

Indikator-Factsheet: Möglichkeiten der Stromspeicherung

Verfasser:	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
Mitwirkung:	Bundesnetzagentur (BNetzA), Referat 603 Marktbeobachtung, Monitoring Energie (Bernd Westphal) Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.3 Erneuerbare Energien (Sven Weißbach)	
Letzte Aktualisierung:	07.04.2014	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung)
	10.12.2014	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werbung)
Nächste Fortschreibung:		

I Beschreibung

Interne Nr. EW-R-3	Titel: Möglichkeiten der Stromspeicherung
Einheit: GW <u>Zusatz:</u> TWh	<p>Kurzbeschreibung des Indikators: Installierte Netto-Nennleistung (Turbinenbetrieb) bzw. installierte Brutto-Nennleistung (Pumpbetrieb) der ans deutsche Stromnetz angeschlossenen Speicherkraftwerke, differenziert nach Anlagen im Betrieb sowie Anlagen in Bau</p> <p><u>Zusatz:</u> Netto-Stromerzeugung (Netzeinspeisung Turbinenbetrieb) bzw. Brutto-Strombezug (Pumpbetrieb) der ans deutsche Stromnetz angeschlossenen Speicherkraftwerke</p> <p>Berechnungsvorschrift: <u>Indikator sowie Zusatz:</u> Die Daten können ohne weitere Berechnung von der Bundesnetzagentur übernommen werden.</p>
Interpretation des Indikatorwerts:	<p>Je höher der Indikatorwert, desto höher ist die installierte Leistung der Turbinen in Speicherkraftwerken, die zur Erzeugung von Spitzenstrom herangezogen werden können, bzw. desto höher ist die installierte Leistung der Pumpen in Speicherkraftwerken, die als zusätzliche „Stromverbraucher“ in Zeiten eines Stromüberangebots herangezogen werden können.</p> <p><u>Zusatz:</u> Je höher der Indikatorwert, desto höher ist die Stromerzeugung bzw. der Strombezug der ans deutsche Stromnetz angeschlossenen Speicherkraftwerke.</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)
Indikationsfeld:	Energieversorgungssystem
Thematischer Teilaspekt:	Energiespeicherung
DPSIR:	Response

