

Elektro-Energiespeicherung, Notwendigkeit, Status und Kosten. Teil 2

Erzeugungsart EE-Strommix	Kost Strom
50 % Wind onshore (9 ct/kWh) 50 % Wind offshore (15 ct/kWh)	12 ct 10,6
33 % Wind onshore (9 ct/kWh) 33 % Wind offshore (15 ct/kWh) 33 % Photovoltaik (18 ct/kWh)	14 ct 12,3

Teil 2

1 Speicher für Elektroenergie

Hinweis: Im ScienceScepticalBlog erschien 2013 ein Artikel[18]:

„Aufwind nur für den Strompreis? Deutschlands Energiewende und die Realität“.

Er beschreibt ebenfalls unser Thema, ist auch heute noch aktuell und empfehlenswert.

Diese Ausarbeitung behandelt ausschließlich Speicher mit Rückverstromung, sonst wäre sie zu lang (und zu aufwendig) geworden. In diesem Kapitel wird gelistet, welche Speichertechnologien zur Lösung brauchbar sind. Als Basis dienen dazu im Wesentlichen die Studien „Erstellung eines Entwicklungskonzeptes Energiespeicher in Niedersachsen“[1] und Hartmann et al[24]. Die „Niedersachsen-Studie 2014“[1] dient als Vorlage für die Niedersächsische Landesregierung. Man kann davon ausgehen, dass das darin über Speichertechnologien Beschriebene aktueller Wissenstand ist.

1.1 Im Großmaßstab sinnvolle Speichertechnologien

Die Niedersachsen-Studie 2014[1] schreibt:

In dieser Studie werden Technologien analysiert, die Potenzial für die mechanische und chemische Energiespeicherung im Netzmaßstab aufweisen. Im Rahmen der Studie werden folgende konventionellen Speichertechnologien detailliert betrachtet:

- *Pumpspeicherwerk (PSW)*
- *Druckluftspeicher (AA-CAES)*
- *Wasserstoffspeicher (H2-Speicher)*

Bei einem Einsatz als **Kurzfrist- und Mittelfristspeicher** sind Pumpspeicherwerke heute nach wie vor die günstigste Technologie, dicht gefolgt von adiabaten Druckluftspeichern. Als **Langfristspeicher** sind adiabate Druckluftspeicher heute die wirtschaftlich vorteilhafteste Speichertechnologie.

Wasserstoffspeicher sind heute aus ökonomischer Sicht (noch) nicht konkurrenzfähig. Die direkte Speicherung von Wasserstoff in Kavernen ist vorteilhafter als die Einspeisung von Wasserstoff bzw. E-Methan (methanisierter Wasserstoff) in das Erdgasnetz.

Ausblick 2030:

Auch zukünftig (selbst bei optimistischen Annahmen bezüglich der technischen Entwicklung der Wasserstoffspeicher) sind beim Einsatz als Kurz- und Mittelfristspeicher Pumpspeicher und adiabate Druckluftspeicher die günstigere Technologie. Bei einem Einsatz als Langfristspeicher hingegen stellen Wasserstoffspeicher die klar vorteilhafteste Technologie dar. Soll in Zukunft Strom im großen Maßstab über längere Zeit (in Langfristspeichern) gespeichert werden, so geht trotz der unbestritten vorhandenen Nachteile (niedriger Wirkungsgrad und hoher leistungsspezifischer Investitionsaufwand) auch unter ökonomischen Gesichtspunkten kein Weg an Wasserstoffspeichern vorbei.

Auf der Regierungsseite steht es so:

BmBF[19], Netze und Speicher

Um den Strombedarf auch künftig zuverlässig decken zu können, müssen diese Leistungsschwankungen ausgeglichen werden. Hier setzen die Speichertechnologien an: Der in Spitzenzeiten erzeugte, aber nicht verbrauchte Strom wird gespeichert, so dass er nicht verloren geht. Vielversprechende Ansätze der derzeitigen Forschung an dauerhaften Energiespeichern sind zum Beispiel elektrische Speicher wie Lithium-Ionen-Batterien, stoffliche Speicher, bei denen die Energie zum Beispiel durch die Erzeugung von Wasserstoff oder Methan gespeichert wird, oder thermische Speicher, etwa in Verbindung mit der Solarthermie.

