

SCHWERPUNKT

## SCHWERPUNKT

### Energiespeicher für Energiewende und Elektromobilität

Entwicklungen, Herausforderungen und systemische Analysen

#### Einführung in den Schwerpunkt

von Marcel Weil, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe, und Jens Tübke, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal

Die Energiewende bedingt eine Transformation des heutigen Energienetzes mit all seinen Elementen der Energieerzeugung, Energieübertragung, Energiespeicherung und nicht zuletzt des Energieverbrauchs. Vorteilhaft könnte sich dabei auswirken, dass in der Zukunft unsere Energienetze mit Mobilitätsnetzwerken stärker verschmelzen werden und damit Synergien genutzt werden können. In dieser Ausgabe wird hinterfragt, welchen Beitrag Energiespeicher bei diesem Transformationsprozess leisten können, aber auch, welche vielfältigen Herausforderungen und Probleme mit der Energiespeicherung auf der Forschungs-, Umsetzungs- und systemischen Bewertungsseite verbunden sind. Dabei spannt sich der Bogen von den Grundlagen und der Grundlagenentwicklung für Energiespeicher in Deutschland hin zu den vielfältigsten Einsatzmöglichkeiten.

*The energy transition means a transformation of today's energy grid with all its elements of energy production, energy transfer, energy storage and last but not least energy consumption. An advantage hereby could be that in the future our energy grids and mobility networks will increasingly merge allowing for synergies. The following thematic focus asks which contribution to these*

*transformation processes energy storages can provide, but also what the various challenges and problems of energy storage are regarding research, implementation and systemic assessment. This ranges from basic research developments of energy storages in Germany to the diverse application possibilities.*

#### 1 Entwicklungen und Herausforderungen für Energiespeicher im Zuge der Energiewende

Das Themenfeld Energiespeicherung hat in Deutschland auf der politischen Ebene einen hohen Stellenwert erlangt. Das zeigt sich an den zahlreichen Forschungsförderungen. Insbesondere zu den Themenkomplexen Energiewende und Elektromobilität wurden die Forschungsaktivitäten in den letzten Jahren erheblich verstärkt. Beide Themen – Energiewende und Elektromobilität – besitzen jeweils eine eigene Dynamik, ihre Forschungsintention muss aber als eine gemeinsame betrachtet werden.

Die Energiewende in Deutschland stützt sich im Wesentlichen auf die beiden regenerativen Energiequellen Windkraft und Photovoltaik. Durch die starke Abhängigkeit dieser Energiewandlungsanlagen von Wind bzw. Sonneneinstrahlung und der damit einhergehenden Fluktuation bei der Energieproduktion, stellt sich die Frage (insbesondere bei steigenden Anteilen beider Energiequellen an der Energiebereitstellung sowie sinkenden flexiblen Kraftwerkskapazitäten) nach der Gewährleistung der Netzstabilität und Versorgungssicherheit. Speichertechnologien können helfen, Bedarf und Angebot zeitlich zu entkoppeln und damit eine sichere Integration von Erneuerbaren in das Netz zu ermöglichen. Die Speicherung elektrischer Energie kann dabei über indirekte (Umwandlung in chemische, mechanische oder thermische Energie) und direkte Speicherpfade (elektrisches Feld) erfolgen. Eine weitere Unterteilung ist die in zentrale Speicherung auf der Übertragungsnetzebene und in dezentrale Speicherung auf der Niederspannungsebene. Bei letzterer werden stationäre und quasi-stationäre Energiespeicher (z. B. durch Vehicle2Grid, in dem vernetzte Batterien in Fahrzeugen für Netzdienstleistungen genutzt werden können) als eine wichtige technische Option gesehen, um potenzielle

Diskrepanzen zwischen Energieproduktion und -nachfrage auszugleichen. Der Ausgleich kann auf verschiedenen zeitlichen Ebenen (Millisekunden, Sekunden, Minuten, Stunden, Tagen oder Monaten) und Anwendungskontexten (Hausspeicher, Insel-Netz-Speicher, Netzspeicher) stattfinden. Welcher Energiespeichertyp aus technologischer, ökonomischer und ökologischer Perspektive (neben Akzeptanzfragen) für welche Aufgabe oder in welcher Kombination am vorteilhaftesten erscheint, ist Gegenstand der aktuellen Forschung und des Themenschwerpunktes in diesem Heft.

