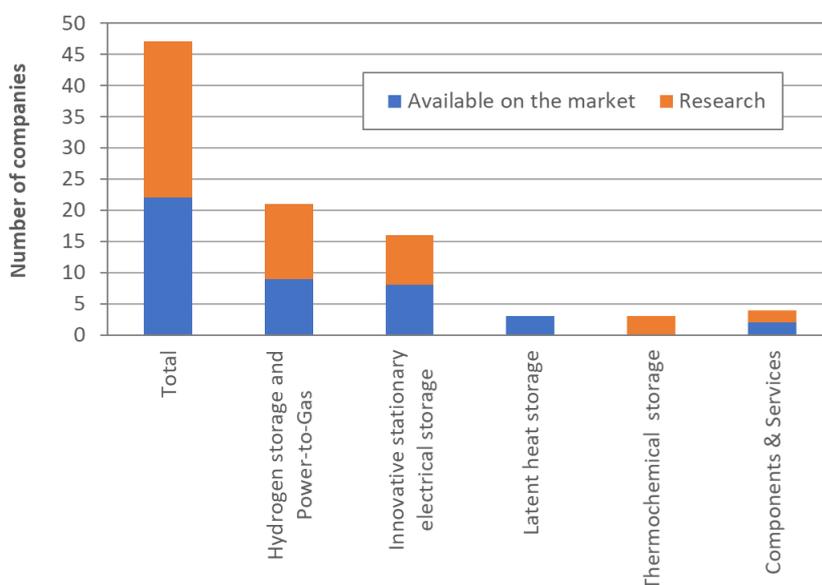


**Abbildung 2 – Anzahl der jährlich eingereichten Batterie-Patente in Österreich von 1974 bis 2022. Quelle: Österreichische Patentamtsdatenbank: Nationale Patente Suche Aufbereitung und Auswertung: BEST (2023)**

Als förderlich für die zukünftige Entwicklung der Branche innovativer Speicher werden beispielsweise die Abkehr von fossilen Brennstoffen, die Elektrifizierung verschiedener Bereiche, die gesteigerte Nachfrage nach Gesamtsystemen (z. B. PV, Batterie, Wärmepumpe) sowie die politische Forcierung und entsprechende Förderungen in der Forschung sowie in der Installation (KonsumentInnenseite) betrachtet. Auf der anderen Seite betrachten AkteurInnen der Branche bürokratische Hürden, Genehmigungsverfahren, mangelnde Wirtschaftlichkeit bei gegebenen Rahmenbedingungen sowie einen Mangel an Fachpersonal als hinderlich für eine weitere Etablierung innovativer Speichertechnologien.

## 2. Profile Innovative energy storages

Innovative storage systems in this report include hydrogen storage, power-to-gas, innovative stationary electrical storage, latent heat storage, and thermochemical storage. In addition, component manufacturing and services were considered to provide a comprehensive overview. A total of 47 Austrian companies and research institutions were identified that are researching innovative storage technologies within these categories or offer them on the Austrian market. Most companies and research institutions deal with hydrogen storage, followed by innovative stationary electrical storage. 22 actors already offer their storage systems on the Austrian market, 25 are actively involved in their research. A distribution across the individual technologies can be seen in **Figure 3**. Among the different groups, hydrogen-based technologies and innovative stationary electric storage systems are the most dominant.



**Figure 3 – Number of innovative storage companies and research institutions in 2022**  
 Source: BEST (2023)

Compared to 2020, innovative storage technologies still have a small market share overall, if they have reached market maturity at all. However, there is an increase in research activities by universities, non-university research institutions, start-ups and SMEs, as well as international companies. As a result, the market is very dynamic, with TRLs ranging from 2 to 9, depending on the technology. For the future, it is expected that the storage sector will become increasingly important.

Innovative systems will be in greater demand, as specific requirements are very diverse depending on the area of application. Hydrogen storage systems and innovative storage systems, e.g. sodium ion batteries, show particular potential. Progress in research and development is also reflected in patents: On average, 9 patents per year were registered for batteries from 1974 to 2022, whereas the average from 2018 to 2022 is 19.8 patents per year.

### **3. Schlussfolgerungen Innovative Energiespeicher**

Gegenüber der ersten Erhebung für das Jahr 2020 hat sich im Bereich der Innovativen Energiespeicher die Anzahl der identifizierten Firmen und Forschungseinrichtungen von 36 auf 47 im Jahr 2022 erhöht. Die Anzahl der Patenteinreichungen im Bereich Batterien, Wasserstoff und Brennstoffzellen hat in den letzten 5 Jahren deutlich zugenommen. Einzelne Firmen sind seit der Erhebung 2020 verschwunden oder haben den Bereich aufgegeben, insgesamt ist eine Belebung der Szene zu beobachten. Trotzdem ist dieser Bereich weiterhin überschaubar. Es ist davon auszugehen, dass die Zahl der Firmen und Forschungseinrichtungen im Bereich der innovativen Energiespeicher in den nächsten Jahren weiter steigen wird. Eine Intensivierung der Forschung und Entwicklung wird nichtsdestotrotz notwendig sein, um im internationalen Vergleich bestehen zu können. Für den Aufbau von Produktionskapazitäten und die Markteinführung sind geeignete, möglichst unbürokratische Förderungen und Instrumente als Zusatz zu bestehenden Angeboten (z. B. bestehende Förderungen für Start-ups) gefragt. Interessierte neue Firmen oder Forschungseinrichtungen sind explizit eingeladen sich beim Team der Marktstatistik zu melden, bzw. einen Fragebogen auszufüllen, um die Marktstatistik kontinuierlich zu verbessern.

### **4. Conclusions Innovative energy storages**

Compared to the first survey for 2020, the number of companies and research institutions identified in the area of Innovative Energy Storage has increased from 36 to 47 in 2022. The number of patent submissions in the area of batteries, hydrogen and fuel cells has increased significantly over the last 5 years. Individual companies have disappeared or abandoned the field since the 2020 survey, but overall, a revitalization of the scene can be observed. Nevertheless, this area remains manageable. It can be assumed that the number of companies and research institutions in the field of innovative energy storage will continue to increase in the coming years. Intensification of R&D will nevertheless be necessary in order to compete internationally. For the development of production capacities and the market launch, suitable, as unbureaucratic as possible, subsidies and instruments are required as an addition to existing offers (e.g. existing subsidies for start-ups). Interested new companies or research institutions are explicitly invited to contact the market statistics team or to fill in a questionnaire in order to continuously improve the market statistics.