Der BUND schreibt, BUND 2010[3]

Stellungnahme zur Frage der Stromspeicherung 2010:

Sinnvoll ist ein Konzept, das vorrangig auf kleinere lokale, dezentrale Speicherung z.B. auf Batteriebasis²⁰ sowie mit Biomasse-KWK setzt mit einer kurzfristigen regionalen Zwischenspeicherung auf der Basis Druckluft/Pumpspeicher und überregionalen Langfristspeicherung mit Pumpspeichern/ Wasserstoff oder Methan verbindet.²¹ Hierzu sind Systemstudien

zur Optimierung der Speicherstrategien durchzuführen.

Wir stellen fest

Man ist sich bei den Groß-Speichertechnologien in etwa einig.

Damit hört diese aber schon auf. Von den in der Niedersachsen-Studie genannten, drei Haupttechnologien wird auf der Regierungsseite nur eine erwähnt. Die zwei auf der Regierungsseite zusätzlich genannten, werden in der Niedersachsen-Studie für einen großtechnischen Einsatz nicht einmal der Betrachtung Wert gehalten.

Der BUND sieht zusätzlich Biogas als sinnvoll an. Dabei hat der NABU in seiner Studie

NABU 2011[20] „Agrargasanlagen und Maisanbau“ dargestellt, dass Agrargasanlagen vom Wirkungsrad her schlichtweg ein Desaster sind und zusätzlich massivste Umweltprobleme verursachen.

BE e.V. A. Hauer[6]. *Die o.g. Autoren gehen von einem benötigten Einsatz an konventioneller Energie von 60 – 106 % aus, d.h. bei langen Transportwegen kann der Betrieb der Anlage sogar mehr Energie verbrauchen als Strom ins Netz eingespeist wird.*

2 Kosten der Elektroenergie- Speicherung

Vor den im Teil 3 kommenden Zahlen zu einzelnen Speichertechnologien anbei eine Übersicht zur Rentabilität von Speichersystemen. Beim Sichten der Literatur musste der Verfasser feststellen, dass dies enorm schwierig und nur ansatzweise möglich ist. Kosten scheinen beim Umsetzen des EEG wirklich keine Rolle zu spielen, weshalb sie fast nirgends angegeben werden.

2.1 Basisinfo Stromspeicher

Stromspeicher rechnen sich nicht

Niedersachsen-Studie 2014[1]

... Im heutigen Strommarkt ist es schwierig, Investitionen in großtechnische Speicher zu rechtfertigen. Die Wirtschaftlichkeit ist bei den derzeitigen Strompreisen und den Erlösen aus dem Regelenergiemarkt nicht oder nur äußerst schwer darstellbar. Ein Anreiz zum Bau von Speichern müsste durch eine Änderung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Was sagt das: So lange es noch erlaubt ist, Strom durch bewährte, aber eben „dreckige“ und nicht-ökokonforme Kraftwerke zu erzeugen (Ökokirchen-Neusprech), lohnen sich Stromspeicher nicht. Es wäre nach wie vor billiger, überflüssigen Ökostrom nicht einzuspeisen (obwohl der nicht eingespeiste

Strom als „Strom-Verhinderungsprämie“ (durchs EEG voll bezahlt wird) oder ans Ausland zu verschenken.

Dass das nicht-Einspeisen von Ökostrom eine zukunftsfähige Lösung wäre, ist nicht nur die Meinung des Verfassers. Auch andere sind schon darauf gekommen:

TAB 2012[21]. Bei starken Stromerzeugungsspitzen scheint eher die Abregelung der Stromerzeugung die sinnvollste Alternative zu sein. Diese Abregelung würde voraussichtlich in nicht unerheblichem Umfang erfolgen. So könnte es nach Abschätzungen des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen (efzn) notwendig werden, bis 2017 rund 35 TWh Strom aus erneuerbarer Energieerzeugung abzuregeln.