Ein wirtschaftlicher Betrieb von Speichern ist derzeit nur bedingt möglich. Eine Ausnahme bilden ausgereifte Technologien, wie z. B. Pumpspeicherkraftwerke. Aufgrund der geologischen, geografischen und siedlungstechnischen Situation in Deutschland gibt es allerdings nur beschränkte Ausbaupotenziale für Pumpspeicherkraftwerke (ausreichende Fallhöhe und Stauraum) oder Druckluftspeicherkraftwerke (z. B. Verfügbarkeit von Salzkavernen), weshalb sich ein großer Teil der Forschung u. a. auf alternative elektrochemische und elektrostatische Energiespeicher konzentriert.<sup>1</sup> Während Pumpspeicherkraftwerke und Druckluftspeicherkraftwerke v. a. für die mittel- und langfristige Energiespeicherung (im Stunden- und Wochen/Monat-Bereich), können elektrochemische Energiespeicher für kurz bis mittelfristige Energiespeicherung (Sekunden bis Stunden Bereich) eingesetzt werden. Eine Ausnahme bildet hierbei die Redox-Flow-Batterie, die auch Aufgaben bei der langfristigen Energiespeicherung theoretisch übernehmen könnte.

Derzeit ist sehr umstritten, wie hoch der Bedarf an Energiespeicherung im Energienetz der Zukunft sein wird. Dies liegt zum einen an den sehr unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der zukünftigen Anteile an regenerativer und fluktuierender Energieproduktion, der Entwicklung des Strombedarfs und hinsichtlich des Netzausbaus in Deutschland und Europa. Gerade bei letzterem sind sich die Experten einig: Je aufwendiger der Netzausbau in Deutschland durchgeführt wird, z. B. durch die umstrittenen Stromtrassen, desto weniger Bedarf wird es für Energiespeicherung geben. Allerdings muss auch erwähnt werden, dass Speicher bei einer geeigneten Platzierung und Auslegung ebenfalls

eine Möglichkeit darstellen, einen ansonsten notwendigen Netzausbau zu vermeiden. Ferner haben Energieproduktions- und Lastenmanagement als Flexibilitätsoptionen einen Einfluss auf den Energiespeicherbedarf. Die Idee ist, bei zu hoher Energieproduktion durch Windkraftanlagen und Photovoltaik, die nicht verwertet werden kann, diese aktiv zu drosseln, bzw. bei zu hoher Energienachfrage einzelne Verbraucherendgeräte (z. B. Waschmaschinen, Trockner) oder Industriebereiche (z. B. einzelne produktionsunkritische elektrische Großverbraucher) abzuschalten.

Wärmebereitstellung und -speicherung werden ebenso zunehmend als Flexibilitätsoption für das Stromsystem diskutiert. Der Überschussstrom kann durch Power-to-Heat-Technologien wie den klassischen Heizstab oder einer Wärmepumpe zur Erzeugung von Heiz- oder Prozesswärme genutzt werden. Die Wärme steht dann direkt zur Verfügung oder kann entsprechend gespeichert werden. Wärmespeicher können aber auch zur Zwischenspeicherung von z. B. Prozesswärme oder der Speicherung der mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) produzierten Wärme eingesetzt werden, um dieses stromgeführt regeln zu können. In einer Vielzahl von industriellen Prozessen und Anwendungen fällt Abwärme auf einem Temperaturniveau an, welches für eine weitere energetische Nutzung geeignet ist. Erschwert wird dies jedoch oftmals durch die Notwendigkeit der Zwischenspeicherung der angefallenen Wärme, um sie später oder in einem anderen Prozess nutzen zu können. Mit Hilfe von thermischen Speichern können hier große Potenziale erschlossen werden, wodurch sich die Energieeffizienz vieler Prozesse deutlich verbessern lässt. Die Anforderungen an Wärmespeicher sind aber sehr vielfältig, wodurch konkrete Lösungen individuell an die Einsatzbedingungen angepasst werden müssen. Häufig existieren noch keine adäquaten Speicherkonzepte. Um Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz für eine möglichst große Bandbreite an Prozessen zur Verfügung zu stellen, ist noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand zu leisten. Der Wärmesektor darf aber trotzdem nicht außer Acht gelassen werden, da immerhin über 50 % des Bruttoendenergieverbrauchs in Deutschland

im Wärmebereich und nur 20 % über Strom bereitgestellt werden.

