




---

## Dezentrale Stromproduktion braucht dezentrale Speicher

Die Stromproduktion in der Schweiz verändert sich. Die vormaligen Konsumenten von zentral produziertem Strom, die Endkunden, werden selbst zu lokalen Stromproduzenten und speichern den Strom für den Eigenbedarf auch selbst. Neben der zentralen Produktion in Grosskraftwerken erzeugen immer mehr kleine Kraftwerke eigenen Strom, vor allem mit Photovoltaik-Anlagen. Die Stromerzeugung aus neuen erneuerbaren Energiequellen ist nicht konstant und schlecht planbar. Diese ungewohnte Situation bereitet den Netzbetreibern Schwierigkeiten.

Technisch kann dem einfach abgeholfen werden, indem die dezentrale Stromproduktion mit einem lokalen Speicher versehen wird. Dezentrale Speicher können von einem Netzbetreiber aber auch für weitere Aufgaben genutzt werden. Wie wirtschaftlich diese Speicher sind, hängt unter anderem auch davon ab, welche Aufgaben sie übernehmen können.

Damit stellt sich die Frage, wie und wofür man dezentrale Speichersysteme am besten nutzt. Die SATW liess dies vom Power Systems Laboratory der ETH Zürich untersuchen.

Die Anwendungsbeispiele für dezentrale Speicher sind vielfältig: So kann mit dezentralen Stromspeichern teurer Verteilnetzausbau vermieden werden – einerseits in dichtbesiedelten Gebieten, andererseits für abgelegene Häuser. Aus technischer Sicht eignen sich dezentrale Speicher neben der Eigenversorgung auch für den schnellen Leistungsausgleich, das heisst für die Bereitstellung einer Dienstleistung für den Netzbetreiber (Systemdienstleistungen), für die Lösung lokaler Netzengpässe sowie für Spannungs- und Frequenzregelung, Reduktion von Last- und Produktionsspitzen und damit die optimalere Integration von Photovoltaik-Anlagen.

---

# Neues Verhältnis zwischen Endkunden und Netzbetreibern

## Vorteile für den Endkunden

Endkunden installieren Batteriespeicher primär, weil sie das Bedürfnis haben, möglichst viel des selbst produzierten Photovoltaik-Stroms auch selbst zu nutzen oder um Netznutzungsgebühren und Abgaben zu verringern. Mit einer Batterie und einer geeigneten Steuerung des Verbrauchs im eigenen Haushalt ist der Strombezug aus eigener Produktion so auch in der Nacht und bei schlechtem Wetter – je nach Grösse auch mehrere Tage – möglich. Die Batterie des Endkunden kann prinzipiell auch aus dem Netz geladen werden. Der Endkunde besitzt somit langfris-

tig ein doppeltes Sparpotential, weil er weniger Energie aus dem Netz beziehen muss und weil die Batterie hilft, Leistungsspitzen abzufedern, wodurch eine geringere Netzanschlussleistung eines Hauses möglich würde.

Die heutigen, rein energiebezogenen Netztarife für Endkunden sind für dieses Szenario nicht optimal. Vermeiden viele Kunden Gebühren durch die Installation von Batteriesystemen, so müssten die Gebühren für die übrigen Kunden steigen, da die Netzinfrastrukturkosten auf Netzbetreiberseite in etwa gleichbleiben. Dadurch müssten die Netznutzungsgebühren pro Kilowattstunde immer weiter ansteigen.

---

## Unterschiede zu zentralen Speichersystemen – Pumpspeicher

Pumpspeicher sind für die Schweiz die wichtigsten zentralen Speichersysteme. Die Wirkungsgrade von Batteriesystemen und Pumpspeichern sind mit 80 bis 90 Prozent (gerechnet über den Vollzyklus, also speichern und wieder Strom beziehen) heutzutage ähnlich hoch. Allerdings sind die beiden Speichersysteme im Stromnetz auf ganz unterschiedlichen Ebenen angesiedelt – Pumpspeicher auf Höchstspannungsebene (Netzebene 1), dezentrale Energiespeicher wie Batterien auf Niederspannungsebene (Netzebene 7).

Bei einer langen Transport- und Umwandlungskette zwischen den beiden genannten Netzebenen ist mit Verlusten von bis zu 22 Prozent zu rechnen. Daher sollte für die Speicherung dasjenige System gewählt werden, das auf der gleichen Netzebene operiert wie die Produktion. Im Fall der Zwischenspeicherung von Import/Export sind dies Pumpspeicher. Im Fall der Zwischenspeicherung von Produktion aus dezentralen Anlagen wie Photovoltaik sind dies Batteriespeicher.

