



ENERGIE- SPEICHERUNG

Oö. Innovationen
für die Energiewende



Inhalt

Einleitung	2
Energie in Oberösterreich	3
<i>Oberösterreichischer Energiemix</i>	3
<i>Ziele und Rahmenbedingungen</i>	4
Energiespeichertechnologien	5
<i>Gravitationsbasierte Speicher</i>	5
<i>Thermische Speicher</i>	5
<i>Chemische Speicher</i>	6
<i>Superkondensatoren</i>	6
<i>Druckluftspeicher</i>	7
Zukunftsperspektiven und Trends	8
<i>Neue Speichertechnologien und künftige Entwicklungen</i>	8
Feststoffbatterien	8
Power-to-Gas	8
Biologische Energiespeicher	9
Hochtemperaturspeicher	9
<i>Smart Grids und Internet der Dinge</i>	9
Impulse und Empfehlungen	10
<i>Technologische Innovationen vorantreiben</i>	10
<i>Wirtschaftliche Investitionsanreize und neue Geschäftsmodelle schaffen</i>	10
<i>Regulatorische Rahmenbedingungen verbessern</i>	11
<i>Gesellschaftliche Akzeptanz und Bewusstseinsbildung forcieren</i>	11
<i>Integration ins Energiesystem strategisch gestalten</i>	11

Einleitung

Die Zukunft der Energieversorgung basierend auf schwankender Stromproduktion durch erneuerbare Energien wie Wasser-, Wind- und Solarenergie hängt von unserer Fähigkeit ab, innovative Energiespeichertechnologien zu entwickeln und effizient in das Energiesystem zu integrieren. Sie sind der Schlüssel, um den Wandel zu einem **dezentralen, nachhaltigen Energiesystem** in Oberösterreich voranzutreiben.

Oberösterreich, als wirtschaftlich starke Region mit einem klaren Fokus auf Industrie und Technologie, bietet ideale Voraussetzungen, um in diesem Bereich eine Vorreiterrolle einzunehmen. Der Industriestandort ist geprägt durch ein starkes **Netzwerk von Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Bildungsinstitutionen**. Diese enge Verzahnung von Wissenschaft und Industrie schafft ein besonderes Innovationsökosystem, das zukunftsweisende Lösungen für die Energiespeicherung hervorbringt.

Energiespeichertechnologien sind der Schlüssel zu einem dezentralen, nachhaltigen Energiesystem.

Dieser Report zeigt die wichtigsten Energiespeichertechnologien, die in Oberösterreich bereits vorhanden sind oder in Zukunft möglicherweise Potential haben. Ihre potentielle Rolle in der regionalen Energiewende ist geprägt von Herausforderungen und Chancen. Oberösterreichs Stärken – von der industriellen Innovationskraft bis hin zur hochqualifizierten Forschung – bieten eine solide Grundlage, um die Region als Vorreiter in der Energiespeicherung zu etablieren.

Energie in Oberösterreich

Ein zentraler Hebel für das Gelingen der Energiewende in Oberösterreich ist die **Umstellung der Wärmeversorgung** – weg von fossilen hin zu klimafreundlichen Lösungen. Der Gebäudebereich spielt dabei eine besondere Rolle. So ist beispielsweise die Zahl der Ölheizungen in den letzten 20 Jahren um die Hälfte zurückgegangen und im Neubau sind sie seit 2020 österreichweit vollständig verboten. Auch Gasheizungen sind österreichweit im Neubau seit 2024 verboten und müssen im Bestand durch klimafreundlichere Alternativen ersetzt werden.

Fernwärme wird in Österreich bereits zu rund 60 % aus erneuerbaren Quellen und thermischer Abfallbehandlung gewonnen, während etwa 34 % noch aus Erdgas stammen. Der verbleibende Anteil entfällt auf andere Energieträger. In Oberösterreich versorgen drei große Anbieter – die Energie AG, die Linz AG und die eww Gruppe im Raum Wels – die Region mit Fernwärme. Die Linz AG beispielsweise gibt an, dass aktuell rund 40 % ihrer Fernwärme aus Biomasse- und Reststoffen stammen. Ihr Ziel ist es, diesen Anteil bis 2035 auf 80 % zu steigern und bis 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Im Zuge des fortschreitenden Klimawandels wird auch die Fernkälte und ihre Speicherung bedeutender werden – in Linz sind bereits drei Fernkälteanlagen mit einer Gesamtleistung von 18,8 MW in Betrieb.

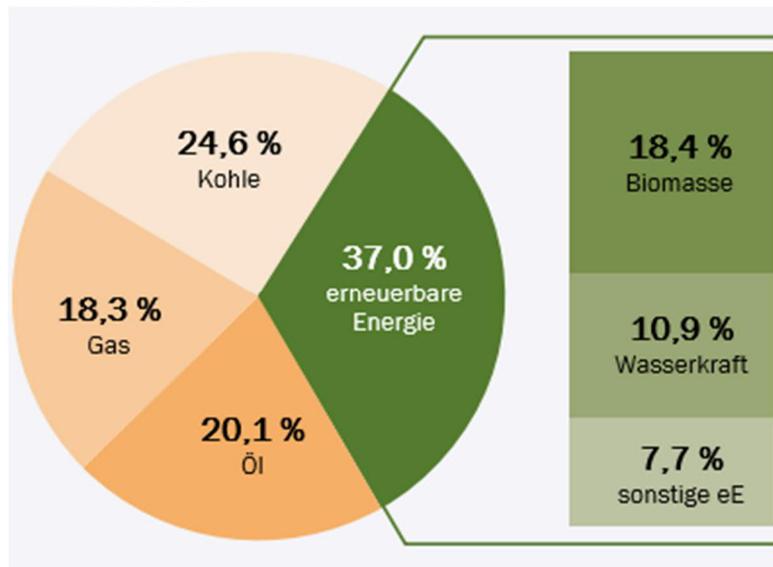
Oberösterreichischer Energiemix

Der jährliche oberösterreichische **Bruttoenergieverbrauch** liegt im Durchschnitt der vergangenen Jahre bei ca. 320 PJ¹ mit leichtfallender Tendenz. Dieser Wert ergibt sich aus Endenergieverbrauch zuzüglich des Anteils, der nicht zur Energiegewinnung, sondern zur Herstellung von Produkten wie Kunststoffen verwendet wird.

316 PJ
Bruttoenergieverbrauch
in OÖ 2023

Aufgeschlüsselt nach Energieträgern spiegeln sich in der Nutzung der erneuerbaren Energien die naturräumlichen Gegebenheiten in Oberösterreich wider. Von den 37,0 % aus dem erneuerbaren Sektor entfallen 18,4 % auf Biomasse aus den land- und forstwirtschaftlichen Ressourcen und 10,9 % auf Wasserkraft aus Groß- und zahlreichen Kleinanlagen entlang der oberösterreichischen Flüsse. Der restliche Teil entfällt auf Solarenergie, Wind und Geothermie. Fast zwei Drittel der benötigten jährlichen Energiemenge entstammen weiterhin aus fossilen Energieträgern (Kohle, Erdgas, Erdöl). Im Vergleich zu den anderen Bundesländern weist Oberösterreich einen hohen Kohleanteil auf, der auf den energieintensiven Industriezweig der Eisen- und Stahlerzeugung zurückzuführen ist.