## 5. Präsentationsunterlagen

### Innovative Energiespeicher: Definition

- Wasserstoffspeicher & Power-to-Gas (Brennstoffzelle, Elektrolyse)
- Innovative stationäre elektrische Speicher (Salzwasserbatterie, Redox-Flow-Batterie)
- Latentwärmespeicher (Phase Change Material - PCM, Eisspeicher)
- Thermochemische Speicher (Absorptions- und Adsorptionsspeicher)

#### Lokale Eingrenzung

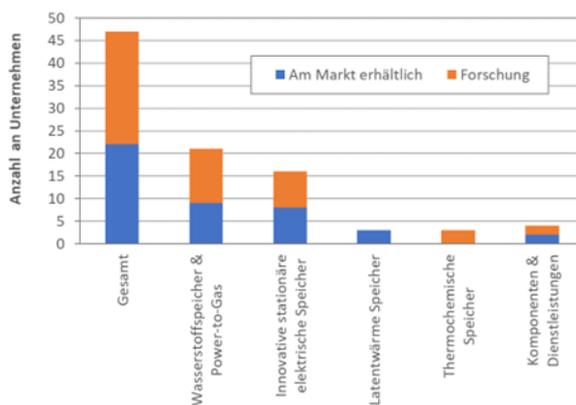
- Österreichische Hersteller bzw. österreichischer Markt
- Österreichische Forschungsaktivitäten
- Verkaufte Einheiten oder umgesetzte Pilot- und Demonstrationsprojekte

23

### Innovative Energiespeicher: Marktteilnehmer

#### Firmen und Forschungseinrichtungen innovative Speichertechnologien in Österreich

Anzahl der Firmen und Forschungseinrichtungen, welche innovative Speichertechnologien beforschen oder am österreichischen Markt anbieten



Quelle: BEST

24

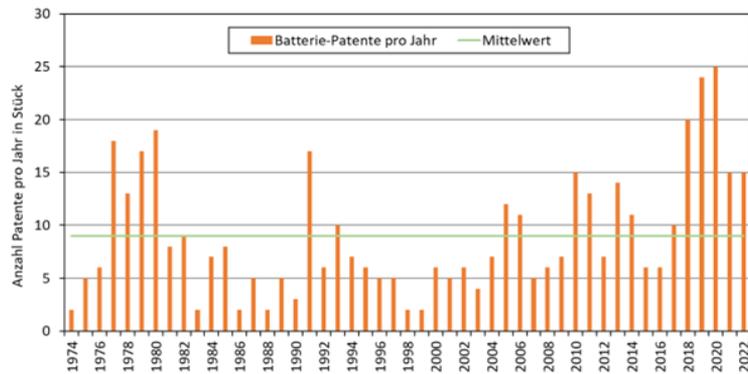
## Innovative Energiespeicher: Patente

Die Zahl der Patentanmeldungen gibt Einblick in die Forschungsaktivitäten

Anzahl der jährlich eingereichten Batterie-Patente in Österreich:

∅ 1974 bis 2022: 9,0

∅ 2018 bis 2022: 19,8



Quelle: Österreichische Patentdatenbank, Auswertung BEST

25

## Innovative Energiespeicher: Schlussfolgerungen

- Die Anzahl der identifizierten Firmen und Forschungseinrichtungen hat sich im Vergleich zu 2020 von 36 auf 47 im Jahr 2022 erhöht
- Die Anzahl der Patenteinreichungen im Bereich Batterien, Wasserstoff und Brennstoffzellen hat in den letzten 5 Jahren deutlich zugenommen
- Bereich weiterhin überschaubar
- Eine Intensivierung der Forschung und Entwicklung wird notwendig sein, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können

26

## 6. Marktentwicklung Innovative Energiespeicher

### 6.1 Technologiebeschreibung und Stand der Technik

Die meisten innovativen Speichertechnologien befinden sich nach wie vor in Entwicklung bzw. in der Weiterentwicklung, wobei parallel auch bereits Klein- oder Vorserien auf dem Markt sind. Daher soll in diesem Kapitel ein Überblick über deren Einteilung, die für diesen Bericht getroffen wurde, sowie über die grundlegenden Funktionsweisen und den derzeitigen Stand der Technik laut Fragebögen gegeben werden. **Tabelle 1** fasst außerdem die berücksichtigten Technologien und deren Status in Österreich zusammen.

**Tabelle 1 – Technologien und deren Status in Österreich**  
 Quellen: Austrian Institute of Technology (2018) und BEST (2023)

Technologie	Vermarktung in AT	Forschung in AT	TRL
<b>Wasserstoffspeicher &amp; Power-to-Gas</b>	<b>Ja</b>	<b>Ja</b>	<b>3-9</b>
Brennstoffzellen	Ja	Ja	3-9
Metallhydridspeicher	Nein	Ja	2-4
Untergrundporenspeicher	Nein	Ja	4
Power-to-Gas	Ja	Ja	3-9
<b>Stationäre elektrische Speicher</b>	<b>Ja</b>	<b>Ja</b>	<b>6-9</b>
Redox-Flow-Batterie	Ja	Ja	6-9
Salzwasserbatterien	Ja	Ja	3-9
<b>Latentwärmespeicher</b>	<b>Ja</b>	<b>Ja</b>	<b>2-9</b>
<b>Thermochemische Speicher</b>	<b>Nein</b>	<b>Ja</b>	<b>1-5</b>

#### 6.1.1 Wasserstoffspeicher und Power-to-Gas

Wasserstoffspeichertechnologien beinhalten im Wesentlichen Brennstoffzellen und die Speicherung von Wasserstoff in Druckspeichern oder Metallhydridspeichern. Wasserstoff kann durch Elektrolyse (Power-to-Gas) oder thermo-chemische Gaserzeugung aus Biomasse und anschließender Synthese hergestellt werden.

Es gibt verschiedene Arten von **Brennstoffzellen**, wie z. B. alkalische Brennstoffzellen, Proton-Exchange-Membran-Brennstoffzellen und Solid-Oxide-Brennstoffzellen. Das Funktionsprinzip ist die Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie. Dafür wird Reaktionsenergie genutzt, welche bei der Reaktion von Wasserstoff mit einem Oxidationsmittel wie Sauerstoff entsteht. Brennstoffzellen können mobil für den Transportsektor oder stationär in der Industrie als z. B. Back-up Stromerzeugung als Ersatz von Diesel-Notstromaggregaten verwendet werden. Vorteile von Brennstoffzellen sind die gute Regelbarkeit, hohe Wirkungsgrade, der geringe Wartungsaufwand und geringe Emissionen. Zu den Nachteilen zählen die hohen Investitionskosten. Je nach Technologie liegt der TRL zwischen 2 und 9, d. h. es befinden sich bereits unterschiedliche Produkte dieser Kategorie am Markt, während an anderen noch mit unterschiedlichem Reifegrad geforscht wird.

In Österreich wird derzeit an Proton-Exchange-Membran Brennstoffzellen für den Schwerverkehr und stationäre Anwendungen geforscht, wobei 2023 ein Markteintritt erwartet wird. Die Nennkapazität der Brennstoffzellen liegt bei 50 kW, während der Zielwert für die zyklische Lebensdauer bei über 20.000 Zyklen liegt. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt bei derzeitigem Stand 56 %.

**Wasserstoffdruckspeicher** speichern verdichteten Wasserstoff unter Druck (350-700 bar) über einen gewissen Zeitraum. Der aufgebrachte Druck bestimmt somit die Energiedichte und folglich den Platzbedarf und variiert je nach Anwendungsbereich und dessen Anforderungen. Für stationäre Anwendungen, die in der Industrie eingesetzt werden, wird Wasserstoff unter geringerem Druck und daher mit größerem Platzbedarf gespeichert. Mobile Anwendungen erfordern dagegen einen geringeren Platzbedarf, was einen höheren Druck bedingt. Ein Nachteil ist das hohe Gewicht der Speicher. Als Materialien für die Behälter werden meist Stahl oder kohlefaserverstärkte Verbundmaterialien verwendet. Es wird an leichteren Materialien geforscht, welche in der Lage sind, dem hohen Druck standzuhalten. In Österreich sind Wasserstoffdruckspeicher für die Speicherung von 20 kg bis 1.000 kg Wasserstoff erhältlich.

