

# Speicher für die Energiewende

Bedeutung, Handlungsfelder und Maßnahmen für Strom-, Wärme- und Wasserstoffspeicher

Stand 13.03.2024

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Bedeutung von Speichern für die Energiewende</b> .....	3
<b>2</b>	<b>Stromspeicher</b> .....	8
	2.1 Kernaussagen der Stromspeicher-Strategie.....	8
	2.2 Ergebnisse der Branchenkonsultation .....	9
	2.3 Weiterer Prozess.....	11
<b>3</b>	<b>Thermische Energiespeicher</b> .....	13
	3.1 Die Rolle von Wärmespeichern im Energiesystem der Zukunft.....	13
	3.2 Aktueller Stand des Ausbaus von Wärmespeichern .....	17
	3.3 Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern.....	19
	3.4 Derzeitiger Rechts- und Förderrahmen für Wärmespeicher .....	21
	3.5 Handlungsfelder .....	22
	3.6 Weiterer Prozess.....	26
<b>4</b>	<b>Wasserstoffspeicher</b> .....	27
	4.1 Ausgangslage.....	27
	4.2 Grünpapier Wasserstoffspeicher des BMWK.....	28
	4.3 Weiterer Prozess.....	28

## 1 Bedeutung von Speichern für die Energiewende

Die Bundesregierung hat den **Ausbau der erneuerbaren Energien** zu einem zentralen Projekt ihrer Regierungsarbeit gemacht und neues Tempo in die Energiewende gebracht. **Speicher** ergänzen die erneuerbaren Energien. Gemeinsam sorgen erneuerbare Energien und Speicher dafür, dass Deutschland jederzeit **sauber, sicher und bezahlbar** mit Energie versorgt werden kann.

Schon heute stammt mehr als die Hälfte der Stromerzeugung in Deutschland aus erneuerbaren Energien. Perspektivisch wird Strom zu über 90 Prozent aus Windenergie- und PV-Anlagen kommen. Biomasse, Wasserkraft und Wasserstoff liefern die weiteren Mengen. Dies bedeutet – und das ist die zentrale Herausforderung des künftigen Stromsystems –, dass die Stromerzeugung perspektivisch immer **stärkere Schwankungen** aufweist: Bei guten Wind- bzw. Sonnenverhältnissen wird viel Strom erzeugt, bei schlechten Wind- und Sonnenverhältnissen wird wenig Strom erzeugt. Die Schwankungen in der Stromerzeugung haben zudem unterschiedliche zeitliche Dimensionen: Schwankungen innerhalb einer Stunde oder eines Tages sind mit anderen Herausforderungen verbunden und erfordern andere Lösungen als Schwankungen über mehrere Tage und saisonale Schwankungen.

Teilweise können die zunehmenden Schwankungen beim Energieangebot durch **kosteneffizienten Ausgleich im europäischen Stromnetzverbund** oder durch **Flexibilität bei der Energienachfrage** ausgeglichen werden. Dabei geht es darum, nicht Teilsysteme (wie z.B. die Stromversorgung) isoliert zu betrachten, sondern das **Gesamtsystem**. Denn über die **Sektor-kopplung** sind die verschiedenen Bereiche künftig zunehmend miteinander verbunden. Mit einer Abstimmung zwischen den einzelnen Sektoren und Optimierung im Gesamtsystem lassen sich in erheblichem Maße Kosten sparen.

Darüber hinaus spielen **Speicher in allen Bereichen** (Strom, Wasserstoff, Wärme) eine wichtige Rolle. Insbesondere können perspektivisch auch Wasserstoff- und Wärmespeicher die Systemintegration der erneuerbaren Energien erleichtern und Speicherfunktionen im Energiesystem übernehmen. Speicher werden daher teilweise als Troubleshooter und „Schweizer Taschenmesser“ der Energiewende bezeichnet.

Der beste Steuerungsmechanismus für das Zusammenspiel von erneuerbaren Energien, Speichern und anderen Flexibilitätsoptionen ist grundsätzlich der Preis.

**Speicher** lassen sich wie folgt in das **Spektrum an Flexibilisierungsoptionen** einordnen:

- Zentral für die Flexibilisierung ist der **großräumige Ausgleich** innerhalb Deutschlands sowie im europäischen Strommarkt. Die Voraussetzung dafür ist der – auch grenzüberschreitende – **Netzausbau**. Der europäische Strommarkt sorgt dafür, dass die Stromnachfrage durch die günstigsten Erzeugungsoptionen gedeckt wird. Insgesamt federt somit der großräumige Ausgleich einen erheblichen Teil der Schwankungen der erneuerbaren Stromerzeugung ab. Bei der Dimensionierung des Netzausbaus muss auch der Hochlauf der Speicher (Strom, Wasserstoff, Wärme) berücksichtigt werden.
- Darüber hinaus gleichen neue **flexible Stromverbraucher** kurzfristige zeitliche Ungleichgewichte zwischen Erzeugung und Verbrauch aus. **Elektrolyseure, Wärmepumpen** (in Verbindung mit Wärmespeichern) und **Elektroautos** werden künftig zunehmend in Zeiten hoher Stromerzeugung betrieben bzw. geladen und gleichen somit ebenfalls Schwankungen in der Stromerzeugung aus. Elektroautos können zudem perspektivisch auch Strom ins Netz oder in das „Heim“ rückspeisen („vehicle to grid“, „vehicle to home“).
- Auch über E-Fahrzeuge hinaus werden **Batteriespeicher** eine wichtige Rolle spielen, um (vergleichsweise **kurzfristige**) **Flexibilität** beizusteuern. Dabei ist zu unterscheiden zwischen
  - kleineren stationären Batteriespeichern („PV-Heimspeicher“), die in Verbindung mit einer PV-Anlage vor allem genutzt werden, um durch Verschiebung eines Teils der Stromerzeugung in die Abendstunden höhere Eigenversorgungsanteile zu erreichen, und
  - größeren stationären Batterien, die – wie auch Pumpspeicherkraftwerke – kurzfristige Schwankungen im Stromsystem ausgleichen und damit z.B. im Intradayhandel oder zur Frequenzstabilisierung (Regelleistung) eingesetzt werden.



Sowohl PV-Heimspeicher als auch Großbatterien werden derzeit **marktgetrieben** in erheblichem Umfang zugebaut. Der aktuelle Netzentwicklungsplan Strom geht für 2037 von etwa 67 GW Batterie-Kleinspeichern und etwa 24 GW Großbatterien aus. 2045 sind es 98 bis 113 GW bzw. 43 bis 54 GW. Daraus leitet sich erheblicher Handlungsbedarf ab.

- Für die erforderliche **saisonale Flexibilität** sind weder die o.g. Flexibilitäten bei der Stromnachfrage noch Batterien geeignet. Vielmehr werden hierfür insbesondere **Wasserstoffspeicher** benötigt. Diese werden in Zukunft energetisch voraussichtlich die bedeutsamste Speichertechnologie sein und dienen vor allem als saisonale Langfristspeicher. Der Speicherbedarf für Wasserstoff in Deutschland erreicht bis 2045 eine erhebliche Größenordnung. So gehen die BMWK-Langfristszenarien von 70 bis 100 TWh aus, weitere Analysen hierzu laufen. Ein erheblicher Teil des Speicherbedarfs für Wasserstoff in Deutschland kann vermutlich durch Umwidmung bestehender Gasspeicher bereitgestellt werden, wobei auf der Zeitschiene die Wechselwirkungen mit Bedürfnissen des Erdgasmarktes und der Versorgungssicherheit bei Erdgas zu beachten sind. Darüber hinaus ist aber auch die umfangreiche Erschließung neuer Wasserstoffspeicher notwendig.

Wasserstoffspeicher sind insbesondere für die Versorgungssicherheit im Stromsektor zentral. **Wasserstoffkraftwerke** ergänzen die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien insbesondere in den Wintermonaten (siehe nachfolgende Grafik). Während die Stromnachfrage dann höher ist als im Sommer (z.B. wegen des Betriebs von Wärmepumpen), ist die Stromerzeugung aus Erneuerbaren von März bis Oktober höher (siehe Grafik).