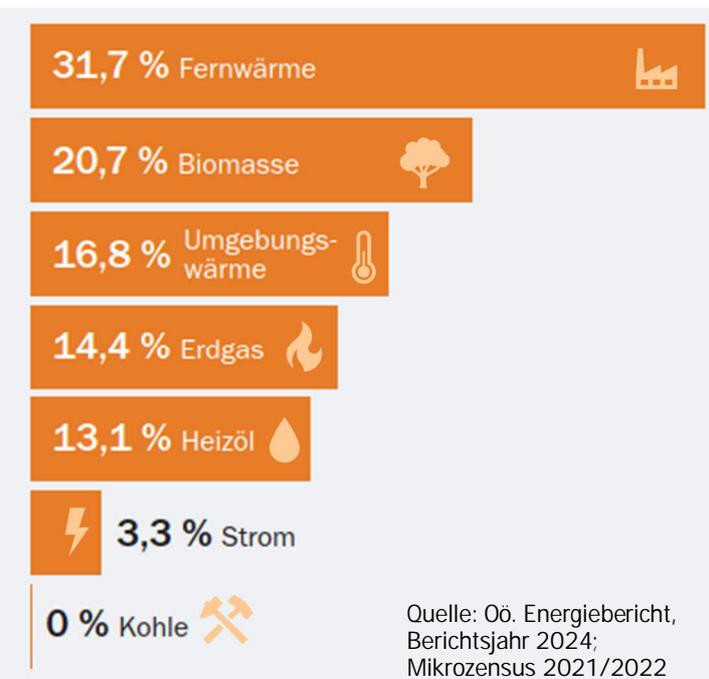
Bruttoenergieverbrauch nach Energieträgern in OÖ 2023



Quelle: Oö. Energiebericht, Berichtsjahr 2024

Fokussiert auf die **Raumwärmebereitstellung** in Oberösterreichs Haushalten ist Kohle kein Thema mehr. Mit Erdgas und Heizöl wurden 2022 etwas mehr als ein Viertel der oberösterreichischen Wohnungen beheizt. Auf Biomasse, hauptsächlich in Form von Pellets, Hackgut oder Scheitholz, und Wärmepumpen entfielen 37,5 %. Mit Fernwärme wurden 31,7 % der Haushalte in Oberösterreich versorgt. Die restlichen 3,3 % heizten mit Strom.

Energieträger für die Heizung in oö. Wohnungen 2022



Quelle: Oö. Energiebericht, Berichtsjahr 2024; Mikrozensus 2021/2022

¹ 1 Petajoule (PJ) = 10¹⁵ Joule = 277,8 GWh

An **elektrischer Energie** benötigen wir in Oberösterreich rund 14.000 GWh mit leicht fallender Tendenz (entspricht etwa 16 % der Gesamtenergie), die wir im Jahr 2023 zu fast 90 % aus erneuerbaren Energieträgern bereitstellen konnten.

Ziele und Rahmenbedingungen

Das oberste Ziel der Oö. Klima- und Energiepolitik ist die Klimaneutralität bis 2040. Dies erfordert eine umfassende **Abkehr von fossilen Energieträgern** in allen Sektoren.

„Oberösterreich setzt sich zum Ziel, spätestens im Jahr 2040 klimaneutral zu sein.“

DIE Oberösterreichische Klima- und Energiestrategie, S. 11

Für den dazu nötigen Ausbau der erneuerbaren Energieformen sieht Oberösterreich das größte noch auszuschöpfende Potential in der Nutzung von Sonnenenergie durch **Photovoltaik**. Dem gegenüber ist der Ausbau von **Wasserkraft** im großen Maßstab bereits in der Vergangenheit erfolgt und kann zukünftig durch Revitalisierungen und Ausbau an umweltgerechten Standorten mit Bedacht weiter erfolgen. Auch bei der **Windkraft** soll in Oberösterreich durch naturschutzverträgliche Erweiterungen und leistungsstärkere Windräder an be-

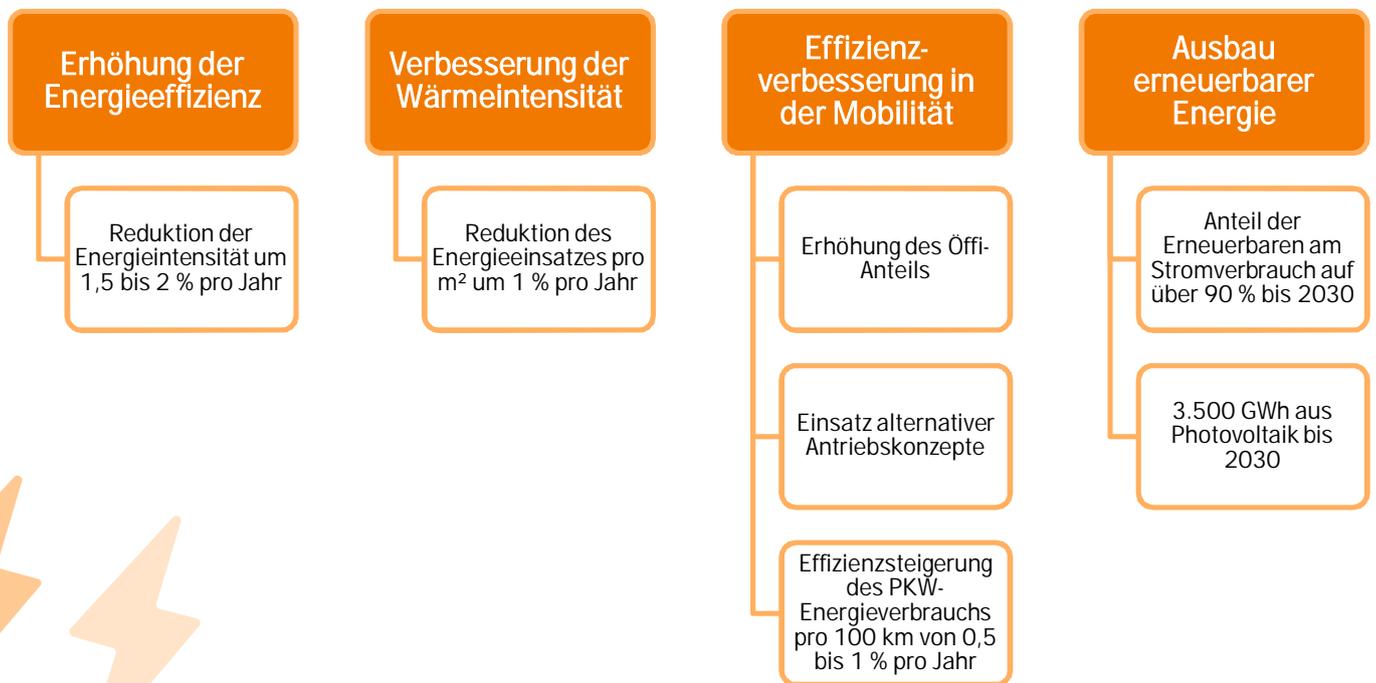
stehenden Standorten (Repowering) der Energieanteil erhöht werden. **Biomasseanlagen** sind in Oberösterreich sowohl als Kleinf Feuerungsanlagen als auch in Form moderner Scheitholzanlagen und Biomasse-Großprojekte (> 100 kW) nahezu flächendeckend vorhanden. Laut Regierungsübereinkommen 2021-2027 der Oö. Landesregierung soll Oberösterreich als Land der Biomasse inkl. Förderprogramme positioniert werden.

Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger hat jedoch einen großen Nachteil gegenüber den fossilen Energieformen: die **große Volatilität**. Das bedeutet, dass die erzeugte Energie nicht gleichmäßig vorhanden ist, sondern starken Schwankungen, sowohl tages- und jahreszeitlich als auch wetterbedingt, als auch wetterbedingt, unterliegt. Dies führt zu Herausforderungen bei der Netzstabilität, weil Angebot und Nachfrage zeitlich oft nicht übereinstimmen.

Unabhängbare Säulen der zukünftigen Energiebereitstellung sind daher

- **Energiespeichertechnologien**,
- ausgleichende **intelligente Netze** (Smart Grids) und
- ein **dezentral organisierter Mix** aus allen erneuerbaren Energieträgern (Diversifizierung).

Quantitative Energieziele gemäß Oö. Klima- und Energiestrategie



Energiespeichertechnologien

In einer Zeit, in der der Ausbau erneuerbarer Energien an Dynamik gewinnt, wird die Rolle von Energiespeichern immer bedeutender. Sie bilden das Rückgrat der Energiewende, indem sie die fluktuierende Erzeugung von Wind- und Solarenergie ausgleichen und eine kontinuierliche, stabile Energieversorgung sicherstellen. Energiespeichertechnologien spielen eine zentrale Rolle, um den wachsenden Anteil erneuerbarer Energien in das regionale Energiesystem zu integrieren und so die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren.

Im Folgenden wird eine Auswahl an derzeitigen, aber auch in Entwicklung befindlichen Speichertechnologien vorgestellt. Die dargestellten Informationen und Beispiele mit Schwerpunkt Oberösterreich wurden ausschließlich öffentlich zugänglichen Quellen entnommen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es erfolgt keine Gewähr in Bezug auf die Richtigkeit und Aktualität.

Gravitationsbasierte Speicher

Gravitationsbasierte Energiespeicher nutzen die potentielle Energie, die durch das Anheben einer Masse entsteht, um Energie zu speichern.

Die bekannteste und in der Praxis am häufigsten vorkommende Art ist das **Pumpspeicherkraftwerk**. Bei diesen Anlagen wird Wasser in höher gelegene Speicherbecken gepumpt, wenn überschüssige Energie verfügbar ist. Bei Energiebedarf wird das Wasser über eine Turbine abgelassen, um damit Strom zu erzeugen. Diese Technologie ist besonders effizient und eignet sich sehr gut, um große Energiemengen über längere Zeiträume zu speichern.

Neben Wasserkraftwerken werden auch alternative Ansätze entwickelt, wie das Heben von festen Massen (z. B. Betonblöcken) mithilfe elektrischer Energie. Diese Konzepte, wie bei gravitationsbasierten **Speichersystemen für Feststoffe**, bieten vielversprechende aber technologisch eher noch am Beginn stehende Möglichkeiten, erneuerbare Energien wie Solar- und Windkraft zu integrieren, indem sie Netzstabilität und eine zeitversetzte Energieversorgung gewährleisten.

Ein aktuelles Beispiel ist das derzeit (2025) in Bau befindliche Pumpspeicherkraftwerk Ebensee, das einen Speicher von 1,32 Millionen Kubikmeter Wasser mit einer maximalen Bruttofallhöhe von 491 m vereint.



Baustelle des Pumpspeicherwerkes Ebensee
Quelle: ENERGIE AG

Thermische Speicher

Thermische Speicher beruhen auf Technologien, die Wärme speichern und bei Bedarf freisetzen, um die Energienutzung zu optimieren. Sie spielen eine Schlüsselrolle in der Energiewende, da sie helfen, Wärme insbesondere aus erneuerbaren Quellen zu speichern und zu gewünschten Zeitpunkten abzugeben. Diese Optimierung macht nur zeitweise zur Verfügung stehende (erneuerbare) Energie besser verwertbar.

Dabei kann die abgegebene Wärme je nach Temperaturbereich als Wärme selbst Verwendungen finden, wie etwa in einem Fernwärmenetz, oder für chemische Prozesse als Prozesswärme zur Verfügung stehen, oder auch in Strom umgewandelt werden. Thermische Speicher können zur kurzfristigen Aufbewahrung dienen, aber auch zur längerfristigen (saisonalen) Speicherung, etwa um Sonnenenergie aus dem Sommer für den Wärmebedarf im Winter nutzbar zu machen.

Methoden zur kurz- oder längerfristigen Wärmespeicherung

- **Sensible Wärmespeicher:** Speichern Wärme durch Erhöhung der Temperatur eines Mediums, wie z. B. Wasser oder Gestein.
- **Latentwärmespeicher:** Nutzen Phasenwechselmaterialien, die beim Phasenübergang (z. B. von fest zu flüssig) Wärme aufnehmen oder abgeben.
- **Thermochemische Speicher:** Speichern Wärme in chemischen Reaktionen und setzen sie bei Umkehrung der Reaktion wieder frei.

Neben großen, für ganze Versorgungsgebiete bereitstehenden Speichern wurde auch eine Vielfalt an kleineren, etwa in privaten Wohnhäusern einsetzbaren, Warmwasserspeichern entwickelt.

Ein auch optisch auffälliges Beispiel für thermische Speicher in Oberösterreich ist der 2021 fertiggestellte Heißwasserspeicher der Linz AG, der 65 m hoch ist und 35 Millionen Liter Wasser beinhaltet - einer der größten weltweit.

Um Erzeugung und Verbrauch von Heizenergie optimal abzustimmen, werden auch in einer Reihe von oberösterreichischen Biomasseheizkraftwerken thermische Wasserspeicher eingesetzt.



Heißwasserspeicher der LINZ AG in Linz
Quelle: LINZ AG

Chemische Speicher

Chemische Energiespeicher speichern Energie in Form chemischer Verbindungen, aus denen sie durch chemische Reaktionen aufgenommen oder auch wieder freigesetzt werden kann.

Vorteile dieser Form der Energiespeicherung sind, dass relativ große Mengen an Energie in kompakter Form gespeichert werden können bei einer gleichzeitig hohen Energiedichte. Chemische Energiespeicher sind meist mehrmals auf- und entladbar (Akkumulatoren, Öl- und Gasspeicher). Es existieren aber auch einmal verwendbare, wie z. B. die klassischen Einwegbatterien.