Während Wasserstoffdruckspeicher bereits auf dem österreichischen Markt erhältlich sind, befinden sich **Metallhydridspeicher** noch in Entwicklung (TRL 2-4). Bei einem Metallhydridspeicher wird Wasserstoff in einem Metall oder in Metalloxiden gespeichert. Wasserstoff und Metall bilden eine Verbindung, welche durch Reduzierung des Drucks und leichter Wärmezufuhr wieder getrennt wird. Ein mögliches Anwendungsgebiet sind mobile Brennstoffzellen für den Transportsektor. Metallhydridspeicher sind aufgrund des geringen Drucks sehr sicher, allerdings benötigt die Aufnahme bzw. Abgabe des Wasserstoffs mehr Zeit als bei Wasserstoffdruckspeichern. Der Speicher ist außerdem aufgrund des Metalls schwerer, wodurch sich die Anwendung im Transportsektor eher auf den Schwerverkehr einschränken wird. In Österreich wurde bereits 2020 an der Energiespeicherung in Metalloxiden zum Netzlastausgleich (Tag/Nacht, saisonal) mit einem TRL von 2-3, einer Kapazität zwischen 100 kWh und 100 GWh, einer Beladeleistung von 100 bis 100.000 kW, keiner Selbstentladung und einem Gesamtwirkungsgrad von 50-60 % geforscht. Diese Technologie hat bisher keine Marktreife erreicht, der TRL liegt derzeit allerdings bei 6 für eine Nennkapazität von 10 kWh, einer Lebensdauer von 500 Zyklen und einem Gesamtwirkungsgrad von 84 %.

**Power-to-Gas** bezeichnet die Umwandlung von Strom in gasförmige Brennstoffe, wie Wasserstoff oder Methan durch Elektrolyse. Bei einer **Elektrolyse** wird Wasser mit Hilfe von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff umgewandelt. Für die Elektrolyse sind verschiedene Technologien mit unterschiedlichen Marktanteilen bzw. Reifegraden am Markt oder in Entwicklung. Beispielsweise gibt es Alkalische Elektrolyseure, welche den größten Marktanteil haben. Diese arbeiten bei Umgebungstemperatur bis zu 120°C sowie bei 1 bis 200 bar mit einem Gesamtwirkungsgrad von 53-69 %. Die Polymer Electrolyte Membrane Elektrolyse hat einen sehr geringen Marktanteil, arbeitet bei Umgebungstemperatur bis zu 90°C sowie bei 1 bis 350 bar mit einem Gesamtwirkungsgrad von 63-76 %. Die sogenannte SOEC (Solid Oxide Electrolysis Cell) befindet sich noch im Forschungsstadium. Die Arbeitstemperatur liegt bei 600-800°C, der Druck bei 1-25 bar und der Gesamtwirkungsgrad soll 80-90 % erreichen.

Für die Herstellung von Methan wird weiters CO<sub>2</sub> und eine Methansynthese benötigt. Das CO<sub>2</sub> kann unter anderem aus Verbrennungsabgasen gewonnen werden. Methan kann in weiterer Folge z. B. in das Gasnetz eingespeist und in vorhandener Infrastruktur gespeichert werden. Wasserstoff kann in Druckspeichern gespeichert oder in Brennstoffzellen verwendet werden. Für die Einspeisung von Wasserstoff in das Gasnetz müssen die Gasleitungen wasserstofftauglich sein. Aktuell können laut ÖVGW Richtlinie bis zu 10 % Wasserstoff eingespeist werden (ÖVGW 2021). Vorteile der Power-to-Gas Technologie sind eine weite Verbreitung und die hohen Speicherkapazitäten durch das weit ausgebaute Gasnetz und vorhandene Gasspeicher in Österreich. Dadurch sind Power-to-Gas Technologien gut für die

Verwendung von Überschussstrom aus erneuerbaren Energien geeignet. Die zum Teil noch geringen Umwandlungswirkungsgrade stehen diesen Vorteilen gegenüber.

Derzeit wird in Österreich anwendungsorientierte Forschung betrieben, die auf die Nutzung von Wasserstoff in Industrie und Verkehr sowie die Einspeisung von Methan in das Erdgasnetz abzielt. In einem derzeit laufenden Projekt wurden eine PV und Elektrolyse Anlage sowie der Methanisierungsprozess in eine bestehende Biogasanlage integriert, um hier Synergien zu nutzen. Derzeit werden dabei 150 Tonnen Wasserstoff pro Jahr erzeugt, wobei geplant ist, diese Kapazität zu verdoppeln.

### 6.1.2 Innovative stationäre elektrische Speicher

In diesem Kapitel werden Redox-Flow-Batterien und Natrium-Ionen Batterien behandelt, da diese in ihrer Entwicklung relativ weit fortgeschritten sind. Zusätzlich wird an weiteren Speichertechnologien geforscht, die zu dieser Kategorie gezählt werden, derzeit aber noch geringe Relevanz haben. Ein Beispiel ist die Entwicklung einer Sauerstoff-Ionen Batterie.

**Redox-Flow-Batterien** sind elektrochemische Speicher, welche Strom mithilfe einer Flüssigkeit (Elektrolyt) speichern. Der Energieinhalt kann zwischen einigen kWh bis hin zu mehreren MWh liegen. Sie werden hauptsächlich für mehrstündige bis langfristige Anwendungen eingesetzt, zum Beispiel um Schwankungen im Netz durch erneuerbare Energieträger auszugleichen. Sie eignen sich daher auch für Microgrids oder Inselanlagen. Vorteile liegen in der hohen Lebensdauer und der Systemsicherheit, als Nachteile zählen die niedrige Energiedichte und der daraus resultierend hohe Platzbedarf. Aus diesem Grund werden Redox-Flow-Batterien stationär und nicht mobil angewendet. Redox-Flow-Batterien haben einen TRL von 8-9. In Österreich wird diese Art von Speicher bereits angeboten, wobei parallel auch noch Forschung mit einem TRL von 2 betrieben wird. Dabei handelt es sich um einen Redox-Flow-Speicher für PV Strom mit dem Speichermedium Eisenchlorid. Die Nennkapazität beträgt derzeit 1 MW mit einem Gesamtwirkungsgrad von 70 %. Der Markteintritt soll voraussichtlich 2027 erfolgen.

Bei einer **Natrium-Ionen Batterie** (oder Salzwasserbatterie) wandern Ionen aus dem Salzwasser zwischen Anode und Kathode und erzeugen dadurch einen Energiefluss. Durch den Wechsel zwischen Anode und Kathode wird die Batterie beladen bzw. entladen. Für Salzwasserbatterien werden weder Kupfer, Cobalt noch Nickel benötigt. Aufgrund des hohen Gewichts werden sie stationär im Privat- und Gewerbebereich eingesetzt. 2020 wurden bereits Salzwasserbatterien von einem österreichischen Hersteller angeboten. Die Kapazitäten lagen bei 5 kWh bis 270 kWh als anschlussfertige Gesamtsysteme. Die Beladeleistung lag zwischen 1 kW und 45 kW, die Entladeleistung bei 1 kW bis 48 kW, die Lebensdauer bei ca. 5.000 Zyklen bzw. 15 Jahren mit einer Selbstentladung von 10 % im Monat und einen Gesamtwirkungsgrad von 88,5 %. Die Produkte können, im Vergleich zu 2020, von einem anderen österreichischen Lieferanten am Markt bezogen werden. Es gibt auch neue Forschungsaktivitäten zu dieser Speichertechnologie mit einem TRL von 3. Ziel ist die Heimanwendung zur Speicherung von PV Strom. Die Nennkapazität liegt derzeit bei 8 kWh und die zyklische Lebensdauer bei 20 Zyklen. Der Markteintritt wird 2025 erwartet.