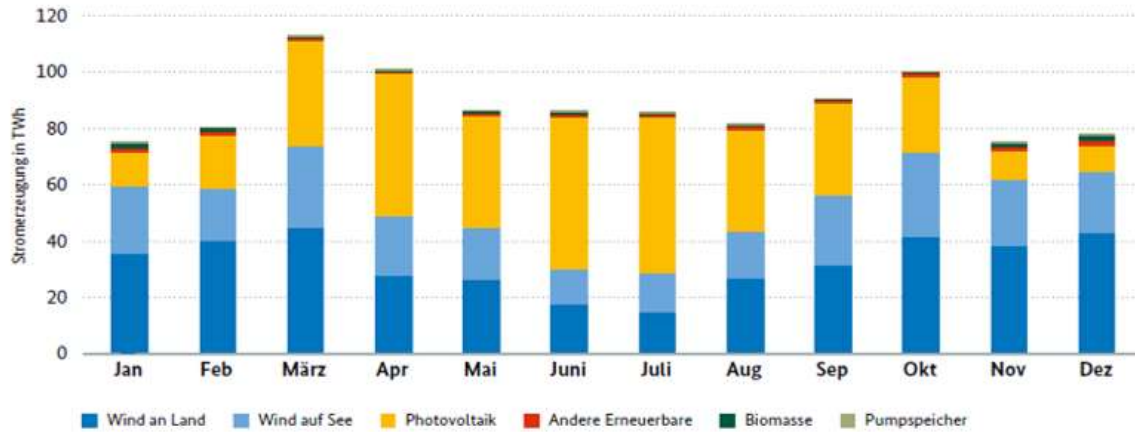
Im Ergebnis können Elektrolyseure, Wasserstoffspeicher und Wasserstoffkraftwerke die im Sommer hohe PV-Stromerzeugung und die insgesamt hohe EE-Stromerzeugung im Frühling und Herbst teilweise in den Winter „verschieben“ und so für den erforderlichen saisonalen Ausgleich sorgen.

- Auch werden Wasserstoffspeicher in Zeiten geringer Stromerzeugung aus PV- und Windenergieanlagen benötigt, um im Stromsektor **Versorgungssicherheit** zu

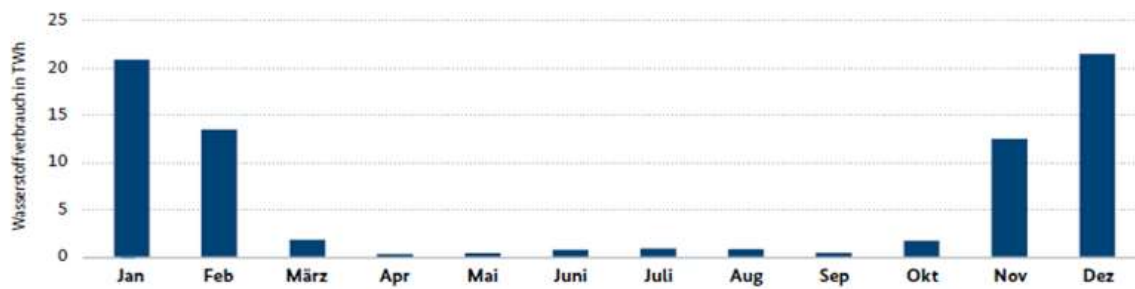
gewährleisten. Aber auch in anderen Sektoren (z.B. Industrie) können Wasserstoffspeicher zur Versorgungssicherheit beitragen. Denn ein erheblicher Teil des künftigen Wasserstoffbedarfs wird durch Importe gedeckt werden müssen. Wasserstoffspeicher sichern hier gegen etwaige Ausfälle oder Verzögerungen ab.

- Darüber hinaus werden Wasserstoffspeicher als kurzfristige Puffer zur Verstetigung schwankender, flexibler Wasserstoffproduktion und variabler Wasserstoffimporte für die industrielle Wasserstoffnachfrage sowie für den sicheren Wasserstoffnetzbetrieb benötigt.
- Auch in Wärmenetzen steigt mit der Dekarbonisierung der Bedarf an Flexibilität. **Wärmespeicher** bieten Flexibilität in Wärmenetzen. Wärmespeicher sind deshalb eine Schlüsseltechnologie für den klimaneutralen und kostengünstigen Aus- und Umbau der Wärmenetze. Der Bedarf an Wärmespeichern wächst im Energiesystem der Zukunft sehr stark an. Langzeitwärmespeicher können Energieüberschüsse aus Solarthermie, Geothermie oder unvermeidbarer Abwärme aus dem Sommer zu den Bedarfsspitzen in die Heizsaison übertragen. Großwärmepumpen und andere Power-to-Heat-Systeme bieten in Verbindung mit Wärmespeichern zudem auch erhebliche Flexibilitätspotenziale für das Stromsystem, indem sie vor allem in Zeiten hoher Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien betrieben werden. So können z.B. temporär hohe Stromerzeugungsmengen aus PV- oder Windenergieanlagen in Form von Wärme gespeichert und so in das Energiesystem integriert und werden.
- Der Hochlauf von Speicherkapazitäten soll technologieoffen ausgestaltet sein, also z. B. für verschiedene Technologien wie Druckluft-, Schwerkraft- und Pumpspeicher offen sein. Dabei ist klar, dass alle Speichertechnologien sich dem Kostenwettbewerb untereinander und mit anderen Formen der Flexibilität stellen müssen.

### Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2045 (ohne H2-Kraftwerke)



### Wasserstoffverbrauch für die Rückverstromung 2045



Insgesamt zeigt sich, dass Speicher eine zentrale Rolle bei der **kosteneffizienten Integration** der erneuerbaren Energien ins Gesamtsystem spielen.

## 2 Stromspeicher

Stromspeicher spielen sowohl für die Energiespeicherung als auch für die Stabilität der Stromversorgung eine wichtige Rolle. Diese positive Entwicklung beruht neben dem günstigen Marktumfeld auch auf bisher ergriffenen Maßnahmen (z.B. Netzentgelt- und Umlagebefreiungen, überragendes öffentliches Interesse der Stromspeicher).

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat am 8. Dezember 2023 eine Stromspeicher-Strategie (siehe Anlage) veröffentlicht und bis zum 16. Januar 2024 den Verbänden zur Branchenkonsultation gestellt. Die Strategie führt zahlreiche Maßnahmen auf, um den Hochlauf von Stromspeichern zu unterstützen.

### 2.1 Kernaussagen der Stromspeicher-Strategie

Um die stark wachsenden Anteile der Stromerzeugung aus Windenergie (Ziele: 115 GW Wind Onshore und 30 GW Wind Offshore in 2030) und Photovoltaik (Ziel: 215 GW in 2030) zu integrieren, wird künftig viel Flexibilität im Energiesystem erforderlich sein.

Stromspeicher spielen hier sowohl für die Energiespeicherung als auch für die Stabilität des Stromsystems und des Stromnetzes eine wichtige Rolle. Aktuell ist ein starker marktgetriebener Hochlauf bei Batteriespeichern zu beobachten. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) möchte mit der Stromspeicher-Strategie den Hochlauf der Stromspeicher unterstützen und eine optimale Integration der Stromspeicher als Kurzzeitspeicher in das Stromsystem erreichen. In der Strategie werden die beabsichtigten Aktivitäten des BMWK im Bereich der Stromspeicher dargestellt. Diese werden in dieser Legislaturperiode angegangen und befinden sich teilweise bereits in Umsetzung. Dort, wo das BMWK nicht federführend zuständig ist, verfolgt das Papier das Ziel, die Position des BMWK zu formulieren und eine Debatte mit allen Beteiligten anzustoßen und im Wege des offenen Austauschs zu gemeinsamen Positionen zu kommen.