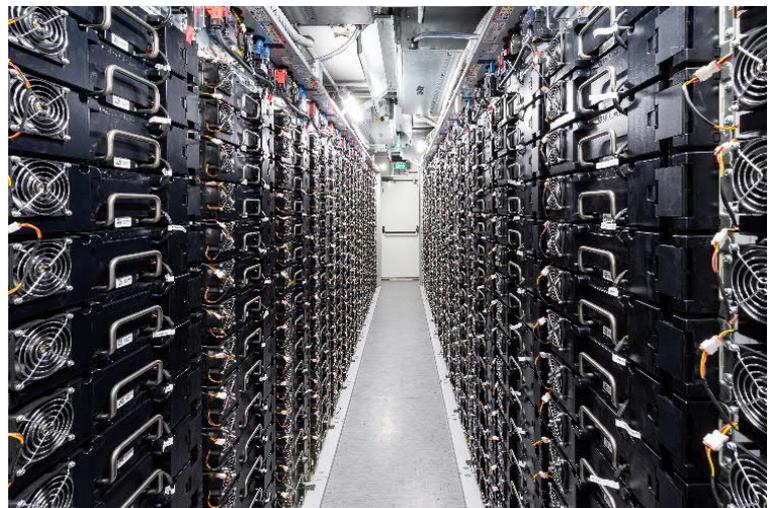
Die gängigsten chemischen Energiespeicher

- **Öl- und Gasspeicher:** Österreich hat ein gut ausgebautes Netz an großen Öl- und Gasspeichern, z. B. in Haidach oder in Schwechat, die eine zentrale Rolle in der Energiesicherheit des Landes spielen.
- **Lithium-Ionen-Akkumulatoren:** Diese Akkus werden häufig in mobilen Geräten wie Smartphones und Laptops sowie in Elektrofahrzeugen verwendet.
- **Blei-Säure-Akkumulatoren:** Diese schon lange verfügbaren Akkus sind in Fahrzeugen weit verbreitet und werden als sogenannte Starterbatterie und für Notstromsysteme verwendet.
- **Redox-Flow-Akkumulatoren:** Diese speichern Energie in flüssigen Elektrolyten und eignen sich gut für große Energiespeichersysteme, z. B. zur Speicherung von Solar- und Windenergie.
- **Einweg-Batterien:** Können nach der Entladung nicht wieder aufgeladen werden (z. B. Alkali-Mangan-

Batterien). Sie werden vor allem in kleinen Geräten wie Fernbedienungen oder Taschenlampen eingesetzt.

Die Eigenschaften elektrischer Akkumulatoren werden ständig weiterentwickelt, was sie sowohl für stationäre Anwendungen, als auch für mobile Geräte und Elektrofahrzeuge immer interessanter macht. Ohne leistungsfähige Akkumulatoren wäre etwa die Mobilitätswende undenkbar. Die Verwendung neuer Materialien und die Entwicklung effizienterer Technologien sind daher zentrale Forschungsbereiche, um die Nachhaltigkeit und Leistungsfähigkeit chemischer Energiespeicher weiter zu verbessern. Angekündigt wurden beispielsweise Natrium-Ionen-Batterien, die durch kostengünstige Materialien punkten, aber auch Lithium-Schwefel-Batterien, die leichtere Akkupacks mit hoher Energiedichte bringen sollen.

Einer der größten chemischen Stromspeicher Oberösterreichs wurde 2020 am Standort des Donaukraftwerkes Wallsee-Mitterkirchen als „Blue Batterie“ installiert, wo er als Flexibilitätsanlage in Sekundenbruchteilen das Stromnetz stabilisieren kann.



„Blue Batterie“ am Standort des Donaukraftwerkes Wallsee-Mitterkirchen
Quelle: VERBUND AG

Superkondensatoren

Superkondensatoren, die auch als Ultrakondensatoren bezeichnet werden, sind Energiespeicher, die elektrische Energie nicht chemisch, sondern durch das Anlegen von elektrischer Ladung an der Grenzfläche zwischen Elektroden und Elektrolyt speichern.

Sie kombinieren die hohe Energiedichte von Batterien mit der hohen Leistungsdichte klassischer Kondensatoren. Dadurch können sie Energie sehr schnell

bereitstellen oder aufnehmen und zeichnen sich durch eine lange Lebensdauer aus. Im Vergleich zu Akkumulatoren ist ihre Energiedichte jedoch deutlich geringer, was die gespeicherte Energiemenge pro Masse betrifft.

Superkondensatoren bestehen aus zwei Elektroden (oft aus Materialien wie Aktivkohle), die durch einen Elektrolyten getrennt sind. An den Grenzflächen bildet sich eine sogenannte Doppelschicht, in der Ladungen getrennt und gespeichert werden. Dieser Prozess ist rein physikalisch und ermöglicht die hohe Zyklusstabilität. Die im Vergleich zu herkömmlichen Kondensatoren höhere Speicherkapazität kann durch die Kombination der klassischen Doppelschichtkapazität und einer komplexen elektrochemischen Speicherung durch faradayschen Ladungsaustausch erklärt werden.

Derzeitige bzw. schon absehbare Anwendungen

- **Fahrzeuge:** Sie werden in Elektro- und Hybridfahrzeugen für den Start, Bremsenergieerückgewinnung und kurzfristige Energiespeicherung eingesetzt.
- **Erneuerbare Energien:** Superkondensatoren können Schwankungen in der Energieerzeugung ausgleichen, etwa bei Solar- oder Windkraftanlagen.
- **Elektronik:** In Geräten wie Kameras, Smartphones oder Computern werden sie zur Überbrückung von kurzzeitigen Stromausfällen oder zur Unterstützung von Batterien verwendet.
- **Industrie:** Sie unterstützen in Energiemanagementsystemen und ermöglichen kurzzeitige Spitzen im Stromverbrauch.

Superkondensatoren sind eine vielversprechende Technologie, die die Lücke zwischen herkömmlichen Batterien und Kondensatoren schließt, insbesondere in Anwendungen, bei denen schnelle Energieabgabe und -aufnahme entscheidend sind.

Druckluftspeicher

Druckluftspeicher speichern Energie in Form von komprimierter Luft in unterirdischen Hohlräumen, wie Kavernen, oder in speziell entwickelten Drucktanks. Bei Energieüberschuss wird Luft mithilfe von elektrischer Energie in einem Kompressor stark verdichtet und gespeichert. Bei Bedarf wird die **komprimierte Luft** freigesetzt, erhitzt und durch eine Turbine geleitet, die Strom erzeugt.

Druckluftspeicher können große Energiemengen über längere Zeiträume speichern, was sie für die Integration erneuerbarer Energien, wie Wind- und Solarenergie attraktiv macht. Sie können auch Energie schnell ins Netz einspeisen, was sie für Spitzenlastabdeckung und Netzstabilität geeignet macht. Moderne Systeme speichern auch die bei der Komprimierung zwangsläufig entstehende Wärme, was deren Wirkungsgrad erhöht. Druckluftspeicher könnten in großskaligen Anwendungen wie in stillgelegten Bergwerken oder am Grunde von größeren Seen installiert werden. Für beide Bereiche wären in Oberösterreich die grundsätzlichen geologischen Bedingungen gegeben.