Ein internationales Forschungsprojekt mit österreichischer Beteiligung beschäftigt sich außerdem mit einem hybriden Energiespeichersystem, welches unter anderem aus einer Hochleistungs-Vanadium-Redox-Flow-Batterie und einem Superkondensator besteht. Das Projekt bewegt sich im Demonstrationsmaßstab von 10 bis 100 kWh. Der TRL der Einzelkomponenten liegt ca. bei 6, während das Gesamtsystem im Laufe des Projektes einen

TRL von 4 bis 5 erreichen soll. Die Technologie soll als Schnellenergiespeicher und zur Netzentlastung für mittelfristige sowie kurzfristige Anwendungen genutzt werden.

Außerdem wird an weiteren Speichertechnologien geforscht, die zu der Kategorie innovativer stationärer elektrischer Speicher gezählt werden, wie z. B. eine Sauerstoff-Ionen Batterie.

### **6.1.3 Latentwärmespeicher**

Latentwärmespeicher nutzen die Energie, welche durch den Phasenwechsel (schmelzen, erstarren) des Speichermediums abgegeben wird. Die Temperatur des Speichermediums ändert sich während des Phasenwechsels kaum, was einen Speicherbetrieb bei annähernd konstanter Temperatur ermöglicht. Latentwärmespeicher können in einem kleinen Temperaturbereich rund um den Phasenwechsel sehr große Wärmemengen speichern. Beispiele für Latentwärmespeicher sind Eisspeicher, welche in öffentlichen Gebäuden wie Krankenhäusern oder Einkaufszentren eingesetzt werden.

Latentwärmespeicher variieren sehr stark bezüglich Anwendung und Temperaturniveau. Der TRL liegt zwischen 2 und 9. In Österreich werden unter anderem PCM-Vollgipsplatten und Verschattungslösungen basierend auf der Latentwärmetechnologie angeboten. Dabei werden Phasenwechselmaterialien in Gips bzw. Textilien eingearbeitet. Ab einem gewissen Temperaturniveau schmilzt das PCM-Material, dies geschieht z. B. durch Sonneneinstrahlung. Fällt die Temperatur danach unter einen bestimmten Punkt, erstarrt das PCM-Material und gibt die zuvor gespeicherte Wärme langsam frei.

### **6.1.4 Thermochemische Speicher**

Thermochemische Speicher nutzen Absorption, Adsorption oder chemische Reaktionen. Bei Sorptionsspeichern werden physikalische Wechselwirkungen genutzt, bei denen sich ein Stoff in oder auf einem anderen Stoff anreichert. Oder es wird die Energie genutzt, welche beim Ablauf von chemischen Reaktionen aufgenommen bzw. abgegeben wird. Thermochemische Speicher können als Langzeitspeicher (Wochen-Monate, 60-100°C) im Gebäudebereich, oder als kaskadierender Speicher zur Abwärmenutzung in Produktionsprozessen von z. B. metallverarbeitenden Unternehmen (Tage, 60-250°C) verwendet werden. In Österreich wird Forschung zu thermochemischen Energiespeichermaterialien betrieben. Dabei handelt es sich um anwendungsorientierte Grundlagenforschung mit einem TRL von 3-4 für das Industrieabwärme-Recycling oder die solarthermische Wärmespeicherung. Ein Markteintritt dieser Technologie wird allerdings erst 2030 erwartet. Zudem wird an einem Langzeitwärmespeicher für Gebäude sowie für die gewerbliche und industrielle Trocknung mit Zeolith als Speichermedium geforscht. Der TRL liegt bei 4, die Nennkapazität bei 10 bis 1.000 kWh, die Lebensdauer bei 1.000 Zyklen und der Gesamtwirkungsgrad bei 50-70 %. Der voraussichtliche Markteintritt ist noch nicht bekannt.

### **6.1.5 Komponenten, Dienstleistungen, Sonstiges**

Neben den bereits beschriebenen Technologien, sind österreichische Unternehmen und Forschungseinrichtungen auch in angrenzenden Bereichen tätig, die hier kurz beschrieben werden sollen. Diese umfassen den Maschinenbau, die Produktion von Einzelkomponenten, das Testen sowie das Recycling von Batterien.

Im Bereich Recycling von Batterien aus dem Sektor Elektromobilität liegt der TRL bei 7 mit einer Nennkapazität von 240 bis 10.000 kWh, einer Lebensdauer von über 5.000 Zyklen und einem Gesamtwirkungsgrad von über 95 %. Potenzielle Anwendungsbereiche sind: Industrie

und Produktion, Elektromobilität, Baustellen und Abbaustätten, Telekommunikation und Quartierspeicher. Der Markteintritt wird 2023 mit insgesamt verkauften 15 MWh erwartet.

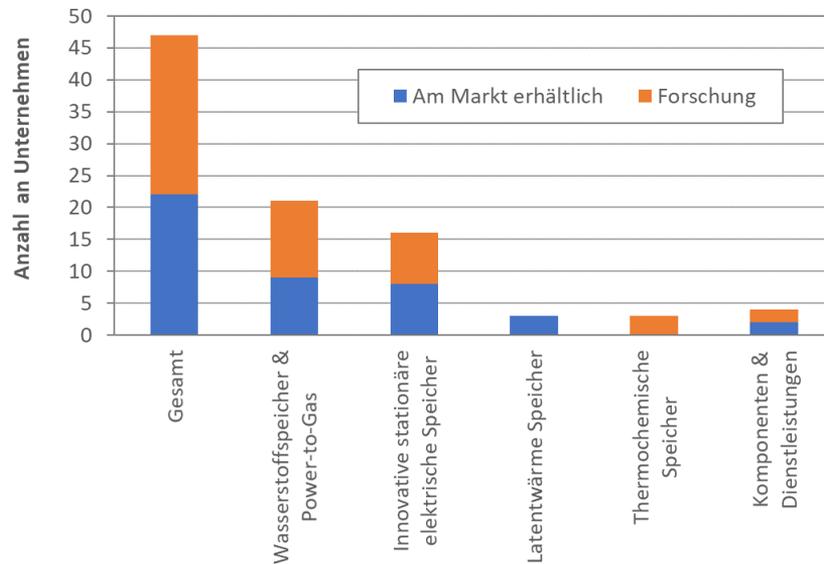
Weiters ist Österreich im Maschinenbaubereich als Zulieferer für Speicheranwendungen tätig. Seit ca. 5 Jahren werden Systeme für Li-Ionen Batterien entwickelt und Module produziert. Die Anwendung dieser Module könnte theoretisch auf andere Speichertechnologien mit gleicher Geometrie ausgeweitet werden.

## 6.2 Marktentwicklung in Österreich

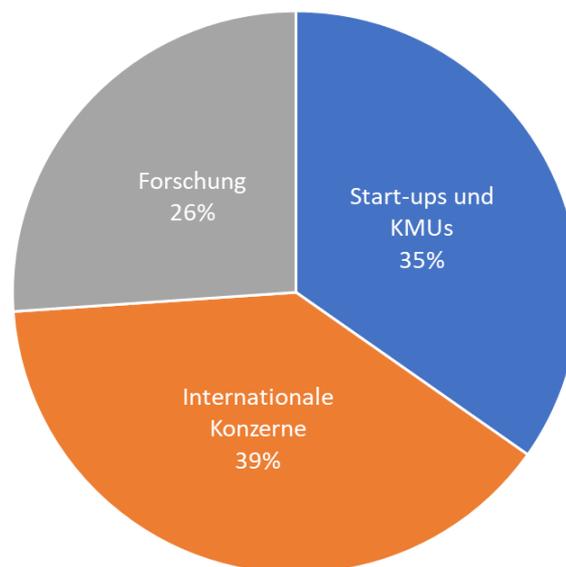
Viele der innovativen Speichersysteme sind derzeit noch in Entwicklung und noch nicht oder erst als Vorseriengeräte oder in geringen Stückzahlen auf dem österreichischen Markt erhältlich. Gegenüber 2020 ist eine verstärkte Forschungsaktivität zu erkennen, die durch Universitäten, andere Forschungseinrichtungen sowie Start-ups, KMUs und Großunternehmen erfolgt. Im Vergleich zu 2020 gibt es 6 zusätzliche Forschungseinrichtungen, die im Bereich innovativer Speichersysteme tätig sind. Außerdem sind 5 Unternehmen mehr am Markt, wobei der Anstieg auf Wasserstoff-basierten Technologien und innovativen stationären Speichern beruht. An dieser Stelle sei allerdings auch erwähnt, dass zwischen den beiden Erhebungen Ereignisse wie die Covid-19 Pandemie liegen, die sich auch auf die Speicherbranche ausgewirkt hat. Steigende Rohstoffpreise, Unterbrechungen in Lieferketten sowie starke Lieferverzögerungen wirkten sich v.a. auf Start-ups und KMUs aus. Somit wurde die Tätigkeit einiger Unternehmen eingestellt, nachdem diese schon am Markt etabliert waren.