Die Niedersachsen-Studie 2014[1] weiß aber (den EEG-typischen) Rat. Man müsste doch nur ein weiteres Subventionsfass aufmachen.

Zum EEG-Glück bietet einfaches Abwarten jedoch auch eine Lösung. Durch die zwangsweise Abschaltung von immer mehr konventionellen Kraftwerken muss die daraus bisher billig und problemlos generierte Grundlast in Zukunft zwangsweise aus Speichersystemen sichergestellt werden. Man kommt einfach nicht mehr daran vorbei – und die Kosten spielen automatisch keine Rolle mehr.

Anm.: Im Ökosinn sind das natürlich keine Kosten. Denn die Speicher helfen ja mit, den Ökostrom weiter auszubauen. Und der ist nun mal erforderlich, um die Welt zu retten. Also sparen sie indirekt das teuflische CO₂ ein. Eine Verrechnung mit CO₂-Zertifikaten liegt da nah, FENES, OTH 2013[5] BE e.V. A. Hauer[6]. Wenn eine Tonne CO₂ erst einmal wie geplant 20 EUR kostet, wird der Zertifikate-Kosten-Einspareffekt höher. Dann kosten auch die Speicher auf einmal nichts, sondern erwirtschaften CO₂-Zertifikate-Verrechnungs-Gewinne – und die EEG-Welt ist wieder in Ordnung -.

Und bevor der Verbraucher so viel bezahlen muss, wie in [8] dargestellt, wird die Politik doch wohl einlenken? Aber man sollte sich nicht sicher sein – die Welt vor etwas retten zu wollen, hat Deutschland bisher immer konsequent durchgezogen – und immer bitter bezahlt.

Kommentar eines kritisch eingestellten Energie-Fachmannes zur Strom-Speicherung.

F. Endres 2015[8]. In Deutschland werden ca. 30 GW Grundlast benötigt, um diese Bedingung zu erfüllen. Weder Windkraft- noch Solaranlagen können rund um die Uhr eine konstante Grundlast liefern, von der Phasensynchronität ganz zu schweigen. Will man dieses Ziel erreichen, muss man das Netz so umbauen, dass Speicher zwischen 20 und 100 TWh vorhanden sind.

Wenn man in Deutschland alle Möglichkeiten, Pumpspeicherkraftwerke zu bauen, nutzt, erreicht man vielleicht 0,15 TWh an Speicherkapazität, das ist natürlich viel zu wenig. Es bleiben dann nur noch chemische und elektrochemische Speicher übrig, die in der Größenordnung bis 100 TWh sogar denkbar sind.

Das ist technisch alles vorstellbar, nur wird der dann zu zahlende Strompreis alleine aufgrund der Alterung der Anlagen oder chemischen Verbindungen irgendwo zwischen 1 und 2 EUR pro kWh liegen. Ich erwarte, dass in einem solchen Szenario auch Batterien (Akkus) für die Netzstabilität erforderlich sind, weil die Elektrolyseanlagen ein stabiles Netz benötigen. In jedem dieser Szenarien werden die wiederkehrenden Kapitalkosten (wegen Alterung) den Strompreis auf weit über 1 EUR/kWh treiben – das wäre unvermeidbar. Der Traum vom kostenlosen Strom, wenn erst einmal genügend Windkraft- und Solaranlagen aufgestellt sind, wird für unabsehbare Zeit ein Traum bleiben.

Wie immer, gibt es auch gegensätzliche Ergebnisse

Osthessen News vom 02.06.2015, Artikel: **„Energiewende kann nur mit den Menschen vor Ort gelingen!“**. Hans-Josef FELL* über Ausstieg, Umstieg und Wirtschaftsmächte bei einem Vortrag vor der Energiegenossenschaft Vogelsberg eG, als Redner zu ihrer Generalversammlung.