Industrieller Druckluftspeicher
Quelle: Tomy - stock.adobe.com

Im Projekt SEES – Sublake Electrical Energy Storage wurde etwa von der TU Wien ein System für einen flexiblen Druckluftspeicher entwickelt, der am Grund von österreichischen Seen (wie am Traunsee) montiert und isobar, d.h. mit konstantem Druck betrieben werden kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass insbesondere Speicherlösungen in sensiblen Ökosystemen wie Seen auch unter ökologischen Gesichtspunkten sorgfältig geprüft werden müssen.



Zukunftsperspektiven und Trends

Die Defossilisierung von Strom, Wärme und Mobilität bringt weitreichende Veränderungen bei der Energieinfrastruktur mit sich. Um erneuerbare Energieformen effizient nutzen zu können, sind Energiespeicher und intelligente Energiemanagementsysteme von Nöten. Die Zukunft ist ein flexibles, digitales Energiesystem, das Schwankungen dynamisch ausgleicht.

Neben Fortschritten in der Batterieforschung, Wasserstoffwirtschaft und thermischen Speichern stehen insbesondere intelligente Systeme wie **Smart Grids und Internet of Things-Lösungen** im Fokus, die Energiespeicherung und -verteilung effizienter und nachhaltiger gestalten. Diese Entwicklungen werden nicht nur die Energieversorgung revolutionieren, sondern auch **neue Geschäftsfelder** und Innovationspotentiale eröffnen.

Bei all diesen schon bestehenden, aber auch künftigen Lösungen muss für eine breite Anwendung berücksichtigt werden, dass sie praxistauglich, wartungsarm, wenig fehleranfällig und auch wirtschaftlich erschwinglich sind.

Künftig werden immer mehr gebrauchte Energiespeicher (Akkus) zur Verfügung stehen, die aus ihrem ursprünglichen Einsatz – beispielsweise in Elektrofahrzeugen – ausgemustert wurden, aber noch über ausreichende Restkapazität für andere Zwecke verfügen. Anstatt diese Akkus zu entsorgen, können sie in Anwendungen mit geringeren Leistungsanforderungen weiter genutzt werden, wie etwa in stationären Energiespeichersystemen in privaten Haushalten. Dieses **Second Use** verlängert die Lebensdauer der Akkus, reduziert Rohstoffverbrauch und Umweltbelastungen und kann ein zentraler Bestandteil einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft in der Elektromobilität werden. Schließlich wird auch das **Recycling** der Materialien am Ende der Lebensdauer eine immer größere Rolle spielen.

Eine weitere Möglichkeit der Stromspeicherung sind **Vehicle-to-Grid-Systeme (V2G)**. Dabei wird es Elektrofahrzeugen ermöglicht, überschüssige Energie aus ihren Akkumulatoren in das Stromnetz zurückzuspeisen. Dadurch können sie als mobile Energiespeicher zur Netzstabilisierung und zur Integration erneuerbarer

Energien beitragen. Diese Technologie erfordert eine bidirektionale Ladeinfrastruktur und intelligente Steuerungssysteme. Bei einem angenommenen E-Auto Anteil von 25 % in Oberösterreich und einer durchschnittlichen Speicherkapazität von 50 kWh pro Auto könnte so ein virtueller Speicher von 17 GWh entstehen. Dies wäre ausreichend, um Oberösterreichs gesamten Strombedarf für etwa einen Tag abzudecken. Allerdings gibt es noch einige legislative und technische Hürden sowie die Frage, in welchem Ausmaß Autobesitzer:innen in der Praxis bereit sind, ihre (parkenden) E-Autos als Stromspeicher zur Verfügung zu stellen.

Neue Speichertechnologien und künftige Entwicklungen

Aufgrund der Vielseitigkeit der bereits bestehenden Speicherarten und -medien und den zu erwartenden Anforderungen der Energiewende, ist in Zukunft mit einer dynamischen Weiterentwicklung der Speichertechnologien zu rechnen.

Treiber werden nicht nur größere Speicherleistungen sein, sondern auch geringere Kosten, die Verfügbarkeit der Materialien, sowie auch die generelle Umweltfreundlichkeit. Während Stoffe wie Quecksilber schon weitgehend verboten sind, werden manche Batterien bzw. Akkumulatoren wegen der derzeit noch vorhandenen fluorhaltigen Ewigkeitschemikalien („PFAS“) kritisch gesehen, die z. B. bei Leckagen, Bränden oder unsachgemäßer Entsorgung freigesetzt werden können.

Feststoffbatterien

In Hinblick auf Akkumulatoren sollen durch neue Entwicklungen bestehende Herausforderungen wie begrenzte Kapazitäten, hohe Herstellungskosten und Umweltverträglichkeit überwunden werden. So führten Investments in Batterieforschung und -entwicklung schon in den vergangenen Jahren zu höheren Speicherkapazitäten und schnelleren Ladezyklen. Die Feststoffbatterie gilt als vielversprechender Nachfolger der Lithium-Ionen-Batterien mit höherer Energiedichte und längerer Lebensdauer. Durch feste Elektrolyte sind kompaktere Bauweisen für Anwendungen in der Elektromobilität oder als stationäre Speicher möglich – bei gleichzeitig geringem Brandrisiko.

Power-to-Gas

Bei Power-to-Gas wird (überschüssiger) Strom aus erneuerbaren Energieträgern genutzt, um einen gasförmigen langfristig speicherbaren Energieträger, beispielsweise Wasserstoff oder synthetisches Methan, zu erzeugen. Dieser kann zu einem späteren Zeitpunkt entweder direkt verwendet oder rückverstromt werden.

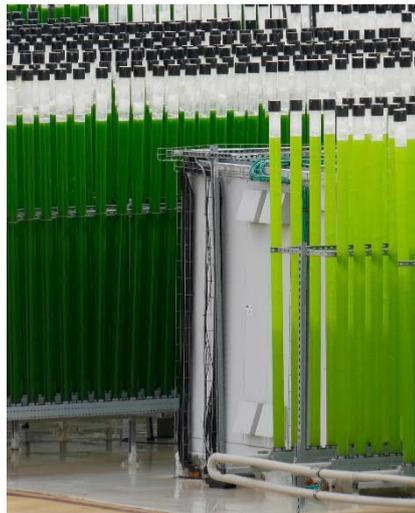


Beispiel eines schon seit Jahren im Einsatz befindlichen privat installierten Lithium-Akku-Stromspeichers
Quelle: K. Bernhard / Land OÖ

Biologische Energiespeicher

Auch in organischen Materialien steckt Energie bzw. kann Energie gespeichert werden. Durch neue Erkenntnisse und Verfahren bei biochemischen Prozessen könnten biologische Energiespeicher zukünftig eine nachhaltige und umweltfreundliche Speichertechnologie darstellen. In mikrobiellen Brennstoffzellen erzeugen Mikroorganismen durch das Zersetzen von organischem Material, z. B. im Abwasser oder im Bioabfall, elektrische Energie. In der Batterieentwicklung könnte in einigen Jahren ebenfalls auf organische Ausgangsmaterialien zurückgegriffen werden, die herkömmliche Materialien wie Lithium oder Kobalt ersetzen. In organischen Batterien werden kohlenstoffhaltige Verbindungen zur Energieerzeugung verwendet, die nachhaltiger und potentiell auch kostengünstiger sind.