Aus der Zielsetzung der Unterstützung des Hochlaufs und der Systemintegration leiten sich aus Sicht des BMWK die folgenden Handlungsfelder ab:



- Hemmnisanalyse
- Stromspeicher im Kontext des EEG
- Netzentgelte
- Baukostenzuschüsse und Netzanschlusskostenbeiträge
- Beschleunigung von Netzanschlüssen
- Stärkung von Standortgemeinden
- Abbau von genehmigungsrechtlichen Hemmnissen
- Sicherung der Systemstabilität
- Verbesserungen bei der Regelleistung
- Evaluierung von „Netzboostern“
- Aktivierung der Potenziale des bidirektionalen Ladens
- Abbau von Hemmnissen bei Pumpspeicherkraftwerken
- Stromspeicher als Flexibilitätsoption
- Stromspeicher-Potenziale im Energiesystem ermitteln
- Entwicklung einer Speicherstatistik
- Unterstützung von Innovation und Forschung
- Verbesserung der Rahmenbedingungen für Batterietechnologie entlang der gesamten Wertschöpfungskette im europäischen Kontext (Net Zero Industrial Act)

## 2.2 Ergebnisse der Branchenkonsultation

Die 36 eingegangenen, teilweise umfangreichen Stellungnahmen der Branche zur Stromspeicher-Strategie ergeben ein homogenes Bild. Es wird branchenübergreifend eine große

Bedeutung der Stromspeicherung für das Gelingen der Energiewende gesehen. Ein eigener Diskussionsprozess für die Stromspeicherung, wie ihn die vorgelegte Strategie des BMWK nun verkörpert, wird einhellig begrüßt. Insbesondere auch die Erneuerbaren-Energien-Verbände sprechen sich für einen ambitionierten Hochlauf von Stromspeichern aus. Als wichtigster Grund wird genannt, dass ohne die Möglichkeit der Stromspeicherung die Marktwerte erzeugten erneuerbaren Stroms zu bestimmten Zeiten stark fallen bzw. in den negativen Bereich rutschen können. Gleichzeitig stellt sich neben der Marktintegration der Erneuerbaren immer mehr die Frage nach deren volkswirtschaftlich sinnvoller Netzintegration. Die Stellungnahmen werden zeitnah auf der Internetseite des BMWK veröffentlicht.

Bezüglich der zu adressierenden Themen sind in der Konsultation keine Vorschläge eingegangen, die nennenswert über die vom BMWK vorgelegten Themenfelder hinausgehen. Es besteht daher zunächst kein Bedarf für eine größere Nachjustierung im Themenspektrum. Die Stellungnahmen enthalten vielmehr Empfehlungen, wie die vom BMWK vorgestellten Maßnahmen konkretisiert und umgesetzt werden könnten.

In den Stellungnahmen werden von der Branche die folgenden Punkte als fundamental wichtig für den Stromspeicherhochlauf gesehen:

- 1. Netzentgelte:** Aus Sicht der Branche sollen Speicher dauerhaft von den Netzentgelten befreit sein. Hierfür wird von nahezu allen Stellungnahmen die Einordnung der Speicher als „4. Säule“ der Energiewirtschaft als Argument herangezogen (kein „Verbraucher“). Die Stromspeicher-Strategie führt hierzu an, dass die Bundesnetzagentur frühzeitig mit allen Beteiligten eine Regelung diskutieren wird, die an die als Übergangslösung ausgestaltete und bis August 2029 geltende Netzentgeltbefreiung für Großspeicher nach § 118 Absatz 6 EnWG anschließt.
- 2. Baukostenzuschüsse:** Die Praxis der Baukostenzuschüsse für Stromspeicher ist nach Auffassung der an der Konsultation beteiligten Verbände diskriminierend. Hierzu verweisen die Verbände auch auf das Urteil des Oberlandesgerichts Düsseldorf vom 20. Dezember 2023. In der Stromspeicher-Strategie ist eine Prüfung durch die Bundesnetzagentur angekündigt, ob verbindliche Vorgaben zu Baukostenzuschüssen und

Netzanschlusskostenbeiträgen erforderlich sind. Leitmotive hierbei sollten Transparenz, Verursachungsgerechtigkeit und regionale Vereinheitlichung sein.

3. **Genehmigungsverfahren:** Bei der Genehmigungsbeschleunigung solle gleiches Recht für erneuerbare Energien und Speicher geschaffen werden. Dies sei besonders bedeutsam beim Bauen im Außenbereich (§ 35 BauGB).
4. **Setzen politischer Zielvorgaben:** Die meisten Verbände sprechen sich für eine politische Zielsetzung für die Stromspeicherung aus, z.B. durch Orientierung an den Zahlen des Netzentwicklungsplans 2037/2045.

Die ersten beiden Punkte liegen in der Zuständigkeit der Bundesnetzagentur, der dritte Punkt beim Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen.

### 2.3 Weiterer Prozess

Es wurden bereits mehrere Vorschläge aus der Branche im Rahmen der Verhandlungen zum „Solarpaket“ aufgegriffen und könnten kurzfristig umgesetzt werden. Hierzu gehören:

1. **Ausschließlichkeitsprinzip des EEG:** Im Rahmen des „Solarpakets“ wird ein konkreter Vorschlag entwickelt, wie Grün- und Graustrommengen voneinander getrennt werden können und so die „Ergrauung“ von Grünstrom im Stromspeicher verhindert werden kann.
2. **Vorrangiger Netzanschluss von Speichern analog § 8 Abs. 1 EEG:** Dieser Punkt wurde von mehreren Verbänden eingefordert und wird ebenfalls unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen Erzeugern und insbesondere neuen Stromverbrauchern im Rahmen des „Solarpakets“ entwickelt.
3. **Beschleunigung von Netzanschlüssen:** Das BMWK erarbeitet derzeit mehrere konkrete Vorschläge, wie der Netzanschluss – auch von Speichern – beschleunigt und vereinfacht werden kann.
4. **Gleichbehandlung beim Wegenutzungsrecht:** Das im Zuge des Solarpakets für erneuerbare Energien diskutierte Wegenutzungsrecht könnte auf Speicher ausgedehnt werden.

Das BMWK wird parallel dazu im nächsten Schritt auf Basis der eingegangenen Stellungnahmen bis Sommer 2024 gezielt Branchengespräche führen. Ziel ist es insbesondere, die einzelnen Maßnahmen weiterzuentwickeln und die für ihre Umsetzung erforderlichen Schritte zu identifizieren. Das BMWK strebt dabei an, den Dialog mit der Stromspeicherbranche zu vertiefen. Darüber hinaus erfolgt im Rahmen der Kraftwerksstrategie eine technologieoffene Ausschreibung von Langzeitspeichern.

Zu den Maßnahmen, die im Rahmen der Weiterentwicklung aufgrund der Rückmeldungen aus der Branche besonders in den Fokus genommen werden sollten, gehören aus Sicht des BMWK:

1. **Netzentgelte:** eine mögliche Nachfolgeregelung für die Netzentgeltbefreiung für Großspeicher wäre durch die Bundesnetzagentur zu entwickeln.
2. **Baukostenzuschüsse:** Eine Anpassung der Regeln zu Baukostenzuschüssen wäre ebenfalls durch die Bundesnetzagentur zu entwickeln.
3. **Gleichstellung von Stromspeichern und erneuerbaren Energien im Genehmigungsverfahren:** mögliche Gesetzesanpassungen müssten vom federführenden Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen entwickelt werden.
4. **Beteiligung der Standortkommunen an der Gewerbesteuer:** Hierzu ist das BMWK in Kontakt mit dem zuständigen Bundesfinanzministerium. Eine mögliche Gesetzesanpassung erfordert die Zustimmung des Bundesrates.

## 3 Thermische Energiespeicher

### 3.1 Die Rolle von Wärmespeichern im Energiesystem der Zukunft

#### 3.1.1. Einordnung von Wärmespeichern

Etwa 50 % des Endenergiebedarfs in Deutschland, also 1.155 TWh, entfielen im Jahr 2022 auf Wärme. Dazu gehört neben der Raumwärme für Haushalte und Unternehmen des Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektors sowie der Industrie auch die Prozesswärme sowie der steigende Bedarf an Kälte (Kühlung) in allen Bereichen. Der Wärmebedarf wird derzeit zu rund 80 % aus fossilen Energieträgern gedeckt, erneuerbar erzeugte Wärme macht gut 18 % aus, den größten Teil liefern hier Biomasse und biogene Siedlungsabfälle.

Die Wärmeversorgung steht vor einem grundlegenden Wandel. Innerhalb der nächsten gut 20 Jahre soll sie vollständig auf klimaneutrale Energiequellen umgestellt werden. Zugleich wird die Rolle erneuerbar erzeugten Stroms im Wärmesektor rapide an Bedeutung gewinnen. So werden strombetriebene Wärmepumpen künftig einen Großteil der Wärmeerzeugung erbringen.