Auszug: Die Energiewende werde als zu teuer in Misskredit gebracht, anderslautende wissenschaftliche Berechnungen kämen kaum zum Zuge, bedauerte der Politiker, der seit Jahrzehnten als Streiter für die Energiewende unterwegs ist. „Ohne Ökostrom wäre in Deutschland der Strompreis um 11 Mrd. Euro teurer“, legte Fell dar, Windenergie und Solarstrom seien heute diejenigen Energien mit den niedrigsten Stromerzeugungskosten.

*Der grüne Ex-MdB ist heute Präsident der Energy Watch Group und Botschafter für 100% Erneuerbare Energien.

Zur Erinnerung anbei Herrn Trittins (damals Umweltminister) Vorhersage:

BMUB Berlin, 30.07.2004 Mitteilung Nr. 231/04 2004[14]:

"Es bleibt dabei, dass die Förderung erneuerbarer Energien einen durchschnittlichen Haushalt nur rund 1 Euro im Monat kostet – so viel wie eine Kugel Eis."

3 Basisinfo Einspeisekosten Ökostrom

Um Rechnen zu können, muss man die EEG-Vergütungen wissen. Diese verändern sich durch immer neue Regulierungsänderungen laufend, sind aber (langsam) abnehmend. Aktuell kann man mit den folgenden Werten Kostenabschätzungen durchführen.

Strom-Input	Erzeugungsart EE-Strommix	Kosten Strom-Input
88 TWh	50 % Wind onshore (9 ct/kWh)	12 ct/kWh
	50 % Wind offshore (15 ct/kWh)	10,6 Mrd. €
88 TWh	33 % Wind onshore (9 ct/kWh)	14 ct/kWh
	33 % Wind offshore (15 ct/kWh)	12,3 Mrd. €
	33 % Photovoltaik (18 ct/kWh)	

Quelle Schnurbein 2012[9], Tabelle 1

Diese Darstellung deckt sich in etwa mit dem bei WIKIPEDIA Erneuerbare-Energien-Gesetz

angegebenen 13 ct/kWh Mittelwert.

3.1 Vorab-Übersicht Strom-Speicherkosten

Übersicht Speichertechnologien

Hartmann et al. 2012[24]. *Es zeigt sich, dass vor allem Pump- und Druckluftspeicher geringe Kosten im Tagespeicherbetrieb und Wasserstoff-, Druckluft- und Power-to-Gas Speicher (P2P) die niedrigsten Kosten im saisonalen Betrieb aufweisen. Die Kosten der mobilen Batteriespeicher liegen dagegen deutlich höher als die der anderen Speichertechnologien.*

Übersicht Speicherkosten der verschiedenen Speichertechnologien

Anbei eine globale Übersicht aus Hartmann et al. 2012[24]. Beachten, dass es die Nettokosten der Speicherung sind, also ohne Strombezugskosten. Mobile Batteriespeicher (E-Autos als Backup) sind am teuersten.

Bild 8.1

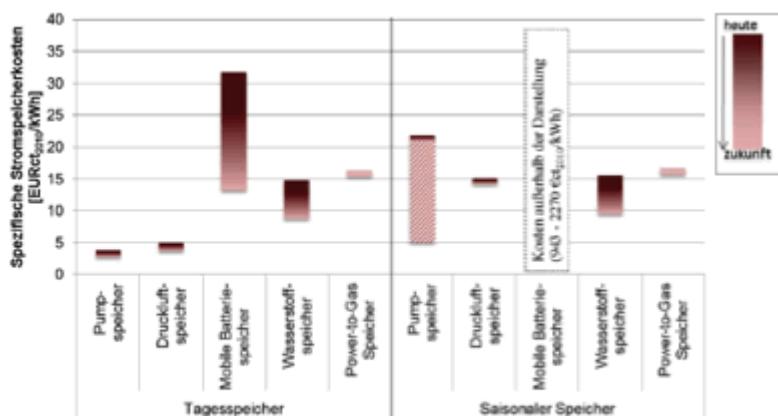


Abbildung 5-4: Spezifische Stromspeicherkosten der Speichertechnologien ohne Kosten des Strombezugs (saisonale Kosten für Pumpspeicherwerke inklusive variierender kapazitätsbezogener Investitionskosten; vgl. Kapitel 3.1.2)

3.2 Erklärung zur Preisbasis bei der Berechnung von Speicherkosten (in Teil3)

In den folgenden Detailausführungen sind die Speicherkosten als Vollkosten der vom Speicher in das Netz zurückgespeisten Elektroenergie angegeben. Benannt werden diese als Rückspeisekosten, bzw. Stromeinspeisungskosten.