Es wird erwartet, dass die erfassten innovativen Speichertechnologien in den nächsten Jahren erhöhte Aufmerksamkeit erfahren. Treiber dafür wird einerseits die technische Notwendigkeit sein, welche sich durch einen wachsenden Anteil von volatilen erneuerbaren Energieträgern im Energiemix ergibt. Andererseits wird es in den nächsten Jahren auch zu ökonomischen Vorteilen kommen, welche sich aufgrund fallender Preise für Speichersysteme und steigender Energiepreise ergeben. Die signifikanteste Entwicklung der Verkaufszahlen wird demnach für innovative stationäre elektrische Speicher erwartet, wobei die Konkurrenzsituation zum etablierten Lithium-Ionen Speicher, vor allem im mobilen Bereich, noch schwer abschätzbar ist. Der insgesamt steigende Bedarf an Stromspeichern in verschiedenen Anwendungsbereichen begünstigt jedenfalls eine Diversifizierung der Technologien. Die in diesem Kapitel angeführten Daten stammen aus der Erhebung durch den Fragebogen bzw. Interviews.

In Österreich konnten für das Jahr 2022 47 Firmen und Forschungseinrichtungen identifiziert werden, welche sich mit innovativen Speichertechnologien beschäftigen. Knapp über die Hälfte befindet sich allerdings noch im Forschungsstadium, während 21 Firmen bereits Produkte am Markt anbieten. Ein Überblick ist in **Abbildung 4** gegeben. Insgesamt sind das 11 Akteure mehr als im Jahr 2020, wobei 5 neue Unternehmen am Markt sind, während von 6 weiteren Einrichtungen Forschung betrieben wird. Nach wie vor dominieren Wasserstofftechnologien. In diesem Bereich haben zwei neue Unternehmen den Markt betreten. Auch im Bereich der innovativen stationären elektrischen Speicher sind zwei weitere Firmen am Markt, wobei die Forschungstätigkeit stärker gesteigert wurde. Kaum eine Veränderung zeigt sich im Bereich der Latentwärmespeicher und den thermochemischen Speichern. Bei Letzteren ist nach wie vor kein Unternehmen am Markt. Der Bereich Komponenten und Dienstleistungen wurde berücksichtigt, um zusätzliche Informationen zu Marktentwicklungen zu erfassen, allerdings wurden diese Unternehmen nicht umfassend recherchiert, somit kann nur ausgesagt werden, dass zwei Unternehmen und zwei Forschungseinrichtungen kontaktiert wurden.



**Abbildung 4 – Anzahl der Firmen und Forschungseinrichtungen welche innovative Speichertechnologien beforschen oder am österreichischen Markt anbieten (Status 2023). Quelle: BEST (2023)**



**Abbildung 5 – AkteurInnen der Branche für innovative Speichertechnologien in Österreich; Verteilung in %. Quelle: BEST (2023)**

Wie sich die Akteure auf Forschungseinrichtungen, KMUs und international tätige Unternehmen verteilen, ist in **Abbildung 5** dargestellt. Den Großteil, nämlich 39 %, stellen die international tätigen Unternehmen dar, gefolgt von 35 % Start-ups und KMUs sowie 26 % Forschungseinrichtungen. Letztere umfassen sowohl Universitäten als auch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen. Gerade bei den Start-ups haben viele noch nicht die Marktreife erreicht, sondern beschäftigen sich noch mit der Produktentwicklung und scheinen daher in **Abbildung 4** als Forschung auf. Ebenso sind viele internationale Unternehmen mit Standorten in Österreich in anderen Bereichen bereits am Markt, während in deren Forschungs- und Entwicklungsabteilungen an neuen, innovativen Technologien geforscht wird. Die Ausgaben

der öffentlichen Hand für Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich werden jährlich im Auftrag des Klimaministeriums erhoben. Dabei ist zu sehen, dass Ausgaben im Bereich „Wasserstoff und Brennstoffzellen“ im Jahr 2021 im Vergleich zu den Vorjahren auf ein Vielfaches gestiegen sind (rund 41 Mio. € 2021). Der Großteil fällt auf den Subbereich Wasserstoff. Ausgaben für den Bereich Speicher lagen in einer Größenordnung von 26 Mio. €, was auch einen Anstieg seit dem Vorjahr bedeutet (Indinger und Rollings 2022).

Von den rückgemeldeten Fragebögen konnten für 2022 insgesamt 120 Vollzeitäquivalente (VZÄ) dokumentiert werden, was eine Steigerung von 3,6 % im Vergleich zu 2021 ist. Das sind allerdings nur jene VZÄ, die konkret für den Speicherbereich angegeben wurden. Häufig sind verschiedene Unternehmensbereiche jedoch gemischt, daher werden diese Arbeitsplätze nicht explizit für den Bereich Speicher gewertet. Von den 120 VZÄ fallen 3,5 % auf innovative stationäre Speicher, 5 % auf Wasserstofftechnologien, 5,8 % auf thermo-chemische Speicher, sowie 85,7% auf Komponenten, Dienstleistungen und Sonstiges.

### **6.2.1 Wasserstoffspeicher und Power-to-Gas**

Es befinden sich bisher nur wenige Wasserstoffspeichertechnologien auf dem österreichischen Markt. Brennstoffzellen oder deren Schlüsselkomponenten werden meist für die Anwendung als saisonaler Langzeitspeicher oder für die Mobilität eingesetzt. Große Anlagen werden meist als Projektgeschäft abgewickelt.

Im Jahr 2022 gab es in Österreich 62 Wasserstoff (Brennstoffzellen) PKWs, was einen Anstieg von ca. 40 % gegenüber 2020 bedeutet, siehe Statistik Austria (2023e). Nach wie vor sind nur 5 Wasserstofftankstellen in Betrieb: Innsbruck, Asten, Wien, Wr. Neudorf und Graz (Gplautogas 2023).

Zudem gab es 2022 eine Systemlösung zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Rückverstromung von solarem Wasserstoff auf dem Markt. Die bisherigen Verkaufszahlen von Wasserstoffspeichertechnologien sind sehr gering. Allerdings werden, laut Angaben einiger Hersteller, innerhalb der nächsten 1-3 Jahre weitere Technologien basierend auf Wasserstoff auf den Markt kommen.

Im Bereich der Elektrolyse sind derzeit neue Technologien in Entwicklung, deren Markteintritt allerdings nicht bekannt ist. Ein österreichisches Unternehmen, welches bereits Brennstoffzellen anbietet, konnte im Jahr 2022 einen Umsatz im einstelligen Millionenbereich in der Sparte Speicher erzielen, wobei neue Arbeitsplätze im Vergleich zum Vorjahr geschaffen wurden, in welchem der Bereich Speicher noch nicht existiert hatte.