Die zunehmende Verknüpfung der Wärmeversorgung mit dem Stromsektor verstärkt die Bedeutung von Wärmespeichern. Denn die Lastspitzen liegen bei der Wärmeversorgung im Winter, während das erneuerbar erzeugte Energieangebot im Sommerhalbjahr am größten ist. Insbesondere in den Sommermonaten treten die Erzeugungsspitzen der Solarenergie auf und es kommt zeitweise zu erheblichen Mengen an Überschussstrom. Dessen sinnvolle Nutzung würde erhebliche Kostensenkungen und Effizienzgewinne im gesamten Energieversorgungssystem bewirken. Der steigende Bedarf an Kühlung in den Sommermonaten kann hier zwar künftig auch zu Kältebedarf im Sommer führen und im Fall von elektrischen Kühlsystemen für sommerliche Stromangebotssitzen aus PV ausgleichend wirken, allerdings ist die zukünftige Bedeutung von Kühlsystemen aus heutiger Sicht unsicher; letztlich werden diese auch nur einen begrenzten Teil des PV-Stroms aufnehmen.

Anders als bei Strom oder Wasserstoff, die mit entsprechenden Infrastrukturen (Strom- und Wasserstoffnetze) auch über große Distanzen transportiert werden können, ist die räumliche Verschiebung überschüssiger Wärme über die Grenzen eines Wärmenetzes hinaus meistens nicht wirtschaftlich darstellbar. Daher spielt die zeitliche Verschiebung über Speicher eine

umso wichtigere Rolle. Diese kann über den Einsatz von Wärmespeichern kostengünstig und effektiv erfolgen.

Wärmespeicher können zudem als kostengünstige Flexibilitätsoption für den Stromsektor genutzt werden, indem der Strom über Wärmepumpen und elektrische Heizstäbe in Wärme umgewandelt wird. Auch KWK-Anlagen mit erneuerbaren Brennstoffen können durch ausreichend dimensionierte Wärmespeicher systemdienlich genutzt werden.

Wärmespeicher sind zudem auch für Wärmeerzeuger, die nicht vom Stromsystem abhängen, von wachsender Bedeutung. Um die kontinuierlich – auch außerhalb der Heizperiode – anfallende Wärme aus Geothermie, Abfallverbrennung oder industrieller Abwärme vollständig nutzen zu können, werden teilweise saisonale Speicher benötigt werden. Gleiches gilt für große Freiflächen-Solarthermieranlagen.

### **3.1.2 Kategorien und Anwendungsfelder von Wärmespeichern**

Wärme lässt sich auf drei verschiedenen Arten speichern. Neben der am häufigsten vorkommenden sensiblen Wärmespeicherung, in der einem Medium Wärme hinzugefügt oder entzogen wird, kann auch die latente Speicherung, bei der die Energie des Phasenübergangs (bspw. Eisspeicher) eingesetzt wird, oder die thermo-chemische Speicherung in Form von chemischen Reaktionen oder Sorptionsspeichern genutzt werden.

Außerdem kann zwischen der Zeitspanne, über die die Wärme gespeichert wird, differenziert werden. Kurz- bis mittelfristige Speicherung für Stunden bis wenige Tage kann in Wärmenetzen über Behälterspeicher und für wenige Stunden auch über das Netz bereitgestellt werden. In Gebäuden kann über dezentrale Pufferspeicher sowie die Gebäude selbst kurzzeitig Wärme gespeichert werden. Ebenso können in der Industrie Pufferspeicher eingesetzt werden. Langfristige, oft saisonale Speicher werden dagegen besonders in Wärmenetzen oder kleineren Quartiersnetzen, aber auch z.B. in Form von Eisspeichern in Gebäuden eingesetzt und können die Wärme teils über Monate speichern. Multifunktionspeicher kombinieren über Temperaturschichtung die Vorteile hoher Zyklenzahlen von Kurzzeitspeichern bei höheren Temperaturen und von großen Speichervolumina der Langzeitspeicher.

Neben der Wärme kann auch Kälte gespeichert werden. Der Bedarf an Kühlung wird in den kommenden Jahren aufgrund des Klimawandels und der Auswirkungen der Hitze in urbanen

Gebieten zunehmen. Die Rolle von Speichern ist näher zu untersuchen, wenn davon auszugehen ist, dass es in den Sommermonaten ein Überschussangebot erneuerbarer Energien geben wird. Allerdings können sich auch bei der Kältebereitstellung im Sommer Stromnetzengpässe ergeben, die durch Speicher gelöst werden könnten.

#### a) *Wärmespeicher in Wärmenetzen*

In Wärmenetzen werden vor allem sensible Wärmespeicher genutzt, die über die Änderung des Temperaturniveaus des Trägermediums Energie speichern. Sie stehen mit unterschiedlichen Kapazitäten zur Verfügung. **Behälter-Speicher** sind in der Regel mit Wasser gefüllte Behälter aus Beton, Stahlbeton oder rostfreiem Stahl. Hier kann ein hohes Temperaturniveau von 98 °C (atmosphärisch) bis 160 °C (Druckspeicher) gespeichert werden. Solche Speicher können Wärme für Stunden bis wenige Tage puffern und dienen vor allem dazu, tageszeitliche Schwankungen auszugleichen. Die Investitionskosten sind im Vergleich zu anderen Wärmespeichern deutlich höher.

**Erdbecken-Speicher** sind künstliche, in die Erde eingelassene Becken von 5-15 m Tiefe, mit einem schwimmenden, isolierten Deckel. Mit neuartigen Folien können Speichertemperaturen bis 95 °C erreicht werden. Für die Verbesserung der Stabilität werden häufig Wasser-Kies-Gemische als Trägermedium eingesetzt. Trotz der dadurch reduzierten Wärmekapazität können durch das vergrößerte Volumen auch deutlich längere Zeiträume abgedeckt werden.

**Aquifer-Speicher** nutzen das Grundwasser als Speichermedium, das mittels zweier Bohrungen erschlossen wird. Sowohl eine Hochtemperaturspeicherung von 50 °C bis 95 °C, als auch Niedertemperaturspeicherung mit 25 °C sind möglich. Je nach umgebendem Gestein können die Speicherverluste jedoch relativ hoch ausfallen. Auch hier können Zeiträume von Wochen bis Monate abgedeckt werden.

Eine weitere Untergrund-Speichertechnologie sind **Erdsonden-Speicher**, bei denen durch Erdsonden dem Erdboden Wärme zugeführt und entzogen werden kann. Die Wärmekapazität ist dabei stark vom Gestein im Untergrund abhängig. Es können Temperaturen bis 80 °C erreicht werden.

### *b) Dezentrale Wärmespeicher in Gebäuden / Wärmespeicherkapazität von Gebäuden*

**Puffer- und Trinkwarmwasserspeicher** können als netzentlastende Komponenten in Wärmepumpensysteme (WP) integriert werden. In der Regel umfasst ein im Gebäude installierter Pufferspeicher ein Volumen von 500-1000 l. Größere Speicher bräuchten mehr Platz und ließen sich häufig nicht mehr problemlos in ein Gebäude einbringen (begrenzte lichte Öffnungsmaße von Türen, Treppenhäusern o.ä.). Pufferspeicher ermöglichen einen verschleißärmeren Betrieb von nur stufenweise regelbaren WPs. Die Leistung neuer WP-Modelle lässt sich allerdings bereits stufenlos regeln (inverterbasierte Drehzahlregelung), wodurch der Bedarf eines Pufferspeichers entfallen kann. Um als zusätzlicher Energiespeicher für eine flexible Stromnachfrage eingesetzt zu werden, ist es möglich, das Speichermedium im Pufferspeicher über die Auslegungstemperatur hinaus zu erhitzen auf bis zu 90°C. Eine Erhöhung der Temperatur geht aber mit einer Zunahme der unkontrollierten Transmissionswärmeverluste einher.

In gleicher Weise wie der Pufferspeicher kann auch der **Trinkwarmwasserspeicher** negative und positive Leistung zur Flexibilisierung der Stromnachfrage bereitstellen. Allerdings ist das Volumen (100-300 l) geringer und das Temperaturniveau (mindestens 60°C wegen Legionellen-Gefahr bei geringeren Temperaturen) höher. Dadurch weist der Betrieb als Flexibilitätsmaßnahme eine geringere Speicherkapazität, höhere Speicherverluste und einen geringeren Speicherwirkungsgrad im Vergleich zum Pufferspeicher auf.