Diese Vollkosten beinhalten

- Bezugs-Kosten für den in den Speicher eingespeisten Strom incl. der aufgrund der Wirkungsgradverluste zusätzlich einzuspeichernden Strommenge.
- Kosten der Stromspeicherung

Bezugskosten

Bei den Kostenangaben mit Strombezug aus Hartmann et al. 2012[24] ist dieser Bezug immer mit 4,8 €ct/kWh bepreist, da für den zu speichernden Strom ein Mischpreis angenommen wurde. Jedoch repräsentiert dieser Wert ungefähr auch die in ferner Zukunft mögliche EEG-Vergütung und auch grob den Maximal-Abgabepreis für konventionellen Kraftwerksstrom.

Aktuell und noch für längere Zeit liegt die mittlere, reguläre EEG-Vergütung jedoch bei ca. 13 €ct/kWh. Es wurde deshalb versucht, die Speicherkosten auch mit diesem Strom-Bezugspreis anzugeben. Leider sind die Kosten mit Strombezug nicht einfach zu berechnen. Die zugefügten, eigenen Abschätzungen mit 13 €ct/kWh sind deshalb nur grobe Hochschätzungen.

Warum werden Bezugskosten eingerechnet

Beim EEG gibt es keinen „geschenkten“ Strom (siehe dazu auch Schnurbein 2012[9], Kapitel Strombilanz).

Unabhängig davon, was dieser auf irgend einem Spotmarkt kostet oder ob er verschenkt wird, oder erst gar nicht eingespeist – der Stromkunde hat immer die EEG-Einspeisevergütung dafür zu bezahlen. Diese stellt damit in allen Fällen den Wert eines vom Ökokraftwerk eingespeisten Strom genau dar und gilt sowohl für Strom aus Spitzeneinspeisung, wie auch für Grundlaststrom.

Der Betreiber eines Stromspeichers bekommt also niemals wirklich Strom geschenkt, selbst wenn er dafür nichts bezahlt. In vielen Publikationen wird der Einpeisestrom jedoch mit keinen oder sehr geringen Kosten angesetzt, um die Speicherkosten zu „retuschieren“.

Weiter geht es dann im Teil 3

4 Quellen für Teil 1 – 3

[1]

Niedersachsen-Studie 2014. Innovationszentrum Niedersachsen GmbH, Juli 2014. Studie 7983P01/FICHT-12919463-v19: „Erstellung eines Entwicklungskonzeptes Energiespeicher in Niedersachsen“

[3]

Stellungnahme BUND 2010. BUND, 27. August 2010: „Stellungnahme zur Frage der Stromspeicherung im Rahmen der Netzintegration von Strom aus erneuerbaren Energien“

[4]

Bölkow-Studie 2010. Ludwig_Bölkow_Systemtechnik GmbH (LBST), 22. April 2010: „Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien“

[5]

FENES, OTH 2013. Regensburg 05.11.13: „Energiespeicher für die Energiewende Zusatzkosten vs. Zusatznutzen? Ringvorlesung Kraftakt Energiewende II“

[6]

BE e.V. A. Hauer. Bundesverband Energiespeicher e.V., Andreas Hauer: „Energiespeicher Technologien und Anwendungen“

[7]

VCI Zwischenbericht 2013. Ein Zwischenbericht des Verbands der Chemischen Industrie (VCI), 8. Oktober 2013: „Zukunft der Energiespeicher“

[8]