III Herleitung und Begründung

<p>Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:</p>	<p>Monitoring „Energie der Zukunft“</p>
<p>Begründung:</p>	<p>Die Frage der Energiespeicherung besitzt neben ihrer Bedeutung für den Klimaschutz, z. B. für die Integration erneuerbarer Energien in das Energieversorgungssystem, auch Bedeutung im Zusammenhang mit der Anpassung an die Klimawandelfolgen. „Energiespeicher“, z. B. Pumpspeicherkraftwerke, können grundsätzlich auf zwei Wegen zur Regelung des Energieversorgungssystems beitragen. In Zeiten einer Überproduktion von elektrischer Energie, z. B. bei gleichzeitig guten Verhältnissen für die Wind- und die Solarstromerzeugung und einer niedrigen Nachfrage, können sie einerseits durch die Umwandlung von elektrischer Energie in z. B. potenzielle Energie Produktionsspitzen abfedern. Da z. B. im Zusammenhang mit der Windstromerzeugung derzeit noch unklar ist, wie der Klimawandel wirkt, können angesichts des aktuellen Ausbaus der Windenergie Speichertechnologien auch unregelmäßigere Verhältnisse puffern. Andererseits können Energiespeicher zur Deckung kurzfristiger Lastspitzen (zusätzlicher Strombedarf für Klimaanlage in Hitzeperioden) mittels schnell verfügbarer Stromproduktion herangezogen werden, wenn andere Kraftwerkstypen nur eingeschränkt leistungsfähig sind (geringerer Wirkungsgrad von Kraftwerken bei Hitze, Kühlwasserprobleme etc.).</p> <p>Pumpspeichieranlagen sind derzeit die Wesentliche betriebene Technologie zur „Speicherung“ elektrischer Energie und zur kurzfristigen Erzeugung von Spitzenlaststrom. Des Weiteren betreibt E.ON in Elsfleth ein Gasturbinenkraftwerk mit Druckluftspeicher, das im Jahr 1978 in Betrieb ging, bislang aber das einzige Kraftwerk dieser Technologie in Deutschland ist. Weitere Speichermöglichkeiten werden derzeit intensiv erforscht. Dazu gehört neben der Weiterentwicklung von Druckluftspeichern die Entwicklung von Wasserstoffspeichern, Gas speichern sowie von Batteriespeichern. Es ist mittelfristig damit zu rechnen, dass bei einer Verbesserung des Wirkungsgrads Energiespeichermöglichkeiten mit einer höheren Energiedichte vermehrt zum Einsatz kommen. Bei einem zukünftigen Ausbau von Kraftwerken, die auf anderen Speichertechnologien beruhen, ist der Indikator entsprechend zu erweitern.</p> <p>Dies ist zudem mit Blick auf die Tatsache zu sehen, dass eine räumlich gleichmäßige Verteilung der Anlagen besser geeignet ist, um Regelenergie in der ganzen Regelzone kurzfristig bereitstellen zu können. Eine räumliche Konzentration der Anlagen bedingt lange Transportwege und kann ggf. nachteilig für die Netzstabilität sein. Eine Erweiterung der technischen Möglichkeiten eröffnet auch in Regionen, die kein Potenzial für Pumpspeicherkraftwerke besitzen, die Möglichkeit zum Einsatz von Stromspeichern.</p> <p>Eine Differenzierung der Speichertechnologien erscheint auch aus naturschutzfachlicher Sicht erforderlich, da die Errichtung von Pumpspeicherkraftwerken in aller Regel mit erheblichen und umfangreichen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden ist, zumal häufig auch Gebiete betroffen sind, die aufgrund ihres Reliefs und ihrer eher abgeschiedenen Lage von hohem naturschutzfachlichen Wert sind. Im Sinne einer auch mit der Anpassungsstrategie angestrebten nachhaltigen Entwicklung sind daher Technologien erforderlich, die ökologische und ökonomische Aspekte miteinander in Einklang bringen.</p> <p>Der Indikator ist aus oben beschriebenen Gründen bislang auf Pumpspeicherkraftwerke beschränkt und zeigt deren installierte Leistung für den Turbinen- bzw. den Pumpbetrieb. Er gibt damit in sehr allgemeiner Form Auskunft über Situation und Entwicklung des Potenzials zur Bereitstellung für Regelenergiebedarf und für Spitzenlaststrom durch Energiespeicher.</p>