Davon unberührt ist aber eine mögliche gesteigerte Nachfrage an Energiespeicherung auf der Niederspannungsebene, bei dem der einzelne Hausbesitzer (oder eine Siedlung) die selbst erzeugte Energie auch eigens nutzen möchte. Bereits heute gibt es in diesem Bereich hohe Wachstumsraten.

Im Bereich der nachhaltigen Mobilität werden neben dem Antrieb mit Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen der Elektromobilität große Chancen in der Zukunft zugeschrieben. Noch immer gilt offiziell das Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2020 eine Million Elektroautos auf Deutschlands Straßen zu bringen. Die in Elektroautos eingebauten Batterien können prinzipiell zusätzlich für Aufgaben im Energienetz genutzt werden.

Im Bereich der Elektromobilität stehen elektrochemische und elektrostatische Energiespeicher im Forschungsfokus. Gegenwärtig weisen Batterien für Hybrid- oder Elektrofahrzeuge noch zu geringe Energiedichten<sup>2</sup>, eine beschränkte (zyklische und kalendarische) Lebensdauer und nicht zuletzt zu hohe Kosten auf.<sup>3</sup> Derzeit verfügbare und verhältnismäßig teure Batteriesysteme führen zu einem hohen Anschaffungspreis für Elektrofahrzeuge, was gegenwärtig als wesentliche Hürde für die Verbreitung der automobilen Elektromobilität angesehen wird. Deshalb zielt die Forschung im Bereich der elektrochemischen und elektrostatischen Energiespeicher auf neue Materialien, Materialkombinationen und ein neues Zelldesign und damit auf Aspekte, die insbesondere eine deutliche Kostenreduktion und größere Reichweiten versprechen. Allerdings muss beobachtet werden, wie sich die Mobilitätsbedürfnisse in der Bevölkerung entwickeln und welche Art von Mobilität zukünftig gewünscht wird. Nur so können zielgerichtet und anwendungsorientiert neue Energiespeicher für eine zukünftige Elektromobilität entwickelt werden.

Insgesamt kommen Energiespeicher somit zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit verstärkt sowohl in stationären als auch in mobilen Anwendungen zum Einsatz, wodurch zum ersten Mal die Chance besteht, dass die bislang ge-

trennten Systeme für elektrische Energie und für Mobilität zunehmend miteinander verschmelzen. Durch diesen Verschmelzungsprozess können sich Synergien ergeben, diese gilt es zu identifizieren und für die Umgestaltung des Energie- und Mobilitätssektors zu nutzen. Besonders die Informations- und Kommunikationstechnologie wird dabei in Zukunft eine zunehmend wichtige Rolle spielen. Diese Modernisierung des Netzes bedingt einen mehrjährigen Übergangs- bzw. Transformationsprozess, an dessen Ende ein „intelligenteres“ Netz steht, in dem z. B. eine Verwendung von Elektrofahrzeugen im Sinne von Vehicle to Grid (V2G) als Speicher denkbar ist.