Auch die **Speichermasse von Gebäuden** kann als sensibler, thermisch aktivierbarer Speicher genutzt werden. Die Aktivierung der Speichermassen erfolgt in der Regel über Flächenheizungen, wie Wand-, Decken oder Fußbodenheizungen. Je nach energetischem Sanierungszustand des Gebäudes kann die Last um wenige Stunden (z.B. konventionelle Fußbodenheizung), wenige Tage (z.B. Betonkernaktivierung) oder bis zu zwei Wochen (z.B. Bauteilaktivierung mit Dämmschicht im Projekt Windheizung 2.0) verschoben werden. Die benötigte Wärme wird über die zuvor gespeicherte Wärme in den Wänden, Decken und Böden bereitgestellt. In diesem Falle kann positive Leistung (verringerte Last, Ausschalten der Wärmepumpe) als Flexibilität bereitgestellt werden. Auch negative Leistung (Zunahme der Last) ist möglich. Allerdings ist hierfür oft eine geringe Überschreitung der gewünschten Soll-Temperatur des Raumes notwendig. Ein Raumtemperaturunterschied von 1 Kelvin erhöht oder senkt den Energieverbrauch um rund 6 %, die als Flexibilisierungsoption genutzt werden können.



Durch die **Kombination mit PCM** (Phasenwechselmaterialien / phase change material) kann die Speicherkapazität weiter gesteigert werden. Der Einsatz von PCM kann den Nutzerkomfort steigern, allerdings müsste die Zusatzinvestition in PCM als Flexibilitätsmaßnahme mit anderen Speichertechniken ökonomisch verglichen werden.

### *c) Wärmespeicher für die Industrie und im GHD-Sektor*

Hochtemperaturspeichersysteme ermöglichen die Speicherung überschüssiger (erneuerbarer) Energie und die (effizientere) Nutzung von Prozesswärme. Weitere Potentiale ergeben sich aus der Möglichkeit, aus diskontinuierlichen Prozessen Energie aufnehmen zu können und diese sinnvoll nutzbar zu machen, sowie durch die räumliche Trennung von Wärmequelle und Wärmesenke. Weitere Aspekte zum Einsatz von Wärmespeichern in der Industrie und im GHD-Sektor werden derzeit noch erarbeitet.

## **3.2 Aktueller Stand des Ausbaus von Wärmespeichern**

### **3.2.1 Wärmespeicher in Wärmenetzen**

Mit Beginn des Fernwärmeausbaus in Deutschland wurden in vielen Städten auch großvolumige Wärmespeicher als oberirdische Tankspeicher errichtet. Sie dienen vor allem zur hydraulischen Entkopplung in den Fernwärmesystemen und zur Abfederung von Lastspitzen. Bis heute werden solche Tankspeicher errichtet und dienen jetzt zusätzlich auch der strommarkt-orientierten Fahrweise von KWK-Erzeugungsanlagen. Daneben zeichnet sich auch in Deutschland eine Entwicklung bei den Großwärmespeichern hin zu multivalenten Systemen ab, die auch die saisonale Speicherung von Wärme ermöglichen. Derzeit ist in Deutschland eine Speicherkapazität von Großwärmespeichern von etwa 30 GWh installiert.

Die großen – ursprünglich meist aus dem Stromsektor kommenden – Energiesystemmodellierungen umfassen den Wärmesektor in Bezug auf technologische Details und die Berücksichtigung lokaler Einflüsse nur begrenzt. In den Langfristszenarien des BMWK werden Wärmespeicher bislang als Behälterspeicher mit einer Kapazität für wenige Stunden bis Tage simuliert, die nicht in der Lage sind, die Saisonalität der Erzeugung auszugleichen. In den Szenarien wird derzeit von einem Speicherbedarf bis 2045 im Bereich von 625–871 GWh ermittelt. Dies entspricht etwa 0,5 % der erwarteten Fernwärmenachfrage in den Langfristszenarien und

bedeutet trotzdem eine mehr als zwanzigfache Steigerung des aktuellen Ausbaus. Diese Wärmespeicher dienen in den Szenarien insbesondere der Integration von strombasierten Wärmeerzeugungstechnologien (d.h. insbesondere Großwärmepumpen) in die Wärmenetze und ermöglichen die Nutzung kostengünstigen erneuerbaren Stroms aus Windenergie- und PV-Anlagen. Durch die Nutzung weiterer Technologien und Wärmequellen wie Geo- und Solarthermie oder Abwärme sowie bei Einbeziehung kostengünstiger und saisonaler Speicheroptionen wie Erdbeckenspeicher und Aquiferspeicher dürfte der Bedarf zur Wärmespeicherung und auch für die langfristige Wärmespeicherung nochmals deutlich höher ausfallen als in den Langfristszenarien. Insbesondere muss hierfür modelliert werden, inwieweit saisonale Wärmespeicher den Einsatz von Wasserstoff in Wärmenetzen für die Mittel- und Spitzenlast kostengünstig minimieren können.

Das Potenzial für Wärmespeicher lässt sich entsprechend nur überschlägig darstellen. Behälterspeicher haben keine besonderen Anforderungen an Untergrund oder Umgebung. Das Flächenpotenzial von Erdbeckenspeichern ist vergleichbar mit dem der Freiflächen-Solarthermie, in beiden Fällen sind unbebaute Flächen in der Nähe von geeigneten Wärmesenken notwendig. Mit durchschnittlichen Annahmen zu Abstand zur Senke, Form und Volumen des Speichers und Wärmekapazität ergibt sich überschlägig ein technisches Potenzial von 100-250 TWh. Nicht berücksichtigt ist hierbei aber die hohe Flächenkonkurrenz sowohl zu großflächigen Energieerzeugungsanlagen wie Photovoltaik oder Solarthermie als auch zu Aspekten der Ernährungssicherheit oder des Naturschutzes.

Für den Ausbau von Aquiferspeichern ergibt sich durch Analyse des Untergrunds, dass etwa die Hälfte des Bundesgebiets gut oder sehr gut geeignet wäre. Einschränkungen ergeben sich durch die Distanz zu geeigneten Wärmesenken, sowie Anforderungen des Umwelt- und Gewässerschutzes.

Auch Erdsondenspeicher sind sehr flexibel einsetzbar und haben nur geringe Anforderungen an den Untergrund. Eingrenzungen des technischen Potenzials ergeben sich hier durch die Leitfähigkeit des Untergrunds, das Vorkommen oberflächennahen Grundwassers und Anforderungen des Umweltschutzes.

### **3.2.2 Dezentrale Wärmespeicher in Gebäuden / Wärmespeicherkapazität von Gebäuden**

Zum jetzigen Zeitpunkt können noch keine Einschätzungen zum Stand des Speicherausbaus in Gebäuden getroffen werden.

### **3.2.3 Wärmespeicher für die Industrie und im GHD-Sektor**

Zum jetzigen Zeitpunkt können noch keine Einschätzungen zum Stand des Speicherausbaus für die Prozesswärme und in der Industrie getroffen werden.

## **3.3 Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern**

### **3.3.1 Wärmespeicher in Wärmenetzen**

Die Kosten von Großwärmespeichern sind sehr stark abhängig von deren Größe, der jeweiligen Bauart und dem System, in dem sie eingesetzt werden. Bei großen Speichern mit Volumina ab 10.000 m<sup>3</sup> bis über 500.000 m<sup>3</sup> können Baukosten zwischen 20-60 €/m<sup>3</sup> Wasseräquivalent erreicht werden. Die Investitionskosten von Behälter-Wärmespeichern mit bis zu 50.000 m<sup>3</sup> liegen aufgrund ihres materialintensiveren und komplexeren Aufbaus deutlich höher bei 100-300 €/m<sup>3</sup>.

Für die Wirtschaftlichkeit der Speicher spielt zunächst die Art der überschüssigen Wärmeerzeugung eine entscheidende Rolle. Verfügbarkeit, Temperaturniveau und Grenzkosten der Wärmequelle sind drei relevante Kriterien für die Beurteilung, ob eine Wärmespeicherung in Frage kommt. Zusätzlich entstehen je nach Speichereffizienz Kosten für die Wärmeverluste. Die Benchmark für den wirtschaftlichen Betrieb eines Großwärmespeichers ergibt sich durch die Kosteneinsparung oder durch den Wegfall alternativer Wärmeerzeugung zum Zeitpunkt der Ausspeicherung.