Zukünftige Herausforderungen liegen vor allem in der Erhöhung der Energiedichte, um biologische Energiespeicher konkurrenzfähig und breiter einsetzbar zu machen. Ein weiterer denkbarer biologischer Energiespeicher basiert auf Algen, die durch Photosynthese Lipide (Fette), Kohlenhydrate und andere organische Verbindungen erzeugen. Großer Vorteil der Algenutzung ist die hohe Effizienz, sowohl in der großen Biomasse pro Fläche als auch in der hohen Photosyntheseleistung. In den vergangenen Jahren sind erste Anlagen in Österreich entstanden, die Algen als Lebensmittel (z. B. Spirulina in Siezenberg-Reidling, NÖ) bzw. auch zur Energieerzeugung oder für Kosmetika züchten. Dass es noch Fortschritte in der Biotechnologie, der Reduktion von Produktionskosten und der Entwicklung effizienter Verarbeitungsmethoden braucht, zeigt der nun schon erneute Konkurs eines Algenproduktionsunternehmens in Bruck an der Leitha, das ursprünglich Algen-Biodiesel erzeugen wollte, jedoch ebenfalls in die lukrativere Superfood-Sparte wechselte.



Algenfarm
Quelle: Yosef – stock.adobe.com

Unerwähnt soll auch nicht bleiben, dass Biomasse wie Holz oder Pflanzen an sich bereits ein Energiespeicher ist, der seit der Nutzbarmachung des Feuers verwendet wird.

Hochtemperaturspeicher

Während für Heiz- und Warmwasserzwecke schon die bewährten Heißwasserspeicher eingesetzt werden, sind für industrielle Anwendungen wie die Vorwärmung von Prozessgasen oder das Schmelzen von Metallen deutlich höhere Temperaturen von bis zu 1000° Celsius und mehr nötig. Hierfür sind besonders temperaturstabile

Speichermedien gefragt, die noch dazu preisgünstig sein sollen.

Als Beispiel von künftigen Hochtemperaturspeichern könnte laut dem EU-Projekt „ReSlag“ Stahlwerksschlacken dienen, die hierzulande in großen Mengen als Reststoffe bei der Stahlerzeugung anfallen und so einer sinnvollen Verwertung zugeführt werden könnten.

Smart Grids und Internet der Dinge

In einem Energiesystem, das auf erneuerbaren Energieträgern basiert, spielen Smart Grids und das Internet der Dinge (IoT) eine zentrale Rolle, weil sie die Effizienz, Flexibilität und Stabilität solcher Systeme erheblich steigern können. Die größte Herausforderung erneuerbarer Energieformen wie Wind- und Sonnenenergie ist die Volatilität. Durch die digitale Vernetzung ist eine dynamische Anpassung und Verteilung der Stromproduktion möglich. Aktueller Bedarf, Speicherbefüllung und gezieltes Ein- und Ausschalten von Stromverbrauchern kann automatisch koordiniert werden. Das entlastet nicht nur die Netze, sondern ermöglicht auch für die Endabnehmer:innen smarte Tarife, wenn der Stromverbrauch gezielt in kostengünstigere Zeitfenster verlegt wird. Ein Beispiel für eine flexible Speicherung in Zeiten geringerer Stromabnahmen ist das Wasserkraftwerk in Hart in der Gemeinde Rüstorf. Neben dem Kraftwerk wurden zehn vollautomatisch steuerbare Kompaktpeicher mit insgesamt 2.000 kWh Kapazität installiert, die die Stromzwischenlagerung je nach Bedarf übernehmen.

Oberösterreich verfügt über einige Standortvorteile, die zur erfolgreichen Integration von Smart Grids und IoT beitragen können. Die bestehende industrielle Infrastruktur und die wachsende Zahl an Projekten im Bereich erneuerbare Energien schaffen eine solide Basis, um moderne Energiespeicher und dezentrale Einspeisung schrittweise auszubauen. Regionale Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie Pilotprojekte könnten dabei helfen, innovative Lösungen zu testen und die Energiewende gezielt voranzutreiben.

Wichtige öö. Standortvorteile



Impulse und Empfehlungen

Die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien und die Entwicklung innovativer Energiespeichertechnologien sind entscheidend um die Klimaneutralität bis 2040 zu erreichen. Um die eben beschriebenen Standortvorteile gezielter und Oberösterreichs Potentiale bestmöglich nutzen zu können, hat die Oö. Zukunftsakademie gemeinsam mit der Stabstelle "Energiewirtschaftliche Planung" des Landes OÖ einen breiten Expert:innen-Kreis zu Energiefragen am 6.5.2025 zusammengerufen.

Ziel war es, zentrale Herausforderungen für die Energiespeicherung Oberösterreichs zu evaluieren und Lösungswege aufzuzeigen. Die Ergebnisse des Workshops, sind eine wesentliche Grundlage für die folgenden Impulse und Empfehlungen zur strategischen Weiterentwicklung nachhaltiger Energiespeicherlösungen in unserem Bundesland.

Technologische Innovationen vorantreiben

Energiespeicher werden zunehmend zum Rückgrat eines erneuerbaren Energiesystems. Ein **breites Spektrum an Speichertechnologien** ist erforderlich, um Versorgungssicherheit, Netzstabilität und saisonale Ausgleichsfähigkeit zu gewährleisten. In Oberösterreich bieten sich dazu vielfältige Möglichkeiten: Batteriespeicher – von klassischen Lithium-Ionen-Systemen bis zu zukünftigen Feststoffbatterien – können mit bidirektionalem Laden kombiniert werden. Dadurch werden Elektrofahrzeuge zu mobilen Speichern. Eine breite Umsetzung von Vehicle-to-Grid-Systemen könnte damit eine bedeutende Reserve im Energiesystem darstellen.

Zu den regionalen **Stärken** zählen die Infrastruktur sowie die geologischen Formationen, die Erdgase natürlicherweise enthalten bzw. enthielten und bestehende Gasspeicher, welche sich ideal zur Speicherung erneuerbarer Gase eignen. Untergrundspeicher für Wasserstoff oder synthetisches Methan können zur saisonalen Glättung von Energieangeboten beitragen. Auch Pumpspeicherkraftwerke – einige in Planung, genehmigt oder bereits im Bau – sind tragende Elemente.

Um das volle Potential zu heben, gilt es, **Forschung und Entwicklung zu intensivieren**, etwa bei thermischen Hochtemperaturspeichern, Elektrolyseverfahren, Sorptionsspeichern oder neuen Materialien. Vor allem die Kombination dieser Speicher mit industriellen Prozessen oder kommunalen Fernwärmesystemen schafft Effizienzgewinne. Die Weiterentwicklung sollte durch gezielte Forschungsprogramme, Technologie-Calls und Kooperationsplattformen gestützt werden.