Die Beiträge in dieser Ausgabe zeigen die Bandbreite an Forschungsfragen und Probleme für Energiespeicher die sich aus ihrem möglichen Beitrag für die Energiewende ergeben. Forschungsseitig müssen elektrochemische Speicher weiter unter technischen, ökonomisch und ökologisch Aspekten verbessert werden, damit sie zukünftig eine nachhaltige Energiespeicherung in verschiedenen Anwendungskontexten ermöglichen. Wichtig dabei ist aber auch zu betonen, dass eine nachhaltige Technologieentwicklung nicht gänzlich ohne Blick auf potenzielle Anwendungsfelder und Geschäftsmodelle erfolgen sollte. Auch stellt sich die Frage, wie Energiespeicher heute und für die Zukunft anwendungsorientiert oder gesamtsystemisch bewertet werden können. Nicht zuletzt werden Energiespeicher zukünftig in Konkurrenz mit anderen Flexibilitätsoptionen auf der Netzebene stehen. Welche der Flexibilitätsoptionen in welchen Bereichen zum Zuge kommt, ist dabei aber nicht nur von technischen und ökonomischen Aspekten abhängig, sondern auch von der Akzeptanz der Gesellschaft. Diese verschiedenen Aspekte näher zu beleuchten, ist Aufgabe dieses Schwerpunkts.

## 2 Die einzelnen Beiträge

Gegenwärtige elektrochemische Energiespeichersysteme haben für die Anwendung im automobilen und stationären Bereich das Problem der zu geringen Leistungsdichte (eingeschränkt auch Energiedichte), der zu geringen Lebenszeit (sowohl bezogen auf Lade-/ Entladezyklen und kalendarisch), und nicht zuletzt der zu hohen

Produktions- und Lebenszykluskosten. Überdies werden für die Herstellung von elektrochemischen Energiespeichersystemen oftmals Rohstoffe eingesetzt, die nicht ausreichend geologisch verfügbar erscheinen, oder nur in als politisch nicht stabil betrachteten Ländern gewonnen werden können und somit als „kritisch“ eingestuft sind. Im Beitrag von *Dagmar Oertel, Daniel Messling und Maximilian Fichtner* wird das vor vier Jahren gegründete Helmholtz Institut Ulm für Elektrochemische Speicher (HIU) vorgestellt, das sich nicht nur zur Aufgabe gemacht, hat gegenwärtige elektrochemische Energiespeichersysteme zu verbessern, sondern vor allem neue Batterie-Zellkomponenten und neue Batterie-Chemien zu untersuchen und zu entwickeln. Ziel ist es, die noch heute bestehenden Nachteile elektrochemischer Energiespeichersysteme zu überwinden und somit die Grundlagen für einen zukünftig breiteren Einsatz von nachhaltigen Batteriesystemen in mobilen und stationären Anwendungsgebieten zu schaffen. Schwerpunkte liegen hier v. a. auch in der grundlegenden Erforschung von elektrochemischen Prozessen und der Simulation des Verhaltens von Speichermaterialien auf unterschiedlichen Skalenebenen. Dabei kann das HIU auf ein sehr breites Portfolio zurückgreifen, von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung bis hin zur angewandten Forschung. Dieser Forschungsansatz ist in dieser Breite einmalig in Deutschland und wird zukünftig ergänzt durch das im Aufbau befindliche Helmholtz Institut Münster, welches sich insbesondere auf die Entwicklung von Elektrolyten für Batterien konzentrieren möchte.

Die bereits oben beschriebenen hohen Kosten für elektrochemische Energiespeicher machen sich auch bei den automobilen Anwendungen bemerkbar. Im Beitrag von *Marcel Weil, Jens Peters, Manuel Baumann, Hanna Dura und Benedikt Zimmermann* wird aufgezeigt, dass die Anschaffungskosten und Lebenszykluskosten, also alle Kosten über den gesamten Lebensweg berechnet, bei vollelektrischen Fahrzeugen in den meisten Fällen deutlich über den von vergleichbaren Fahrzeugen mit klassischen Verbrennungsmotoren liegen. Dies führt dazu, dass Elektrofahrzeuge aktuell nur in Ländern mit staatlicher Förderung nennenswerte Marktanteile