Im zeitlichen Verlauf vom aktuellen Stand bis zum Jahr 2045 ändert sich die Systemrelevanz von Wärmespeichern auch aus ökonomischer Sicht. Zum einen wird sich die wirtschaftliche Referenz für die alternative Wärmeversorgung z.B. mittels Erdgases, die den Einsatz von saisonalen Wärmespeichern derzeit häufig unwirtschaftlich machen, allein durch die höheren CO<sub>2</sub>-Preise deutlich verteuern. Zum anderen wächst der Druck durch Dekarbonisierungsziele auf die Netze, verfügbare Umwelt- und Abwärmequellen so miteinander zu kombinieren, dass die Nachfrage kosteneffizient und mit hoher Versorgungssicherheit gedeckt werden kann.

Der Zubau an Großwärmespeichern resultiert auch aus dem Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsektor. Der angestrebte Zubau an Erzeugungskapazitäten von Wind und Photovoltaik wird vermehrt zu Zeiten führen, in denen die erzeugte Strommenge vom Netz nicht mehr aufgenommen werden kann und ggf. abgeregelt werden muss. Auch aus Kostengründen kommt hier die Umwandlung von Strom in Wärme und deren Speicherung als Alternative zu Strom- oder auch Wasserstoffspeichern in Betracht. Für eine marktgetriebene Wahl der jeweils kosteneffizientesten Speichertechnologie wäre eine technologieneutrale Gleichbehandlung aller Speicheroptionen bei Abgaben, Umlagen und Netzentgelten Voraussetzung, die aktuell nicht vollständig gegeben ist. Hierbei ist allerdings zu untersuchen, ob und inwieweit die mangelnde Option zur Rückverstromung aus thermischen Speichern unter dem Gesichtspunkt der Energiesystemeffizienz diese Ungleichbehandlung rechtfertigt.

### **3.3.2 Dezentrale Wärmespeicher in Gebäuden / Wärmespeicherkapazität von Gebäuden**

Die ökonomische Bewertung des Einsatzes von Puffer- und Trinkwarmwasserspeicher hängt von individuellen Bedingungen wie Wärmequelle, eingesetzter Technik, Umgebungstemperatur des Aufstellorts, Außentemperatur oder Nutzerverhalten und vom zur Verfügung stehenden Platz ab. Ob die Investition in zusätzliche Speicherkapazitäten, also die Vergrößerung des Pufferspeichers, wirtschaftlich ist, hängt von den monetären Anreizsystemen für das Anbieten von Flexibilität ab und sollte in Hinsicht auf Speicherverluste und -wirkungsgrade mit anderen Speichertechniken verglichen werden.

In Kombination mit einer Wärmepumpe ist es wichtig, dass das Gesamtsystem optimal aufeinander abgestimmt ist. So können zu hohe Speichertemperaturen oder zu große Speicherkapazitäten die Effizienz einer Wärmepumpe zu stark verringern, so dass der positive Effekt eines Pufferspeichers aufgehoben würde. Bei erheblichen Energie- und Leistungsüberschüssen im Stromnetz kann sich auch der zusätzliche direkte Einsatz eines Heizstabs lohnen (Power-to-Heat). Langfristig kommt dies insbesondere für die Nutzung von PV-Strom für die ganzjährig benötigte Warmwasser-Erzeugung in Frage. Ein Pufferspeicher kann sowohl negative Leistung (Last erhöhen, Wärmepumpe und/oder Heizstab betreiben) als auch positive Leistung (Last reduzieren, Wärmepumpe ausschalten, Wärme im Gebäude wird durch den Pufferspeicher bereitgestellt) anbieten.

Eine Dämmung der Gebäudehülle verringert die Wärme- und damit Speicherverluste von Gebäuden. Dabei gilt es den systemischen Mehrwert einer verringerten Wärme- und entsprechend Stromnachfrage dem Mehrwert der gesteigerten Flexibilität gegenüberzustellen.

### **3.3.3 Wärmespeicher für die Industrie und im GHD**

Zum aktuellen Arbeitsstand können noch keine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern in der Prozesswärme getroffen werden. Das BMWK erarbeitet derzeit den Sachstand.

## **3.4 Derzeitiger Rechts- und Förderrahmen für Wärmespeicher**

Wärmespeicher sind in einen breiten Rechts- und Förderrahmen eingebettet. Das Kapitel gibt eine derzeit noch unvollständige Übersicht. Eine detailliertere Ausarbeitung erfolgt derzeit noch und wird im weiteren Verfahren zur Erstellung der Wärmespeicherstrategie, d.h. bis zum September 2024, ergänzt werden.

### **3.4.1 Gesetz zur Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen**

Im Wärmeplanungsgesetz sind erste strategische Ansätze zur Berücksichtigung von Wärmespeichern angelegt. So werden Wärmespeicher im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse von den planungsverantwortlichen Stellen geprüft und ggf. in der jeweils lokalen Wärmewendestrategie berücksichtigt.

### **3.4.2 Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)**

Die Förderung von Wärmespeichern ist zum einem im Modul 2 der BEW zur systemischen Förderung für Neubau und Bestandsnetze als Teil eines umfassenden Transformationsplans oder eines Neubaus auf Basis einer Machbarkeitsstudie förderbar. 40 % der förderfähigen Ausgaben des Netzes werden mit einem Investitionszuschuss in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur unterstützt. Außerdem sind Wärmespeicher als Einzelmaßnahme im Modul 3 ebenfalls mit einem Investitionskostenzuschuss von 40 % der förderfähigen Ausgaben förderbar.

### 3.4.3 Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW)

Wärmespeicher für beantragte Wärmeerzeuger gelten unter Modul 2 der EEW als förderfähige Investitionskosten. Die maximale Förderung beträgt 15 Millionen Euro pro Investitionsvorhaben bei einer Förderquote von bis zu 65 Prozent der förderfähigen Investitionskosten.

### 3.4.4 Förderung über das Gesetz zur Kraft-Wärmekopplung (KWKG)

Das KWKG fördert neben dem Bau von Wärmenetzen auch die Installation von Wärmespeichern.

## 3.5 Handlungsfelder

Derzeit können noch keine konkreten Handlungsfelder zu Wärmespeichern in Gebäuden und in der Industrie genannt werden. Für alle Einsatzbereiche prüft das BMWK derzeit Lösungsvorschläge für die identifizierten Handlungsfelder.

### 3.5.1 Wärmespeicher in Wärmenetzen

Für Wärmespeicher in Wärmenetzen bestehen derzeit noch eine Reihe von Hemmnissen. Diese lassen sich unterscheiden nach regulatorischen und genehmigungsrechtlichen Hemmnissen, geringer Marktreife und Praxiserfahrung in Deutschland, organisatorischen und informatorischen Hemmnissen sowie dem häufig hohen Projektrisiko und der Wirtschaftlichkeitslücke.

#### a) *Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern*

Da Wärmespeicher absehbar, wie zuvor beschrieben, erst in einigen Jahren mit fortschreitender Dekarbonisierung im Wärme- wie im Stromsektor eine wichtige Rolle spielen werden, müssen diese sich heute **in Konkurrenz zu günstigen fossilen Erzeugungsanlagen** rechnen. Das drückt sehr stark die für Wirtschaftsakteure akzeptablen Kosten, die ein Wärmespeicher derzeit haben darf und verhindert noch viele Projekte. Zugleich ist absehbar, dass auch Wärmespeicher künftig eine zunehmende Rolle spielen werden.

Vor allem klassische saisonale Wärmespeicher zeichnen sich außerdem durch eine sehr **geringe Zyklenzahl** aus, in der der Speicher im Sommer beladen und im Winter entladen werden. Der Speicher muss sich trotz der wenigen Zyklen rechnen, welche aber einen direkten Einfluss auf die Speicherkosten haben. Auch sind die **Temperaturen in saisonalen Wärmespeichern**

auf 95 °C limitiert, während der Großteil urbaner Wärmenetze vor allem im Winter noch mit höheren Temperaturen betrieben wird. Um den fehlenden Temperaturhub zu gewährleisten, werden daher aktuell weitere Anlagen wie Großwärmepumpen, Power-to-Heat-Anlagen oder Leistungsspeicher zugebaut, die die Kosten weiter erhöhen.