Empfehlungen im Überblick
Quelle: KI-generiert (DALL-E), Land OÖ

Gleichzeitig braucht es einen Fokus auf **Nachhaltigkeit und Sicherheit**. Neben langlebigen Speicherlösungen gilt es, umweltfreundliche Materialien und das Recycling zu fördern und Sicherheitsstandards konsequent umzusetzen – etwa bei Batterie-Großspeichern oder Wasserstoffsystemen.

Wirtschaftliche Investitionsanreize und neue Geschäftsmodelle schaffen

Die Umsetzung innovativer Speicherlösungen erfordert **stabile und planbare Förderungen**. Unsicherheiten bei Förderhöhen und Antragsverfahren hemmen Investitionen. Fördermodelle sollten langfristig angelegt und am Beitrag zur Versorgungssicherheit orientiert sein.

Zahlreiche Herausforderungen bestehen durch **Marktbarrieren** wie doppelte Netzentgelte oder unklare Zuständigkeiten. Gesetzliche Anpassungen sind nötig, um Speicher wirtschaftlich attraktiv zu machen. In der Industrie liegt großes Potential in betriebsinternen Speicherlösungen zur Laststeuerung.

Neue Geschäftsmodelle entstehen insbesondere in der Kombination von Speicher, Erzeugung und Digitalisierung. Anwendungen wie Lastmanagementsysteme oder Aggregatoren von Speichern können durch die neuen Entwicklungen wirtschaftlich betrieben werden. Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger:innen – etwa über lokale Speicherprojekte – stärken zudem die regionale Wertschöpfung.

Zielgerichtete Anreize für Nutzer:innen und KMU (= kleine und mittlere Unternehmen), etwa für Batteriespeicher oder thermische Speicher im Gewerbe, sollten geschaffen werden. Risikobereitschaft und

Innovationsfreude profitieren von experimentierfreundlichen Rahmenbedingungen wie Reallaboren oder Modellregionen.

Regulatorische Rahmenbedingungen verbessern

Es braucht **klare gesetzliche Grundlagen** für Speichertechnologien. Das neue ELWG (Elektrizitätswirtschaftsgesetz), als Nachfolger des bisherigen ELWOG, sollte Speicher als eigene Kategorie anerkennen und deren Rolle im Strommarkt systematisch definieren. Auch für neue Technologien wie Vehicle-to-Grid braucht es klare Regelungen.

Genehmigungsverfahren stellen für viele Speicherprojekte ein Hindernis dar. Sie sollten vereinfacht und beschleunigt werden, ohne Umweltstandards zu schwächen. Projektträger benötigen praxisnahe Regelungen, die Innovation ermöglichen.

Flexible Stromtarife und Netzintegration sind zentrale Hebel. Speicher können Schwankungen im Stromnetz ausgleichen, wenn Preis- und Nutzersignale entsprechend gestaltet sind. Netzdienliches Verhalten – wie das Verlegen von Stromnutzung in verbrauchsarme Zeiten – sollte regulatorisch anerkannt und wirtschaftlich gefördert werden.

Verantwortlichkeiten und Standards bei Planung, Betrieb und Nutzung von Speichern müssen transparent geregelt sein. Einheitliche Sicherheitsvorschriften und Zertifizierungen stärken das Vertrauen. Speicher sollten als integraler Bestandteil der Energieinfrastruktur verstanden und in die übergeordnete Energieplanung integriert werden.

Gesellschaftliche Akzeptanz und Bewusstseinsbildung forcieren

Transparenz und Information sind Schlüssel für Akzeptanz. Die Bevölkerung braucht verständliche Informationen zu Nutzen, Sicherheit und Umweltwirkungen der Speichertechnologien. Informationskampagnen, Energieerlebensräume und Schulprogramme können helfen, Wissen aufzubauen und Vorbehalte abzubauen.

Frühe Einbindung der Bevölkerung bei Speicherprojekten – insbesondere bei größeren Batteriesystemen oder Wärmegroßspeichern – hilft, Konflikte zu vermeiden. Beteiligungsformate wie Bürgerforen oder Infoabende ermöglichen Dialog und fördern Verständnis.

Lokale Wertschöpfung und Beteiligung stärken die gesellschaftliche Unterstützung. Wenn Bürger:innen sich an Projekten beteiligen und direkt profitieren können, steigt die Zustimmung. Regionale Betriebe sollten vorrangig eingebunden werden.

Bildung und Know-how-Förderung sind langfristig entscheidend. Schulen, Fachhochschulen und Weiterbildungseinrichtungen sollten Speicherwissen in ihre Programme integrieren. Auch für Nutzer:innen braucht es Angebote, um neue Technologien sicher und effizient zu nutzen.

Erfolge sollten sichtbar gemacht werden. Pilotprojekte und Best Practice-Beispiele aus Oberösterreich verdienen öffentliche Aufmerksamkeit. Das zeigt: Speicher funktionieren – und sie lohnen sich.

Integration ins Energiesystem strategisch gestalten

Energiespeicher müssen als Teil eines vernetzten Energiesystems gedacht werden. Es braucht **ganzheitliche Planung und sektorübergreifende Integration** – von Strom über Wärme bis hin zur Mobilität. Speicherlösungen sollten dort eingesetzt werden, wo sie den größten Nutzen bringen – etwa in Verbindung mit Wärmenetzen, industriellen Prozessen oder als Reserve für netzschwache Regionen.

Kooperation zwischen Akteur:innen ist dabei entscheidend. Unternehmen, Forschungseinrichtungen und öffentliche Stellen müssen ihre Kompetenzen bündeln, um tragfähige Lösungen zu schaffen.

Ein klarer Fokus sollte auf der **Versorgungssicherheit** liegen. Speicher erhöhen die regionale Resilienz und reduzieren die Abhängigkeit von fossilen Importen. Strategien zur Speicherintegration sollten langfristig angelegt, regelmäßig evaluiert und an neue Entwicklungen angepasst werden.

Pilot- und Leuchtturmprojekte sind wichtige Instrumente, um neue Speicherlösungen zu testen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten systematisch dokumentiert und in die Weiterentwicklung eingespeist werden. Oberösterreich kann so eine Vorreiterrolle bei innovativen Speichertechnologien einnehmen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung von Energiespeichertechnologien hat das Potential, eine Schlüsselrolle in der Gestaltung der zukünftigen Energieversorgung zu spielen. Technologien wie Feststoffbatterien, Power-to-Gas und Superkondensatoren bieten Möglichkeiten, die Unregelmäßigkeiten bei der Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen auszugleichen und die Versorgung stabil zu halten.