erreichen, wie beispielsweise in Norwegen. Da die Batterie mit ihrer notwendigen Peripherie einen wesentlichen Kostentreiber darstellt, setzen breite und internationale Forschungs- und Entwicklungsbemühungen gerade hier an. Aufgrund dieser Bemühungen könnten laut einer aktuellen Studie bereits in naher Zukunft die Kosten für Batterien deutlich gesenkt werden. In dieser referierten Meta-Studie wurden allerdings auch führende Batterie- und Elektrofahrzeughersteller befragt, sodass durchaus Zweifel aufkommen könnten, ob es sich hierbei um eine realistische Einschätzung oder vielmehr um einen Wunschgedanken handelt. Ein zweiter Schwerpunkt in diesem Beitrag liegt auf der Umweltbewertung von Batterien und Elektrofahrzeugen. Hierfür wurden alle verfügbaren Ökobilanz-Studien zu Batterieanwendungen für automobiler und stationäre Anwendungen einem Review unterzogen. Dabei konnten methodische Schwächen einzelner Studien und mögliche Unsicherheiten bei den Ergebnissen identifiziert werden. Dennoch zeigen alle Studien, dass sich im Gegensatz zu den Kosten relativ einfach Gesamt-Umweltvorteile für Elektrofahrzeuge über den Lebenszyklus ergeben (soweit nicht 100 % Energie aus der Kohleverstromung genutzt wird), auch wenn die Herstellung der Batterie mit hohen Aufwendungen verbunden ist.

Im Beitrag von *Jens Tübke, Jens Noack und Lars Wietschel* werden Stand und Perspektiven von Redox-Flow-Batterien als stationäre Speicherlösungen diskutiert. Die Redox-Flow-Batterie ist ein spezielles elektrochemisches Energiespeichersystem, bei dem zwei energiespeichernde Flüssigkeiten (Elektrolyt, gelagert in entsprechenden Tanks) in zwei getrennten Kreisläufen zirkulieren. In diesen Elektrolyt-Kreisläufen befindet sich eine gemeinsame Reaktionskammer (der „Stack“), in der die beiden Elektrolyte getrennt durch eine Membrane an jeweils einer Elektrode vorbeigeführt werden, an denen durch Oxidation und Reduktion der aktiven Stoffe in den Elektrolyten elektrische Energie frei oder gespeichert wird. Da der Elektrolyt das Speichermedium darstellt, ist die Speicherkapazität nur von der gelagerten Menge an Elektrolyt abhängig, was das gesamte System hoch modular erweiterbar macht. Ein weiterer Vorteil ist,



dass ebenfalls einfach die Leistung erhöht werden kann, durch den Einsatz zusätzlicher Stacks. In dem Beitrag werden die aussichtsreichsten Redox-Flow-Batterie-Typen (Vanadium-, Eisen/Chrom- und Wasserstoff/Brom-Redox-Flow-Batterie) vorgestellt. Es werden technische Vor- und Nachteile, bestehende technische Hürden aber auch Ressourcenbedarfe und Recycling-Optionen der Elektrolyte diskutiert. Zwar werden ökonomische Vorteile für die mittel- und langfristige Energiespeicherung gesehen, aber es wird klar dargestellt, dass in vielen Bereichen noch hoher Forschungsbedarf besteht. Dennoch sind die Autoren überzeugt, dass mit Erhöhung der Leistungsdichte des Stacks und der damit einhergehenden Materialeinsparung und weiteren Kostenreduktionen in der Fertigung zukünftig auch Redox-Flow-Batterien sowohl als Großspeicher als auch beispielsweise im privaten Bereich als PV-Stromspeicher einsetzbar sein werden. Um dies auch zu demonstrieren, wird aktuell eine große Redox-Flow-Batterie (mit 2 MW Leistung und 20 MWh Kapazität) zusammen mit einer Windkraftanlage beim Fraunhofer ICT in Pfinztal (nahe Karlsruhe) aufgebaut.