Die Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern und den einspeisenden Wärmetechnologien kann auf verschiedene Weise regulatorisch verbessert werden. Wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat unter anderem die Struktur von Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelten auf die verschiedenen Energieträger bzw. Energieerzeugungs- und Speichertechnologien.

*b) Förderung der Marktreife und Erhöhung der Praxiserfahrung durch die Installation von Reallaboren*

Anders als in anderen europäischen Staaten sind vor allem Langzeitwärmespeicher in Deutschland teure Einzelfalllösungen mit langen Realisierungszeiträumen und vom Engagement Einzelner abhängig. Dadurch konnten bisher nur **wenige Erfahrungen mit dieser Technologie** gemacht werden.

Ein Reallabor analog zum „Reallabor der Energiewende Großwärmepumpe“ könnte an aussagekräftigen Standorten dazu beitragen, Erfahrungswerte zu sammeln und Beweise zur Funktionalität zu erbringen. Geeignete Standorte sollten in Bezug auf das verfügbare Stromnetz, die Verfügbarkeit saisonaler Wärmequellen und den Zugang zu geeigneten Untergrundstrukturen für Aquiferspeicher ausgewählt werden.

*c) Flächenbereitstellung und Planungs- und Genehmigungsrecht*

Großwärmespeicher und ihre Nebenanlagen wie Pumpenhäuser oder Wärmepumpen bedürfen in der Regel auch einer Baugenehmigung nach §29 ff. BauGB. Insbesondere im **unbeplanten Außenbereich** sind Großwärmespeicher mangels eindeutiger Privilegierung oftmals nicht genehmigungsfähig, weshalb eine Baugenehmigung nur erteilt werden kann, wenn ein entsprechender Bebauungsplan aufgestellt wurde oder zumindest eine Anschlussplanung erfolgt ist. Im Geltungsbereich bestehender Bauleitpläne sind derzeit in der Regel keine Flächen für Großwärmespeicher vorgesehen. Um den Bebauungsplan rechtssicher zur Geltung zu bringen, ist zudem in der Regel eine Änderung des Flächennutzungsplans notwendig, da dort nur in

den wenigsten Fällen entsprechende Flächen vorgesehen sind. Die Fortschreibung dieser Pläne ist aber in der Regel sehr aufwendig und zeitintensiv.

Insbesondere Erdbeckenspeicher belegen ähnlich wie Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen große Freiflächen. Sie müssen auch aufgrund der schlechten Transportierbarkeit von Wärme in der Nähe zu den Wärmesenken errichtet werden und sollten entsprechend in der Raumordnung und Wärmeplanung berücksichtigt werden. Aktuell sind Wärmezeugung und -speicherung in den Zielen der Raumordnung nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Auch der gesellschaftliche bzw. politische Diskurs bildet die Debatte der Flächenkonkurrenz und -knappheit ab, denn viele Belange wie die Ernährungssicherheit, der Naturschutz und die Artenvielfalt, der Landschaftsschutz und die Wohnflächenentwicklung brauchen ebenfalls viel Fläche.

In Genehmigungsverfahren sind regelmäßig Prüfungen vorzunehmen, inwieweit öffentliche Belange dem Vorhaben entgegenstehen oder betroffen sind. Das in §2 Abs. 3 WPG statuierte „**überragende öffentliche Interesse**“ mit der damit verbundenen Vorrangigkeit bei der Abwägung von Schutzgütern bezieht sich bislang jedoch nur auf Erzeuger, Wärmenetze und Nebenanlagen. Ob Wärmespeicher hierbei allein aufgrund ihrer Funktion im System als Nebenanlagen einzustufen sind, ist als zweifelhaft anzusehen.

#### *d) Standardisierung von Genehmigungsverfahren*

Durch die hohe Interdisziplinarität und standortbezogene Individualität sind die Planungs- und Genehmigungsverfahren bezüglich Wärmespeicher sehr aufwendig, zeitintensiv und mit einer Vielzahl von Unsicherheiten verbunden. Das gilt insbesondere für Erdbeckenspeicher und Aquiferspeicher. Es fehlen derzeit klare Vorgaben, welche Genehmigungen einzuholen sind und welche Unterlagen für eine Entscheidung benötigt werden. Im Zuge der Genehmigung sind die rechtlichen Grundlagen zur Lenkung und Standardisierung von Abwägungsentscheidungen derzeit nicht gegeben. Es besteht ein Ermessensspielraum bei der Abwägung von Schutzgütern. Die Grundlage für Entscheidungen ist daher häufig der Wunsch, sich nicht angreifbar zu machen bei der Abwägung von Schutzgütern. Eine Standardisierung bzw. eine abwägungslenkende Unterstützung der beteiligten Behörden sollen sicherstellen, dass die



Abwägung möglichst objektiv getroffen wird und die Bedeutung der Klimaschutzes und das überragende öffentliche Interesse für Erneuerbare-Energien-Anlagen würdigt.

Hierzu soll ein Leitfaden erarbeitet werden, der die Verfahren vereinheitlicht, Standards setzt und Ermessensspielräume der Verwaltung reduziert.

### **3.5.2 Dezentrale Wärmespeicher in Gebäuden / Wärmespeicherkapazität von Gebäuden**

Derzeit können noch keine konkreten Handlungsfelder zu Wärmespeichern in Gebäuden und in der Industrie genannt werden. Für alle Einsatzbereiche prüft das BMWK derzeit Lösungsvorschläge für die identifizierten Handlungsfelder.

### **3.5.3 Wärmespeicher für die Industrie und im GHD-Sektor**

Derzeit können noch keine konkreten Handlungsfelder zu Wärmespeichern in Gebäuden und in der Industrie genannt werden. Für alle Einsatzbereiche prüft das BMWK derzeit Lösungsvorschläge für die identifizierten Handlungsfelder.

### **3.5.4 Unterstützung von Forschung und Innovation**

Im 8. Energieforschungsprogramm werden Wärmespeicher in der Mission Wärmewende auf vielfältige Weise adressiert. Die Wärmeforschung wird im neuen Programm verstärkt gefördert, dies schließt insbesondere auch Themen der Wärme- und Kältespeicherung sowie die Nutzung von Flexibilitätspotenzialen des Wärmesektors ein.

Zur klimaneutralen Wärmeversorgung im Gebäude- und Quartiersbereich sollen Wärmespeicher weiterentwickelt und ihr Zusammenwirken mit anderen Technologien (wie Wärmepumpen, gebäudeintegrierte PV- und Solarthermieranlagen) erforscht und optimiert werden. Hierfür kommen verschiedene thermische und thermochemische Speichertypen in Frage, z.B. Eispeicher, Erdbeckenspeicher, aber auch innovative Phasenwechsel-Materialien (PCM) mit hoher Speicherdichte. Auch die Wärmespeicherkapazität der Gebäude selbst soll untersucht und zusammen mit den Speichern und Wärmenetzen in intelligente Regelungskonzepte integriert werden. Darüber hinaus sollen großskalige saisonale Wärmespeicher weiterentwickelt, erprobt und in Wärmenetze integriert werden.

Die Dekarbonisierung von Industrieprozessen erfordert auch die Weiterentwicklung von Speichern für hohe Temperaturniveaus und auch für sehr tiefe Temperaturen. So kann Abwärme und Restkälte weitergenutzt und der Energieverbrauch gesenkt werden. Durch

Lastmanagement kann auch der Industriesektor ein Flexibilitätspotenzial bereitstellen, das zur Stabilisierung des Stromnetzes und bei variablen Strompreisen zur Wirtschaftlichkeit der Industrieproduktion beitragen kann. Dafür müssen passende Wärme- und Kältespeicher mit hohen Kapazitäten und effizienten Verfahren zur Be- und Entladung weiterentwickelt werden.