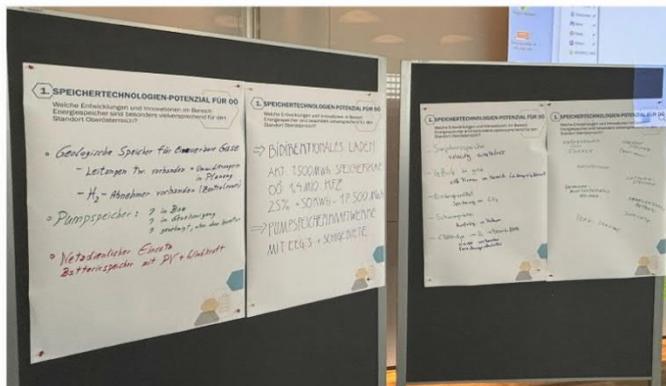


Wirtschaftlich gesehen eröffnet der **Umbau des Energiesystems** neue Chancen im Bereich Arbeitsmarkt oder regionaler Wertschöpfung. Zusammen mit dem großen Zukunftsfeld der Digitalisierung tun sich für innovative Unternehmen und Start-ups neue Geschäftsmodelle auf. Der Umstieg auf eine dezentrale nachhaltige Energieversorgung reduziert die Abhängigkeit von großen zentralen Energieversorgern bzw. Energieimporten aus dem Ausland und erhöht die **Resilienz**.

Ein langfristig verlässliches regulatorisches Umfeld ist entscheidend, um die nötigen Investitionen in Infrastrukturen, Forschung und neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen. Es ist unerlässlich, neben finanziellen Anreizen auch **faire Marktbedingungen** für die Integration dezentraler Energieversorgung und der Implementierung von Speicherlösungen zu schaffen.

Die **gesellschaftliche Akzeptanz** ist eine weitere Hürde einer nachhaltigen Energieversorgung, wie es beispielsweise Diskussionen rund um Windkraft- oder Agri-PV-Anlagen zeigen. Transparente, **nachvollziehbare Informationen** über die Technologien selbst, aber auch über ihre Umweltwirkungen sollten selbstverständlich sein und den offenen Dialog fördern.

Insgesamt birgt das Zusammenspiel zwischen Energieträgern und Speichertechnologien große **wirtschaftliche und gesellschaftliche Chancen**. Es braucht technologische Innovationen, unterstützende politische Maßnahmen und die Bereitschaft der Gesellschaft, neue Lösungen anzunehmen, um den Übergang zu einer klimaneutralen Zukunft erfolgreich zu gestalten.



Eindrücke vom Expert:innen Workshop am 6.5.2025 in der Stahlwelt Linz
Quelle: S. Holly, E. Keferböck / Land OÖ

Quellen

(zuletzt abgerufen im Juni 2025)

Agentur für Erneuerbare Energien, 2024:

Wie Power-to-Gas funktioniert

> <https://www.unendlich-viel-energie.de/media-thek/grafiken/wie-power-to-gas-funktioniert>

APA-OTS, 2024: Großer Batteriespeicher-Park stärkt die regionale Energieversorgung

> https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20241204_OTS0040/grosser-batteriespeicher-park-staerkt-die-regionale-energieversorgung

BMK, 2024: Fernwärme (abgerufen am 18.02.2025)

> <https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/fernwaerme.html>

Dell, G., 2017: Energieleitregion OÖ 2050 – die Energiestrategie Oberösterreichs

> https://www.energiesparverband.at/fileadmin/esv/Broschueren/EnergieLeitregion_ooe_2050.pdf

Dell, G., 2025: Oberösterreichischer Energiebericht - Berichtsjahr 2024

> <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/energiebericht.pdf>

Energie AG, 2024: Lokalaugenschein vom Baufortschritt des Pumpspeicherkraftwerks der Energie AG in Ebensee

> <https://news.energieag.at/news-lokalauschein-vom-baufortschritt-des-pumpspeicherkraftwerks-der-energie-ag-in-ebensee?id=206664&menu-eid=917&l=deutsch>

Energy Innovation Austria, 2015: SEES & ScAcaes, Neue Technologien zur Druckluftspeicherung

> <https://www.energy-innovation-austria.at/article/sees-scacaes>

ETH Zürich, 2020: EU-Projekt RESLAG

> <https://prec.ethz.ch/research/energy-storage/reslag.html>

ForschungsVerbund Erneuerbare Energien, 2025, Chemische Energiespeicher

> <https://www.fvee.de/forschung/systemkomponenten/energiespeicher/chemische-energiespeicher/>

Futurezone, 2020: Österreichs größte Batterie ab sofort in Betrieb

> <https://futurezone.at/science/oesterreichs-groesste-batterie-ab-sofort-in-betrieb/401036495>

H₂drogeit Verlag, 2018: Mikrobielle Brennstoffzellen haben Potential

> <https://hydrogeit-verlag.de/blog/2018/12/14/mikrobielle-brennstoffzellen-haben-potential/>

Heise, 2023: Energiespeicher: MIT entwickelt Superkondensator aus Zement, Wasser und Ruß

> <https://www.heise.de/news/Superkondensator-MIT-speichert-Energie-in-Zement-Wasser-und-Industrieruss-9232441.html>

Heise, 2024: Lithium-Ionen-Akkus: Ewigkeitschemikalie "Bis-FASI" auch hierzulande denkbar

> <https://www.heise.de/news/In-Lithium-Ionen-Akkus-enthaltene-Ewigkeitschemikalie-in-Gewaessern-entdeckt-9797165.html>

Land OÖ, 2021: Oberösterreich – Unsere Zukunft. Unser Auftrag. Zusammen. Arbeiten. – Regierungsprogramm 2021-2027

> https://ooe-oeaab.at/fileadmin/oeaab/user_upload/Regierungsprogramm_0%C3%96.pdf

Land OÖ, Abteilung Umweltschutz, 2022: DIE Oberösterreichische Klima- und Energiestrategie

> https://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/us_klima_energiestrategie.pdf

Land OÖ, Abteilung Umweltschutz, 2024: OÖ Photovoltaik Strategie 2030 – Version 2022

> https://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/ooe_photovoltaik_strategie_2030.pdf

LEADERSNET Österreich, 2024: Hat Stellantis den „heiligen Gral“ für E-Auto-Batterien gefunden?

> <https://www.leadersnet.at/news/85109,hat-stellantis-den-heiligen-gral-fuer-e-auto-batterien.html>

Linz AG, 2024: Fernwärme – die Heizform der Zukunft

> <https://www.linzag.at/portal/de/privatkunden/zuhause/waerme/fernwaerme>

SolarPaces, 2019: Top Steelmaker Tests Thermal Energy Storage in Slag Byproduct to Cut CO₂

> <https://www.solarpaces.org/steelmaker-arcelmittal-testing-thermal-energy-storage-slag-cut-carbon/>

TTI Europe, abgerufen 2024: Superkondensatoren als langlebige Lösung in batteriebetriebenen Anwendungen. Whitepaper

> https://www.ttieurope.com/content/dam/tti-europe/about/distribution-center/TTI_Whitepaper-supercapacitors-in-battery-powered-applications-de.pdf

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Präsidium, Abteilung Trends und Innovation, Oö. Zukunftsakademie, Altstadt 30a, 4021 Linz, Tel.: +43 732 7720 14402, E-Mail: zak.post@ooe.gv.at, ooe-zukunftsakademie.at | Redaktion: DI Dr. Klaus Bernhard, Mag.^a Dr.ⁱⁿ Reingard Peyrl, MSc | Auflage: Juli 2025 | Titelbild: © sommart – stock.adobe.com | Text KI-unterstützt erstellt

Informationen zum Datenschutz finden Sie unter:
<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/datenschutz>