Mit dem Beitrag von *Bert Droste-Franke* verlassen wir den engeren Fokus der elektrochemischen Energiespeicher und erweitern das Feld auf alternative Energieausgleichsoptionen auf Energienetzebene, um Angebot und Nachfrage im Stromsektor auszugleichen. Dabei werden neben elektrochemischen Energiespeichern auch konkurrierende Systeme betrachtet, wie z. B. Gasturbinen oder Gas- und Dampf-Kombikraftwerke oder Technologiekombinationen. Bei der Analyse der Zukunftsfähigkeit von Ausgleichsoptionen im deutschen Stromnetz wird zwar die Bedeutung gesellschaftlicher und Ressourcen betreffender Aspekte angesprochen, der Fokus liegt aber in dem vorliegenden Beitrag auf der Umweltbewertung. Die Ergebnisse zeigen bei der durchgeführten Technologieauswahl und bei den betrachteten Umweltauswirkungskategorien, dass z. B. die Kombinationen von Lithium-Ionen-Batterien mit Photovoltaik und Wind vorteilhaft erscheinen. Allerdings müssen unabhängig von der präferierten Technologie die nicht intendierten Effekte vor einer großtechnischen Umsetzung zwingend untersucht werden,

damit nicht durch eine Technologietransformation ungewollte Umweltlasten an anderer Stelle entstehen oder Umweltlastenverschiebungen erfolgen. Möglicherweise könnte dies im Rahmen einer folgenorientierten Ökobilanz („consequential LCA“) zusätzlich untersucht werden.

Auch im nachfolgenden Beitrag von *Christoph Brunner und Bernhard Heyder* werden elektrochemische Energiespeicher nur als eine mögliche Flexibilitätsoption für den Lasten- und Produktionsausgleich im Energienetzwerk der Zukunft angesehen, die mit anderen Flexibilitätsoptionen (wie z. B. Lastabschaltung, Erneuerbare-Energie-Abregelung, Netzausbau) in Konkurrenz stehen. Bei den durchgeführten ökonomischen Analysen zeigt sich eine große Bandbreite der Kostenschätzungen der untersuchten Flexibilitätsoption, sodass hier große Unsicherheiten bestehen. Ferner kann am Beispiel von Batterien aufgezeigt werden, dass Preissignale des Marktes bei einigen Akteuren nicht ankommen, da sie teilweise von weiteren Umlagen und Entgelten überlagert sind, sodass der Einsatz derzeit unwirtschaftlich erscheint. Der Markt sollte entscheiden, welche der verfügbaren Flexibilitätsoptionen sich in welchen Bereichen zukünftig durchsetzen wird. Aus Sicht eines Energieversorgers wird es ferner als unerlässlich erachtet, dass der durch die Energiewende ausgelöste Transformationsprozess des Energienetzes kontinuierliche zu monitoren ist, damit auch von staatlicher Seite ein Nachjustieren der Rahmenbedingungen erfolgen kann. Der zweifellos steigende Flexibilitätsbedarf im zukünftigen Energienetz sollte marktgetrieben und somit technologieoffen erfüllt werden.

Vehicle to Grid (V2G) ist ein Konzept mit dem Ziel der Integration von Elektrofahrzeugen in das Energienetz der Zukunft. Notwendig sind die Vernetzung und der Zusammenschluss von vielen netzverbundenen Elektrofahrzeugen. Somit entsteht aus den vielen relativ kleinen Batterien in den Fahrzeugen ein virtueller und großer Energiespeicher. Dieser quasi stationäre Energiespeicher kann somit für verschiedene Energienetzdienstleistungen eingesetzt werden und somit auch Erträge erwirtschaften. Die einfache Idee ist, bei sehr hoher Energieproduktion im Netz die Batterien in den Fahrzeugen zu laden, bzw. bei hoher Nachfrage nach Energie die Batterien

zu entladen. Durch eine zusätzliche Nutzung der Batterie kommt es aber auch zu zusätzlichen Alterungsprozessen in der Batterie, die es zu berücksichtigen gilt. Im Beitrag von *Rusbeh Rezania* wird untersucht, inwieweit sich unter den heutigen Randbedingungen mit dem V2G-Konzept für einen Batteriebesitzer ökonomische Vorteile ergeben. Durch das Durchspielen verschiedener Szenarien (mit verschiedenen Anwendungen) für eine Lithium-Ionen-Batterie (LiFePO<sub>4</sub>) kommt er dabei zu dem Schluss, dass aktuell kein wirtschaftlicher Betrieb möglich erscheint. Soweit aber keine nennenswerten ökonomischen Anreize für einen Batteriebesitzer (ob nun Fahrzeughalter oder Batteriebetreiber) bestehen (die deutlich über den Alterungskosten der Batterie liegen), wird dieser kaum die Fahrzeugbatterie für eine V2G-Konzept zur Verfügung stellen.