### 3.6 Weiterer Prozess

Weitere Potentiale, Handlungsfelder sowie Lösungsansätze sollen für den Bereich Wärmespeicher ausgearbeitet und mit der Branche konsultiert werden. Hierzu wird ein gesondertes Verfahren gestartet, das bis zum September 2024 abgeschlossen werden soll, sodass die Kapitel parallel zu einander bearbeitet werden

Ende März 2024	Ausschreibung und Vergabe eines Begleitvorhabens über dena-Rahmenvertrag
April / Mai 2024	Konkretisierung von Potenzialen für Wärmespeicher und Ausarbeitung von Handlungsfeldern und Lösungsstrategien
Sommer 2024	Konsultation der Branche
September 2024	Veröffentlichung der Wärmespeicherstrategie

## 4 Wasserstoffspeicher

Mit dem Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft wird erwartet, dass auch Wasserstoffspeicher einen entscheidenden Beitrag für das Gelingen der deutschen und europäischen Energiewende leisten werden.

Das BMWK hat 2023 ein Grünpapier vorgestellt und die Branche konsultiert. Auf Grundlage der Rückmeldungen der Branche werden derzeit die entscheidenden Fragen (Bedarf, Transformation, Finanzierung) untersucht. Bis Ende September 2024 wird das BMWK einen Entwurf der Wasserstoffspeicherstrategie vorlegen.

### 4.1 Ausgangslage

Wasserstoffspeicher werden insbesondere für die erforderliche saisonale Flexibilität benötigt, die weder mit Flexibilität bei der Stromnachfrage noch Batterien erzielt werden kann. Wasserstoffspeicher werden in Zukunft energetisch voraussichtlich die bedeutsamste Speichertechnologie sein und dienen vor allem als saisonale Langfristspeicher. Der Speicherbedarf für Wasserstoff in Deutschland erreicht bis 2045 eine erhebliche Größenordnung. So gehen die BMWK-Langfristszenarien von 70 bis 100 TWh aus, weitere Analysen hierzu laufen. Ein erheblicher Teil des Speicherbedarfs für Wasserstoff in Deutschland kann vermutlich durch Umwidmung bestehender Gasspeicher bereitgestellt werden, wobei auf der Zeitschiene die Wechselwirkungen mit Bedürfnissen des Erdgasmarktes und der Versorgungssicherheit bei Erdgas zu beachten sind. Darüber hinaus ist aber auch die umfangreiche Erschließung neuer Wasserstoffspeicher notwendig.

Wasserstoffspeicher werden in Zeiten geringer Stromerzeugung aus PV- und Windenergieanlagen („Dunkelflaute“) benötigt, um im Stromsektor Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Elektrolyseure, Wasserstoffspeicher und Wasserstoffkraftwerke können die im Sommer hohe PV-Stromerzeugung und die insgesamt hohe EE-Stromerzeugung im Frühling und Herbst teilweise in den Winter „verschieben“ und so für den erforderlichen saisonalen Ausgleich sorgen. Aber auch in anderen Sektoren (z.B. Industrie) können Wasserstoffspeicher zur Versorgungssicherheit beitragen. Denn ein erheblicher Teil des künftigen Wasserstoffbedarfs wird durch Importe gedeckt werden müssen. Wasserstoffspeicher sichern hier gegen etwaige Ausfälle oder Verzögerungen ab.

Darüber hinaus werden Wasserstoffspeicher als kurzfristige Puffer zur Verstetigung schwankender, flexibler Wasserstoffproduktion und variabler Wasserstoffimporte für die industrielle Wasserstoffnachfrage sowie für den sicheren Wasserstoffnetzbetrieb benötigt.

Hauptaufgabe der Politik und Regulierung ist es, verlässliche Rahmenbedingungen für die Infrastruktur zu setzen, so dass die Wasserstoffwirtschaft durch privatwirtschaftliche Initiativen und Investitionen bedarfsgerecht und volkswirtschaftlich effizient aufgebaut werden kann. Mit Bezug auf den Wasserstoffspeicheraufbau bedeutet dies, dass dem Staat, abgesehen von den genehmigungsrechtlichen Aufgaben, nur insofern eine aktive Aufgabe zukommt, wie ohne ihn der fristgerechte elementare Aufbau und Betrieb der Wasserstoffinfrastruktur in einem für die Energiewende erforderlichem Tempo beim Aufbau der Wasserstoffwirtschaft gefährdet wäre. Die Aufgabe des Staates ist es demnach nicht als Infrastrukturbetreiber oder gar als Versorger aufzutreten, der die Versorgung im Einzelnen sicherstellt. Sofern Wasserstoffspeicher zur mengenmäßigen Versorgung von Abnehmern gebraucht werden, ist ihre Bereitstellung und Nutzung, analog zum heutigen Erdgasmarkt, als ausschließliche Aufgabe der entflochtenen privaten Energiewirtschaft zur Erfüllung von Lieferverpflichtungen zu sehen, was staatliche Fördermaßnahmen nicht ausschließt.

#### **4.2 Grünpapier Wasserstoffspeicher des BMWK**

Das BMWK hat im Sommer 2023 ein Grünpapier zu Wasserstoffspeichern entworfen, das mit der Branche konsultiert wurde. Die Rückmeldungen der Branche (INES, BDEW, FNB Gas und VNG) bestätigten, dass viel Unsicherheit hinsichtlich des Umfangs der Bedarfe an Wasserstoffspeicherkapazitäten besteht. Die privaten Akteure erwarten eine Rahmensetzung der Bundesregierung. Ihre Forderungen umfassen einen staatlichen, szenarienbasierten Initialfahrplan, einen stabilen Marktrahmen, um Investitionen von Kapitalgebern zu ermöglichen sowie Finanzierungsinstrumente von Seiten der Politik. Hierbei würden die Dringlichkeit des Wasserstoffmarkthochlaufs und mehrjährige Realisierungszeiten eine zeitnahe Finanzierung bzw. Förderung notwendig machen.

#### **4.3 Weiterer Prozess**

Auf Grundlage des Grünpapiers hat das BMWK folgende Kernelemente einer Wasserstoffspeicherstrategie festgelegt:

Konkretisierung des Bedarfs an Wasserstoffspeichern auf Basis des inländischen und ausländischen Wasserstoffbedarfs im Zeitablauf, aber vor allem für den Zeitraum 2030-2035, wobei insbesondere die aktualisierten Langfristszenarien und die Kraftwerksstrategie herangezogen werden.

Auf Basis des erwarteten Wasserstoffspeicherbedarfs soll ein robuster Vorschlag für eine Transformationsstrategie von Erdgas- zu Wasserstoffspeichern bis 2030 und 2035 entwickelt werden. Umrüstung ist zwar günstiger als Neubau, darf aber nicht zu Lasten der Erdgasversorgungssicherheit gehen. Weiterhin soll der Neubaubedarf von Speichern für Wasserstoff und Wasserstoffderivate ermittelt werden.

Analyse der Notwendigkeit und ggf. Entwicklung staatlicher, finanzieller Unterstützung oder Risikoabsicherung für die Umrüstung und den Bau neuer Wasserstoffspeicher. Einerseits werden bereits privat finanzierte Investitionen in Wasserstoffspeicher beobachtet, andererseits wird laut Branche staatliche Finanzierung benötigt, um Investitionen in Wasserstoffspeicher in einer Anfangsphase von bis zu 15 Jahren überhaupt erst realistisch werden lässt.

Zu den drei o.g. Aspekte soll eine Studie die politische Entscheidungsgrundlage liefern. Die Vergabe der Studie war bereits Ende 2023 vorbereitet. Sie konnte jedoch bislang aufgrund der vorläufigen Haushaltsführung nicht beauftragt werden. Sie soll im Mai 2024 vorliegen.

Darüber hinaus sind die rechtlichen Rahmenbedingungen anzupassen:

Neben den langen Bauzeiten für neue Speicher, stellen zahlreiche rechtliche Vorschriften ein faktisches und zeitliches Problem dar. Erste Rückmeldungen der Branche für Anpassungsbedarf liegen vor, konnten aber nicht mehr im Wasserstoffbeschleunigungsgesetz bzw. in der Bergrechtsnovelle berücksichtigt werden.

Bilanzierungssystem und Marktdesign inkl. Speichernutzungsentgelte werden als verlässlicher regulatorischer Rahmen auf Grundlage des EU Erdgas- und Wasserstoffpakets (finale Annahme voraussichtlich Q2 2024) von der BNetzA festzulegen sein.

Der erste Entwurf der Wasserstoffspeicherstrategie soll bis Ende September 2024 vorgelegt werden.