Die Kosten für die verfügbare Leistungskapazität sind für beide Speichersysteme heutzutage vergleichbar (in Kosten pro  $MW_e$ ). Bei der verfügbaren Energiekapazität (in Kosten pro  $MWh_e$ ) sind Pumpspeicher heute noch klar günstiger, nämlich rund 80 Mal im Vergleich zu Grossbatterien. Für eine markante Preisreduktion sind neue Batterietechnologien gefragt. Auf diesem Gebiet wird weltweit intensiv geforscht.

## Neue Tarife

Eine Lösung sind dynamische Netznutzungstarife, die den Anreiz schaffen, Hausbatterien auf Endkundenseite netzdienlich einzusetzen. Zudem sollten Netzregularien es erleichtern, dezentrale Batterien für Netzdienstleistungen zur Verfügung zu stellen. Zu überlegen wäre auch das Vermieten von Batteriekapazität in Form von Quartierspeichern – entweder durch Dienstleister oder auch direkt durch Netzbetreiber.

## Netzdienlicher Betrieb der Batterien

Ein wichtiger Diskussionspunkt ist die Steuerung des Energieflusses der Batterie ins Netz. Optimal eingesetzte Batteriesysteme stellen den Netzbetreibern ein grosses Flexibilitätspotenzial für Dienstleistungen zur Verfügung. Ist die Steuerung der Stromspeicher aber nur für den jeweiligen Endkunden/Produzenten optimiert, so könnte dies im schlimmsten Fall lokal auch zu Überlastungen des Netzes führen. Die Batteriesysteme sollten also so gesteuert werden, dass sowohl der Endkunde/Produzent als auch der Netzbetreiber profitieren. Sollten sich viele Endkunden für eine eigene Stromproduktion mit Speicherung entscheiden, müssten die Netzbetreiber ihre Betriebskonzepte darauf einstellen können.

---

# Vorteile der Speicher für die Netzbetreiber

## Batteriespeicher als interessantes Geschäftsmodell für Netzbetreiber

Schwankungen im Stromnetz müssen sofort ausgeglichen werden. Dies erfolgt heute unter anderem über dafür reservierte Speicherkraftwerke, die die notwendige Regelleistung liefern. Ein elementarer Vorteil von Batteriespeichersystemen besteht darin, dass sie besser geeignet sind, schnell und präzise Regelleistung in Form einer Dienstleistung für den Netzbetreiber (Systemdienstleistungen) anzubieten. Sie können damit andere Kraftwerke teilweise entlasten und deren Kapazitäten frei machen für eine besser auf den Strommarkt angepasste Energieproduktion.

Verschiedene Netzbetreiber in der Schweiz untersuchen bereits den Einsatz grösserer Batterieeinheiten im Verteilnetz, um lokal Netzspannung und global die Netzfrequenz stabilisieren zu können. Eine der ersten Batterien in Europa, die regulär Primärregelung anbieten konnte, steht in der Schweiz. In Japan, China und den USA werden schon jetzt auch deutlich grössere Einheiten mit bis zu 40 MWh Speicherkapazität für den Netzbetrieb eingesetzt. Diese ergeben eine höhere Flexibilität im Systembetrieb und eine grössere Netzstabilität, was beispielsweise in den USA auch mittels einer Flexibilitätsprämie vergütet wird und eine schnelle Amortisation der Batterien ermöglicht.

## Batterien teils sinnvoller als Netzausbau

Der Netzausbaubedarf im Verteilnetz wird durch Lastspitzen und Erzeugungsspeaks von erneuerbaren Energien geleitet, also tendenziell kurzzeitigen Netzüberlastungen. Zur Glättung solcher Spitzen eignen sich schnell reagierende Kurzzeitspeicher. Insbesondere in Gegenden mit hohen Netzkosten können dezentrale Speicher technisch sinnvoll und wirtschaftlich konkurrenzfähig zum konventionellen Netzausbau sein. Im Extremfall und in Kombination mit dezentraler Stromproduktion werden sie aufgrund der fallenden Speicherkosten künftig wohl wirtschaftlicher als ein Netzanschluss.

## Drei typische Szenarien

- In einem Netzgebiet mit hoher Lastdichte (urbane Zentren) ist der Netzausbau oft verhältnismässig aufwendig, langwierig und damit teuer. Hier können Batteriespeicher flexibel und zeitnah zum Brechen von Spitzen (Pufferung von Spitzenlastbedarf) eingesetzt werden.
- In einem Netzgebiet mit geringer Lastdichte (ländliche Gebiete, in den Bergen) kann der Netzausbau auf langen Strecken ebenfalls teuer sein. Auch hier bieten sich Batterien zum Brechen von Spitzen an (Pufferung Spitzenlast und Photovoltaik-Spitzen). Die lokale Speicherung des selbsterzeugten Stroms erfüllt dabei den oft wichtigen Kundenwunsch nach mehr Autonomie vom Stromnetz und von zentraler Stromproduktion.
- Auch in einem Netzgebiet mit mittlerer Lastdichte (Wohngebiete und grössere Dörfer) können Batterien zum Brechen von Spitzen sinnvoll sein und so könnte ein Netzausbau aufgrund des Wachstums der Gemeinde selbst oder deren Stromverbrauchs hinfällig werden. Das Gleiche gilt auch bei einem starken Ausbau von Photovoltaik-Anlagen.