Im letzten Beitrag von *Wolfgang Widmann, Manfred Roner und Robert Weidner* wenden wir uns einem ganz und gar neuen Themengebiet der Energiespeicherung bzw. Energieerzeugung hin. Neu in Bezug auf den Gegenstand (spezielles Wasserkraftwerk mit Speicher), des Themas (Gemeindebeteiligung an Kraftwerksprojekten) und der Perspektive (aus der Sicht eines Projektentwicklers). Ausleitungskraftwerke mit Stollenspeicher sind eine besondere Form von Laufwasserkraftwerke, bei dem ein Teil des Flusswassers umgeleitet und ganz oder teilweise (in einem Stollen) gespeichert wird. Bei Bedarf kann mittels Turbine mit dem gespeicherten Wasser elektrische Energie erzeugt werden. Da Ausleitungskraftwerke mit Stollenspeicher eher bedarfsorientiert elektrische Energie erzeugen, im Gegensatz zu klassischen Flusslaufkraftwerken, erscheinen diese besonders für eine bedarfsgerechte Energieeinspeisung wirtschaftlich interessant zu sein. In dem konkreten Beispiel des Wasserkraftwerkes Stanzertal in Österreich können etwa 15 % der mittleren Energie-Jahresproduktion tageszeitlich verlagert werden. Auch wenn Wasserkraftwerke prinzipiell einen positiven Ruf haben und für eine umweltverträgliche Energieerzeugung stehen, lassen sich konkrete Bauprojekte vor Ort nicht immer leicht um- und durchsetzen. Mit diesem Problem sehen sich Projektentwickler immer wieder konfrontiert, weshalb sie eine eigene Vorgehensweise entwickelt haben, um für

solche Bauprojekte nach eigenen Angaben eine „regionale Akzeptanz“ zu erhalten. Dabei sollen die betroffenen Gemeinden nicht nur frühzeitig informiert sondern auch mehr als bislang finanziell beteiligen werden, trotz gesetzlich begrenzter Möglichkeiten für Gemeinden, Risikokapital zu investieren. Durch eine solche Investition und Beteiligung könne die Gemeinde auch in den nachfolgenden Jahren Erträge erwirtschaften, und aus Sicht der Projektentwickler und Beteiligten sinkt das Risiko eines Scheiterns des Projekts. Bei dieser scheinbaren Win-win-Situation für Projektbeteiligte und Gemeinden ist allerdings darauf zu achten, dass die Gemeinden nicht durch die Investition von Risikokapital in zu starke Abhängigkeitsverhältnisse geraten. Zweifellos sind auch die Bürger und nicht nur die Gemeinden in die Vorgehensweise adäquat zu integrieren, damit nachhaltige Energiebereitstellung nicht in regional nachhaltigen Diskonens mündet.

### Anmerkungen

- 1) Des Weiteren sind Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe als Energiespeicherungsmedien forschungsrelevante Themen.
- 2) Dies führt zu einem hohen Gewicht der Batterie und somit des Elektrofahrzeugs.
- 3) Diese Probleme bestehen natürlich auch für stationäre Anwendungen, kommen aber aufgrund eines andern Anforderungsprofils teilweise außer dem Kostenfaktor nicht ganz so stark zum Tragen.

### Kontakt

Dr.-Ing. Marcel Weil  
 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
 Helmholtz-Institut Ulm (HIU)  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
 Karlstraße 11, 76133 Karlsruhe  
 Tel.: +49 721 608-26718  
 E-Mail: [marcel.weil@kit.edu](mailto:marcel.weil@kit.edu)

Prof. Dr. Jens Tübke  
 Fraunhofer-Institut Chemische Technologie (ICT)  
 Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7, 76327 Pfinztal  
 E-Mail: [jens.tuebke@ict.fraunhofer.de](mailto:jens.tuebke@ict.fraunhofer.de)

« »