Die österreichische Produktion von Wasserstoff-basierenden Technologien erzielte 2022 einen Umsatz in ähnlichen Größenordnungen mit Arbeitsplätzen im Bereich von unter 100 VZÄ. Neue Brennstoffzellenbaugruppen sollen noch 2023 auf den Markt kommen. Der UVP befindet sich derzeit in einer Größenordnung von grob 2.000 €/kW, soll bis zum Jahr 2030 aber deutlich gesenkt werden (unter 1.000 €/kW). Die erzielbare Wertschöpfung in Österreich liegt dabei unter 50 %, weil u.a. Komponenten aus dem Ausland bezogen werden. Der erwartete Exportanteil der Produkte wird mit größer 90 % beziffert. Der Bau von Power-to-Gas Anlagen ermöglicht laut Expertenmeinung keine 100 %-ige Wertschöpfung im Inland, da einige Komponenten nicht oder nur spärlich erhältlich sind.

### **6.2.2 Innovative stationäre elektrische Speicher**

Zu den innovativen stationären elektrischen Speichern zählen zum Beispiel Salzwasserbatterien und Redox-Flow-Batterien. Im Jahr 2020 wurden in Österreich mindestens 300 Salzwasserbatterien verkauft. Der UVP einer Salzwasserbatterie betrug ca. 1.000 €/kWh für das Gesamtsystem. Es fallen keine jährlichen Wartungskosten an. Das ursprüngliche Unternehmen ist allerdings nicht mehr tätig. Ein neues Unternehmen ist in der Forschung aktiv. Ein Markteintritt wird 2027 erwartet, die Wertschöpfung in Österreich wird mit 100 % angegeben.

Für Redox-Flow-Batterien wurde von Experten aus der Forschung angegeben, dass diese relativ einfach hochzukalieren sind und daher kostengünstig produziert werden könnten. In Österreich ist ein Markteintritt dieser Technologie für 2027 mit einer inländischen Wertschöpfung von 100 % geplant.

### **6.2.3 Latentwärmespeicher**

Zu den Latentwärmespeichern zählen unter anderem die Eisspeicher und Latentwärmespeicher in Form von PCM. Obwohl Eisspeicher bereits von österreichischen Herstellern entwickelt und erforscht werden, werden sie derzeit noch nicht auf dem österreichischen Markt angeboten. Es gibt jedoch bereits Latentwärmespeicher in Form von PCM-Vollgipsplatten und Textilien auf dem Markt. Deren Verkaufszahlen sind jedoch nicht bekannt. Form und Anwendung von Latentwärmespeichern sind äußerst unterschiedlich, eine pauschale Aussage zu deren Preis ist daher nicht möglich. Eine PCM-Vollgipsplatte mit einer Dicke von 25 mm kostet beispielsweise 191,65 €/m<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu waren es 177,45 €/m<sup>2</sup> im Jahr 2020.

### **6.2.4 Thermochemische Speicher**

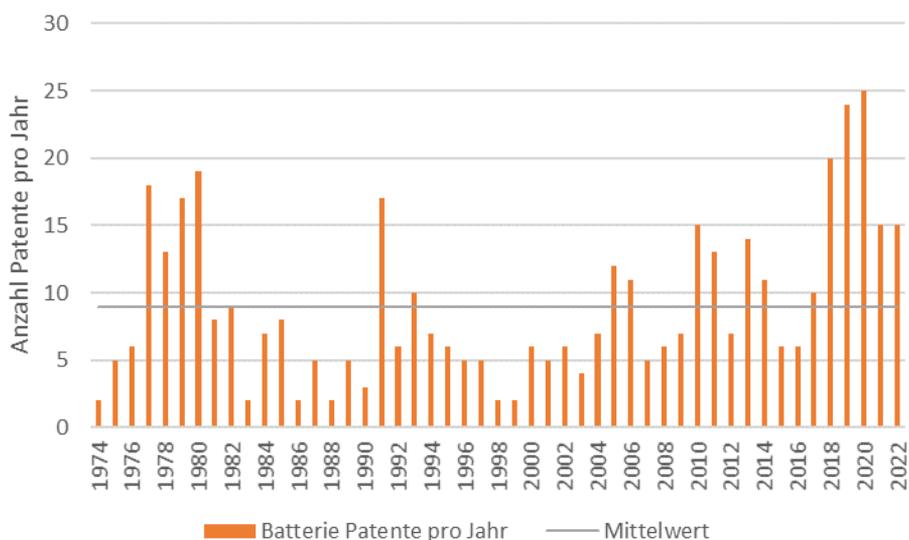
Derzeit gibt es noch kein Produkt dieser Kategorie am Markt, weshalb zu marktrelevanten Daten keine Angaben gemacht werden können. Allerdings sind verstärkte Forschungsaktivitäten zu Materialien für die thermo-chemische Speicherung zu beobachten. Diese befindet sich jedoch noch in einem TRL Bereich von 3-4. Ein Markteintritt entsprechender Produkte wird erst 2030 erwartet. Die in Österreich zu erzielende Wertschöpfung liegt dabei bei ca. 50 %.

### **6.2.5 Komponenten, Dienstleistungen, Sonstiges**

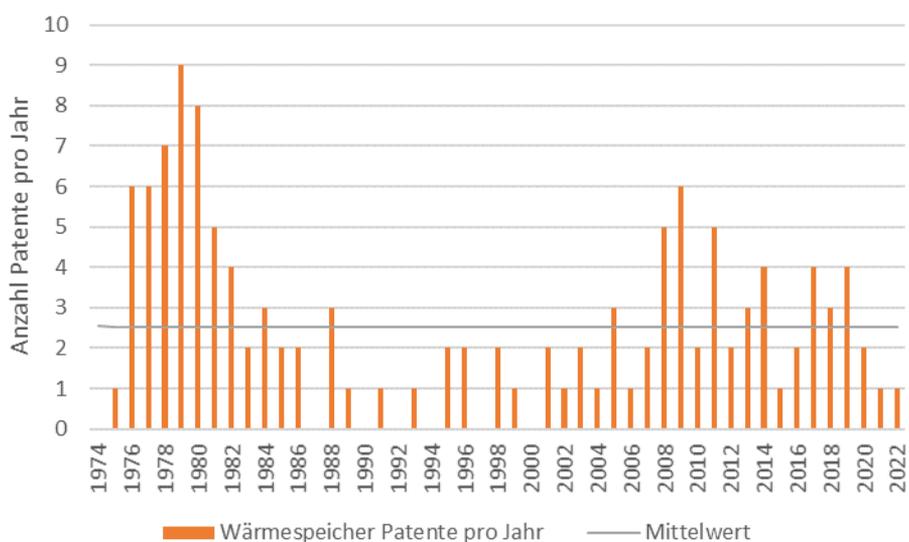
Die Bereiche Testen, Assembling, Module, Maschinenbau sowie recycelte Batterien betreffen nicht ausschließlich, aber zumindest zum Teil innovative Speicher. Im Bereich der Komponenten (z. B. Module) liegt die angegebene Wertschöpfung in Österreich bei ca. 50-60 %, während v.a. aus Deutschland aber auch aus anderen europäischen Ländern zugekauft wird. Gleichzeitig werden bis zu 98 % exportiert. Recycelte Batterien sollen 2023 mit einer Gesamtleistung im zweistelligen MWh-Bereich und einem Verkaufspreis von unter 1.000 €/kWh auf den Markt kommen. Die Wertschöpfung in Österreich liegt dabei bei 100 %, während ca. 50 % exportiert werden. Im Bereich Testen von Batterien waren 2022 mind. 40 VZÄ beschäftigt. Getestet wird u. a. die Sicherheit von Speichern, der Fokus wird aber auf E-Fahrzeuge allgemein gelegt.