	<p>Der Indikator-Zusatz zeigt in allgemeiner Form, in welchem Umfang die Möglichkeiten der Stromspeicherung für die Stromerzeugung bzw. die Stromentnahme genutzt werden. Aufgrund der vielfältigen vor allem energiewirtschaftlichen und ökonomischen Einflussfaktoren ist eine Interpretation dieser Zahlen mit Blick auf Wetter und Witterung bzw. den Klimawandel aber nicht möglich.</p>
<p>Schwächen:</p>	<p>Der Indikator bezieht sich – abhängig von der jeweiligen Speichertechnologie – auf eine umstrittene Maßnahme. Die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen soll sich gemäß der DAS grundsätzlich auch am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung orientieren. Bei Pumpspeicherkraftwerksprojekten können die Nachhaltigkeitsgrundsätze nur schwer in Einklang gebracht werden, denn die Errichtung oder Erweiterung von Pumpspeicherkraftwerken ist in der Regel mit erheblichen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden, in der Öffentlichkeit umstritten und mit intensiven Konflikten zwischen Betreiber und Anwohnern bzw. sonstigen Landnutzern verbunden. Vor diesem Hintergrund kann eine weitere Ausdehnung von Speicherkapazitäten nur dann eine sinnvolle und geeignete Maßnahme für die Anpassung an den Klimawandel sein, wenn ihr Schwerpunkt nicht auf Pumpspeicherkraftwerken liegt, sondern andere, weniger umstrittene Technologien zukünftig im Vordergrund stehen.</p> <p>Der Indikator soll technische Möglichkeiten zur Flexibilisierung des Stromversorgungssystems darstellen. Dabei greift der Indikator in zweierlei Hinsicht recht kurz: Zum einen ist die theoretisch mögliche Bereitstellung von Spitzenstrom bzw. die Bereitstellungskapazität für Regelenergie zeitlich durch die Kapazität der Speicher, im Falle der Pumpspeicherkraftwerke die vorhandenen Ober- bzw. Unterbecken, begrenzt. Das Flexibilisierungspotenzial der Speicher ist also durch die Angabe der installierten Leistung nur sehr näherungsweise beschrieben. Um das Flexibilisierungspotenzial genauer zu fassen, wäre darzustellen, wie viel Strom in definierten Zeiträumen tatsächlich durch (Pump-)Speicherkraftwerke erzeugt bzw. in Lageenergie umgewandelt werden kann. Inwieweit dieses Potenzial dann tatsächlich zur Verfügung steht, hängt von der jeweiligen Verfügbarkeit der Kapazitäten der Speicherkraftwerke ab. Zum anderen gibt es in der Stromversorgung verschiedene Ausgleichsmechanismen, z. B. über netzinterne Steuerungskapazitäten, über das Angebot der Strombörse etc. Diese werden durch den Indikator nicht abgebildet. Zudem ist der tatsächliche Speicherbedarf in hohem Maße von anderen Faktoren (Netzentwicklung, Steuerung der Stromerzeugung) abhängig, sodass keine konkreten Zielwerte für die Schaffung von Speicherkapazitäten formuliert sind bzw. benannt werden können.</p> <p>Hinsichtlich der Nutzung der Speicherkraftwerke für die Erzeugung von Strom und die Umwandlung von elektrischer in potenzielle Energie ist bei der Interpretation des Indikators zudem zu berücksichtigen, dass diese überwiegend nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgt. Im Zusammenhang mit der Energiewende und dem Atomausstieg sind die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Pumpspeicherkraftwerke ungünstiger geworden. Die in den Nachtstunden durch Kernkraftwerke produzierte Strommenge, die früher in den Pumpspeicherkraftwerken vor allem für Spitzenlastsituationen gespeichert wurde, hat sich durch die schon erfolgte Stilllegung von Kernkraftwerken bereits verringert und wird in den kommenden Jahren weiter zurückgehen. Zudem müssen die Betreiber der Pumpspeicherkraftwerke für den Transport des zu speichernden Stroms seit einigen Jahren Netzentgelte zahlen, was den Pumpspeicherstrom weiter verteuert. Auf der anderen Seite kommt es aufgrund der zunehmenden Menge an erneuerbarem Strom, die in Form von Sonnenenergie vor allem in Tagstunden produziert wird, seltener zu Spitzenlastsituationen, in denen der vergleichsweise teure Pumpspeicherstrom gewinnbringend abgesetzt werden kann. Insgesamt lässt sich derzeit aus der Stromerzeugung bzw. dem Strombezug von Pumpspeicherkraftwerken nicht entnehmen, welche Bedeutung den Pumpspeicherkraftwerken mit Blick auf die Netzlastelastizität zukommt.</p> <p>Eine weitere technische Schwäche des Indikators beruht auf seinem Bezug zu</p>