---

## «Strom speichern» durch Beeinflussung der Nachfrage

Im Stromnetz muss jederzeit genau die elektrische Leistung produziert werden, die verbraucht wird. Dies lässt sich durch die Steuerung der Einspeisung erreichen, aber auch durch die Beeinflussung der Nachfrage, also der Netzlast. In der Schweiz geht es bei diesem so genannten Lastmanagement vor allem um die aktive Steuerung von thermischen Haushaltslasten wie Wärmepumpen und Wasserboilern. Und das Potenzial ist gewaltig, liegt doch die in der Schweiz installierte Leistung von Wärmepumpen im Gigawatt-Bereich. Bei netzgebundenen Batteriesystemen ist man zurzeit erst im niedrigen Megawatt-Bereich, also noch rund 100 Mal niedriger, wenn auch schnell zunehmend. Das Lastmanagement kann also in der Schweiz auf längere Sicht eine relevante und wichtige Quelle für die Bereitstellung dezentraler Speicherkapazität und für die Flexibilität im Netzbetrieb sein.

---

---

## Zusammenfassung / Fazit

- Für den Endkunden sind selbst installierte Batteriespeicher interessant, weil er so seinen selbst produzierten Strom auch dann nutzen kann, wenn die Sonne nicht scheint, und er spart zudem Netznutzungsgebühren und Abgaben.
- Batteriespeicher sind sowohl für den Endkunden mit Photovoltaik-Anlage als auch für den Netzbetreiber nützlich. Voraussetzung dafür ist, dass die Speicher vom Netzbetreiber «netzdienlich» betrieben werden können.
- Neue Tarifmodelle sind notwendig, um die Infrastrukturkosten des Netzbetreibers weiterhin gerecht verteilen zu können.
- Batteriespeichersysteme können mit ihrer Flexibilität (sehr schnelle Regelleistung) bestehende Speicherkraftwerke optimal ergänzen und von ungünstigen Betriebszuständen entlasten.
- Für Netzbetreiber sind Batteriesysteme interessant, wenn ein konventioneller Netzausbau nicht möglich oder sehr teuer ist, zum Beispiel in ländlichen Regionen mit geringer Lastdichte oder urbanen Zentren mit hoher Lastdichte.
- Bei einer langen Stromtransport- und Umwandlungskette sind die Verluste sehr hoch. Daher sollte für die Speicherung dasjenige System gewählt werden, das auf der gleichen Netzebene operiert wie die Stromproduktion. Im Fall der Zwischenspeicherung von Strom-Import/Export sind dies Pumpspeicher. Im Fall der Zwischenspeicherung von Stromproduktion aus dezentralen Anlagen, zum Beispiel Photovoltaik, sind dies Batteriespeicher.

---

## SATW-Studien zur Energiewende

Die SATW möchte eine faktenbasierte Diskussion über die Schweizer Energiepolitik unterstützen. Deshalb hat sie im Sommer 2014 eine erste Studie zu «Ist das geplante Stromsystem der Schweiz für die Umsetzung der Energiestrategie 2050 aus technischer Sicht geeignet?» veröffentlicht. Die zweite Studie zu «Die Rolle von dezentralen Speichern für die Bewältigung der Energiewende», die nun fertig ist, ergänzt die Aussagen der ersten Studie. Die SATW liess für diese Studie vom Power Systems Laboratory der ETH Zürich untersuchen, wie und wo dezentrale Speichersysteme sinnvoll eingesetzt werden. Dabei lag der spezielle Fokus auf Batteriesystemen, da diese mittelfristig die wichtigste, weil am flexibelsten einsetzbare Speichertechnologie auf Verteilnetzebene sein werden. Das vorliegende Papier stellt die wichtigsten Erkenntnisse der Studie vor.

[www.satw.ch](http://www.satw.ch)

---

Autoren: Theodor Borsche und Andreas Ulbig (ETH Power Systems Lab)  
sowie Willy Gehrler und Rolf Hügli (SATW)  
© SATW | September 2016

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW  
Gerbergasse 5 | 8001 Zürich | 044 226 50 11 | [info@satw.ch](mailto:info@satw.ch) | [www.satw.ch](http://www.satw.ch)

Das Bild zeigt ein Leclanché-Element. Diese Batterie, 1866 patentiert, stellt einen Vorläufer moderner Batterien dar.

Quelle: Leçons de Physique;  
Éditions Vuibert et Nony