### 6.3 Zahl der Patentanmeldungen

Die Zahl der Patentanmeldungen gibt Einblick in die Forschungsaktivitäten eines Landes, eines Unternehmens oder einer Branche (Kettner-Marx und Kletzan-Slamanig 2016). Für Umwelttechnologien insgesamt ist in Österreich ab 2005 ein deutlicher Anstieg der Zahl der Patentanmeldungen zu verzeichnen (Kettner-Marx und Kletzan-Slamanig 2016). Allgemein liegt Österreich bei den Patenten für Umwelttechnologien im internationalen Vergleich im Mittelfeld (Peneder et al. 2023). Wie in **Abbildung 6** und **Abbildung 7** zu sehen ist, weist die Anzahl angemeldeter Patente für Batterien und Wärmespeicher starke Fluktuationen über den Zeitverlauf auf.



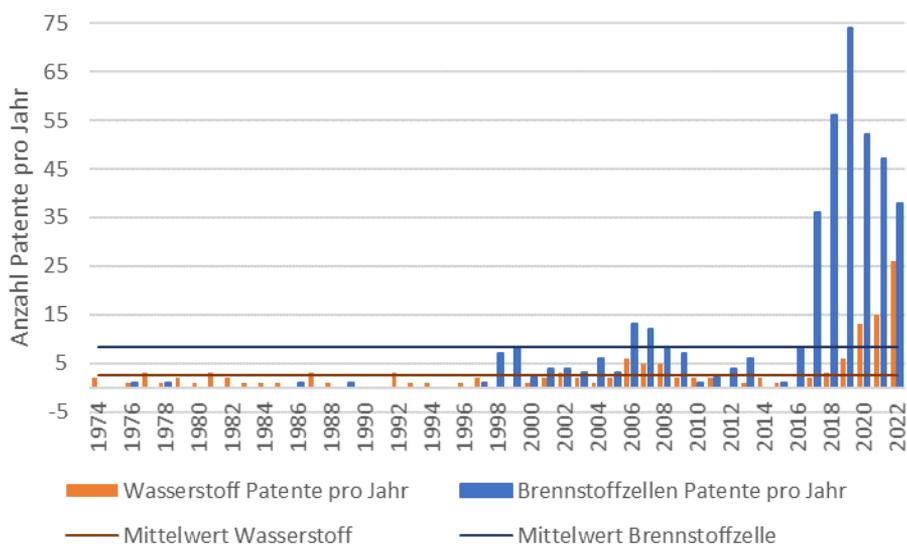
**Abbildung 6 – Anzahl der jährlich eingereichten Batterie Patente in Österreich von 1974 bis 2022. Quelle: Österreichische Patentamtsdatenbank (2023) Aufbereitung und Auswertung BEST (2023)**



**Abbildung 7 – Anzahl der jährlich eingereichten Wärmespeicher Patente in Österreich von 1974 bis 2022. Quelle: Österreichische Patentamtsdatenbank (2023) Aufbereitung und Auswertung BEST (2023)**

Im Durchschnitt wurden 1974 bis 2022 9 Patente pro Jahr für Batterien sowie 2,6 Patente pro Jahr für Wärmespeicher angemeldet. Für Batterien lagen die jährlichen Patente in den letzten Jahren deutlich über dem Durchschnitt. Für die letzten 5 Jahre 2018 bis 2022 war der Durchschnitt bei 19,8 Anmeldungen pro Jahr.

Für den Bereich Wasserstoff (Wasserserstoffherzeugung, Wasserstoffspeicherung und Nutzung) ist erst seit 2019 ein signifikanter Anstieg bei den Patentanmeldungen zu sehen (**Abbildung 8**). Der Mittelwert von 1974 bis 2022 ist bei 2,7 Anmeldungen pro Jahr. Für die Jahre 2018 bis 2022 war der Durchschnitt bereits bei 12,5 Anmedungen pro Jahr. Noch signifikanter ist dieser Anstieg für den Bereich der Brennstoffzellen. Im langjährigen Durchschnitt wurden 8,3 Patente pro Jahr angemeldet, während der Durchschnitt im Zeitraum 2018 bis 2022 sogar bei 53,4 liegt. Somit ist in den letzten 5 Jahren ein deutlicher Fortschritt bei den Forschungsaktivitäten dieser Technologie zu erkennen.



**Abbildung 8 – Jährlich eingereichte Wasserstoff- und Brennstoffzellenpatente in Österreich von 1974 bis 2022. Quelle: Österreichische Patentamtsdatenbank (2023), Aufbereitung und Auswertung BEST (2023)**

#### 6.4 Zukünftige Entwicklung innovativer Speichersysteme

Diese Darstellung der zukünftigen Entwicklung fasst die subjektiven Einschätzungen befragter AkteurInnen in der Speicherbranche zusammen. Somit handelt es sich nicht um Prognosen, sondern Erwartungen, die auf branchenspezifischen Erfahrungen beruhen.

Bisher wurde auf ProduzentInnenseite ein extremes Wachstum der Speicherbranche beobachtet, welches u.A. auf politischen Entscheidungen beruht, da Speichersysteme stark gefördert und somit vorangetrieben wurden. Die zukünftige Entwicklung des Marktes innovativer Speichertechnologien wird ebenso als durchwegs positiv eingeschätzt. Einerseits wird eine verstärkte Forschungsaktivität erwartet, andererseits Marktdurchdringung bzw. steigende Marktanteile in verschiedenen Bereichen. Somit wird davon ausgegangen, dass der langfristige Trend positiv sein wird, wenn er auch mit gewissen Einbrüchen verbunden ist. Mit der Umsetzung der Ziele einer Energiewende werden vermehrt Speichersysteme benötigt. Aufgrund des wachsenden Anteils an erneuerbarer Energien und der damit einhergehenden Fluktuation des Energieangebotes muss das Stromnetz stabilisiert werden. Energie-

speichertechnologien (Pumpspeicherkraftwerke, Wasserstoff, Batterien etc.) werden daher eine entscheidende Rolle in der Transformation hin zu einem nachhaltigen Energiesystem einnehmen. Die Relevanz der Energiespeicherbranche wird daher in den nächsten 10-20 Jahren dramatisch zunehmen. Außerdem wird davon ausgegangen, dass Strompreise weiterhin auf hohem Niveau bleiben, weshalb vor allem das Interesse an Gesamtlösungen steigt (PV, Batterie, Wärmepumpen, etc.), welche durch Energiemanagementsysteme optimiert werden. Das erwartete Wachstum der Speicherbranche beschränkt sich nicht auf Österreich, sondern gilt weltweit. Im Zuge aktueller Dekarbonisierungsziele werden nachhaltige Systeme vergleichsweise stärker an Bedeutung gewinnen und zukünftig große Marktanteile übernehmen.

In Zukunft werden sich neue Anwendungsfelder für Speichersysteme etablieren, wodurch innovative Systeme an Bedeutung gewinnen. Das technische Potenzial ist nach Einschätzung eines Produzenten bei Weitem nicht ausgeschöpft. Während Li-Ionen Batterien in Zukunft hauptsächlich für den Verkehrssektor relevant sein werden, sind für andere Bereiche Alternativen notwendig. Diese Bereiche umfassen z. B. Baumaschinen, Busse, Minenfahrzeuge und stationäre Speicher.