F. Endres 2015. TU Clausthal 13.04.2015, Interview mit Prof. Dr. rer. nat. Frank Endres, Institut für Elektrochemie: „Hintergründe zur Energiewende Batterien ohne Power und Windanlagen mit Gesundheitsgefahren“

http://www.deutscherarbeitgeberverband.de/aktuelles/2015_04_13_dav_aktuelles_interview_energiewende.html

[9]

Schnurbein 2012. Vladimir von Schnurbein: „Die Speicherung überschüssigen EE-Stroms durch synthetisches Methan.“

ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 62. Jg. (2012) Heft 9

[10]

Energie GmbH 2014. Leipziger Institut für Energie GmbH, 29. Januar 2014: Kurzexpertise „Wirtschaftlichkeit Batteriespeicher Berechnung der Speicherkosten und Darstellung der Wirtschaftlichkeit ausgewählter Batterie-Speichersysteme“

[11]

Fachausschuss erneuerbare Energien 2010. Fachausschuss ForschungsVerbund Erneuerbare Energien, Juni 2010: „Nachhaltiges Energiesystem 2050 Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100% erneuerbaren Energien“

[14]

BMUB 2004. BMUB, 30.07.2004 Mitteilung Nr. 231/04: Erneuerbare-Energien-Gesetz tritt in Kraft

<http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/erneuerbare-energien-gesetz-tritt-in-kraft/>

[15]

Ahlborn 2013. Dr. – Ing. Detlef Ahlborn 2. Juli 2013: „Wie viele Windräder braucht das Land?“

[16]

Ahlborn. Blog Vernunftkraft. Dr. – Ing. Detlef Ahlborn, „Windkraft-Verfügbarkeit“

[17]

Agora Energiewende Agorameter: Stromerzeugung und Energieverbrauch

http://www.agora-energiewende.de/service/aktuelle-stromdaten/?tx_agoragraphs_agoragraphs%5BinitialGraph%5D=powerGeneration&tx_agoragraphs_agoragraphs%5Bcontroller%5D=Graph

[18]

ScienceScepticalBlog 2013. ScienceScepticalBlog, 25. März 2013: [Fred F. Mueller](#) „Aufwind nur für den Strompreis? Deutschlands Energiewende und die Realität“

<http://www.science-skeptical.de/energieerzeugung/aufwind-nur-fur-den-strompreis-deutschlands-energiewende-und-die-realitat/009573/>

[19]

BmBF. Bundesministerium für Bildung und Forschung: „Energietechnologien für die Zukunft, Netze und Speicher“.

<http://www.bmbf.de/de/16753.php>

[20]

NABU 2011. NABU Schleswig-Holstein 5. September 2011. Agrargasanlagen und Maisanbau. Eine kritische Umweltbilanz

[21]

TAB 2012. TAB Arbeitsbericht Nr. 147, April 2012: „Endbericht zum Monitoring: Regenerative Energieträger zur Sicherung der Grundlast in der Stromversorgung“

[22]

Heller 2013. science-skepticalm [Peter Heller](#), 24. November 2013: „Technikfeindlichkeit am Beispiel Elektromobilität“

[23]

Pettinger 2013. Hochschule Landshut 12.08.2013. Prof. Dr. Karl-Heinz Pettinger: „ Batteriespeicherung für Heimanwendungen“

[24]

Hartmann et al. 2012. Stuttgart, 2012: „Stromspeicherpotenziale für Deutschland“

[25]

WIKIPEDIA: Erneuerbare-Energien-Gesetz

<http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz>

[26]

science-skeptical 2014. science-skeptical Blog, 19. Dezember 2014 Artikel: „Ein Fazit zu den Erneuerbaren Energien – Produktion 2014 und ein Blick in die Zukunft“.

[Ein Fazit zu den „Erneuerbaren Energien“ – Produktion 2014 und ein Blick in die Zukunft](#)

[27]

EIKE 2015. EIKE Blogbeitrag, 07.03.2015: „Münchner Stadtwerke mal wieder – Burn, burn, Bürgergeld“

<http://www.eike-klima-energie.eu/news-cache/muenchner-stadtwerke-mal-wieder-burn-burn-buergergeld/>