Im Bereich der industriellen Produktion wird es zu einem Wandel der Systeme kommen: Die Entwicklung einer sinnvollen Abwärmenutzung, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen, Strom aus regenerativen Quellen und dessen Speicherung in Wasserstoffspeicher oder Gasspeicher über Power-to-Gas Anlagen, sowie die Flexibilisierung des Energiemanagements durch Nutzung von Wärmespeichern sind unumgänglich.

Aus technologischer Sicht werden weiter steigende Energiedichten bei bisher etablierten Speichersystemen erwartet. Steigende Li- und Ni-Preise werden die Branche allerdings dazu bringen, auf neue Technologien auszuweichen. Ein Beispiel für eine Alternative ist die Technologie der Na-Ionen Speicher. Im Bereich der Fahrzeuge werden derzeit neue Sensoren für die Batteriefehler-Früherkennung entwickelt, die dann auch künftig auf den Markt kommen.

Um spezifischen Anforderungen in verschiedenen Bereichen gerecht zu werden, wird die Bedeutung hybrider Systeme steigen. Die Entwicklungen hier sind sehr dynamisch. Im Bereich der Vanadium-Redox-Flow Batterien ist der asiatische Raum Spitzenreiter. Dort reichen die Kapazitäten bis in den MW Bereich. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Potenzial auch in Österreich realisiert werden könnte. Redox-Flow Batterien erlauben generell eine leichtere Hochskalierung als andere Speichersysteme. Da lediglich größere Tanks anstatt mehrerer Einzelkomponenten erforderlich sind, kann diese Technologie stärker von Economies of Scale profitieren.

Der Speichermarkt wird generell als sehr dynamisch betrachtet, da viele verschiedene Systeme im Umlauf sind. Es wird weiterhin von einer steigenden Stückzahl ausgegangen, die auf der Relevanz einer Energiewende beruhen. Diese ist laut Experteneinschätzung allerdings nur möglich, wenn ausreichend Elementarforschung betrieben wird. Hier besteht noch Potenzial zur Ausweitung, v.a. in den Bereichen Transport und Speicherung. Ebenso ist eine umsetzungsorientierte Forschung erforderlich, welche innovative Speichertechnologien in praxisrelevante Maßstäbe bringt. Vor allem für Wasserstofftechnologien wird das zukünftige Potenzial als sehr groß betrachtet.

## 6.5 Fördernde und hemmende Faktoren für Produktion und Vertrieb innovativer Speichertechnologien

Sowohl förderliche als auch hinderliche Aspekte in Entwicklung, Produktion und Vertrieb von innovativen Speichersystemen sind in den meisten Fällen nicht technologiespezifisch, und werden hier daher gesammelt für alle innovativen Speicher dargestellt.

Als **förderlich** werden große Trends wie die Abkehr von fossilen Brennstoffen sowie eine damit einhergehende Elektrifizierung in vielen Bereichen betrachtet, welche z.T. die weiteren Aspekte induzieren bzw. begünstigen. Diese Trends werden auch zunehmend politisch verstärkt. Mit dem Vorantreiben der Nutzbarmachung volatiler erneuerbarer Energieressourcen gewinnen auch Speichertechnologien immer mehr an Bedeutung. Genannt wurde auch die erforderliche Diversifizierung der Speichertechnologien, da neue Anwendungsbereiche entstehen, die mit konventionellen Technologien nicht realisierbar sind. Positiv sind in diesem Zusammenhang bestehende Förderschienen für einschlägige Forschung auf nationaler und transnationaler Ebene (z. B. ENIN, FCH-JU, FFG, IPCEI) zu nennen.

Auf der KonsumentInnenseite werden Förderungen für die Errichtung von PV und Batteriespeicherkombinationen als sinnvoll empfunden, ebenso wie Anreize zur Einsparung von CO<sub>2</sub> (Privatbereich, Industrie, Verkehr). Eine Umsetzung der Wasserstoffproduktion aus PV-Strom wird als möglich angesehen, wenn die Rahmenbedingungen förderlich gestaltet werden.

Auf der anderen Seite wurden einige Faktoren genannt, die sich **hinderlich** auf die Entwicklung, Produktion sowie den Vertrieb von innovativen Speichersystemen auswirken. Auch hier gibt es politische Faktoren, wie z. B. das Regulierungsregime und eine träge Gesetzesentwicklung, die Benachteiligung von Wasserstoff im Vergleich zu anderen Technologien in der Renewable Energy Directive, ein Mangel an ausreichenden Förderungen, sowie alternative Maßnahmen in der Form von Zertifikaten anstelle von realen Einsparungen. Auf Forschungsseite wurde genannt, dass zu wenig Fördervolumen vorhanden ist (Anzahl förderbarer Projekte sowie der Umfang pro Projekt). Auf wirtschaftlicher Seite wurde erwähnt, dass die derzeitigen Rahmenbedingungen eher hinderlich sind. Diese müssten so angepasst werden, dass Technologien von Economies of Scale bzw. Economies of Numbers profitieren können. Derzeit sind diese nämlich noch weit weg von einem wirtschaftlichen Betrieb, Kosten sinken allerdings tendenziell. Dieses Hindernis gilt es zu überwinden. Außerdem wirken sich billig verfügbare fossile Energieträger negativ auf die Ausweitung von erneuerbarem Strom und somit auch auf die weitere Etablierung von innovativen Speichertechnologien aus. Letztlich wurden auf ökonomischer Seite hohe Einspeisetarife, vor allem im Jahr 2022, genannt, die sich hinderlich auf die Etablierung von Speichern auswirken.

Auf der Ebene der Produktion stellt ein Fachpersonalmangel den wesentlichen Engpass dar. Hier fehlen IngenieurInnen mit mittlerer bis höherer technischer Ausbildung (HTL bzw. Universität). Als weiterer Faktor wurde „Zeit“ genannt, welche bremsend wirken kann: In Projekten mit erneuerbarem Strom und Speichertechnologien sind große Investitionen und Geldsummen im Spiel, die Implementierung dauert allerdings relativ lange. Ein derzeit wesentlich hinderlicher Aspekt in der Produktion sind außerdem die Lieferketten, da Schwierigkeiten in der Bereitstellung gewisser Komponenten (z. B. Steuerelektronik) bestehen.

Technologiespezifische, hinderliche Faktoren sind z. B. erhebliche Schwierigkeiten, Anlagenbauer zu finden. Dies wurde in Bezug auf die Methanisierungstechnologie genannt, wo es

kaum standardisierte Verfahren gibt und die Anlagen für den spezifischen Fall angepasst sein müssen. Dies könnte allerdings auch auf andere Technologien zutreffen. In Bezug auf Wasserstoff für den Verkehrssektor werden die Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen, fehlende CO<sub>2</sub> Steuern sowie Einfahrtsbeschränkungen/Maut in Städten als hinderlich betrachtet.

Als weitere hinderliche Aspekte wurden Bürokratie, Behörden- und Genehmigungsverfahren, Auflagen bei der Zulassung sowie die Trägheit von Netzbetreibern genannt. Letztendlich kann ein fehlendes Verständnis für innovative Technologien bremsend auf deren Etablierung wirken. Dies wurde in Bezug auf Gebrauchtbatterien genannt, kann aber auf alle innovativen Technologien übertragen werden.

A large, light blue geometric shape, resembling a right-angled triangle or a trapezoid, is positioned on the right side of the page. It has a vertical right edge, a horizontal top edge, and a diagonal left edge that slopes downwards from the top-left towards the bottom-right.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien  
[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)