	<p>vergleichsweise großen Baumaßnahmen. Die Projektierung und die Umsetzung solcher Maßnahmen sind mit einem hohen Aufwand und mit langen Zeiträumen verbunden. Aus diesem Grund ist die Kapazität für die Stromspeicherung nur geringen Veränderungen unterworfen. Sofern sich trotz der entsprechenden politischen Zielstellungen keine Änderungen ergeben ist der Indikator hinsichtlich seiner Eignung zu überprüfen.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> • dena-Netzstudie II 2010: Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick auf 2025 (dena-Netzstudie II) • Energiekonzept der Bundesregierung 2010 (Energiekonzept) • Eckpunktepapier der Bundesregierung zur Energiewende 2011 (Eckpunktepapier Energiewende): Der Weg zur Energie der Zukunft - sicher, bezahlbar und umweltfreundlich
Ziele:	<p>dena-Netzstudie II, Kap. 23.9: Für unterschiedliche Szenarien wird in der Studie der Ausbaubedarf von Speichermöglichkeiten ermittelt. Dies ist insbesondere davon abhängig, welche Kapazitätserweiterungen im Stromnetz umgesetzt werden können (Freileitungsmonitoring, Hochtemperaturleiter) und in welchem Umfang erneuerbare Energien integriert werden können. Generelle Ziele für einen Ausbau der Speicherkapazitäten werden in der Studie nicht formuliert.</p> <p>Energiekonzept der Bundesregierung, S. 21:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wir wollen mittelfristig die verfügbaren deutschen Potentiale für Pumpspeicherkraftwerke im Rahmen der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten erschließen. - Wir wollen die Forschung in neue Speichertechnologien deutlich intensivieren und zur Marktreife führen (z. B. Druckluftspeicher, Wasserstoffspeicher und aus Wasserstoff hergestelltes Methan, Batterien für Elektrofahrzeuge) [...] <p>Eckpunktepapier Energiewende:</p> <p>14. [...] Durch einen beschleunigten Netzausbau, die Verbesserung der Markt- und Systemintegration, die verstärkte Nutzung von Speichern sollen die erneuerbaren Energien zunehmend bedarfsgerecht Strom bereitstellen. [...]</p> <p>21. Die Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) stärkt darüber hinaus die Grundlagen für intelligente Netze und Speicher. Zur Integration der fluktuierenden erneuerbaren Energien sind Speicher ein wesentlicher Baustein. Neue Speicher sollen deshalb von den ansonsten anfallenden Netzentgelten befreit werden. [...]</p>
Berichtspflichten:	<p>Monitoring des Energiekonzepts Monitoring zum Energiewirtschaftsgesetz gemäß § 35 EnWG</p>

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Bundesnetzagentur (BNetzA): Monitoring gemäß § 35 Abs. 1 Nr. 12 EnWG; Kraftwerksliste <u>Zusatz:</u> Bundesnetzagentur (BNetzA): Kraftwerksliste	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	ganz Deutschland Die Daten der BNetzA schließen alle an das deutsche Stromnetz angeschlossenen Pumpspeicherkraftwerke mit ein und umfassen damit auch Kraftwerke in Luxemburg und Österreich.	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 2011	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf	EW-R-3_Daten_Stromspeicherung.xlsx	

Daten-Factsheet:	
-------------------------	--

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Nennleistung: Unter Nennleistung wird die höchste Dauerleistung einer Anlage unter Nennbedingungen verstanden, die eine Anlage zum Übergabezeitpunkt erreicht.</p> <p>Brutto-Leistung: Im Turbinenbetrieb misst man an den Klemmen des Generators die Brutto-Leistung. Bei Pumpspeicherkraftwerken misst man an den Klemmen des (Motor-) Generators die Netto-Leistung, wenn die Anlage als Motor betrieben wird. Die Brutto-Leistung ergibt sich aus der Netto-Leistung und der Addition der Eigenbedarfsleistung, einschl. Verlustleistung der Maschinentransformatoren des Kraftwerks ohne Betriebsverbrauch und Bezug für Phasenschieberbetrieb.</p> <p>Netto-Leistung: An der Oberspannungsseite des Maschinentransformators an das Versorgungssystem (Übertragungs- und Verteilungsnetz, Verbraucher) abgegebene Leistung einer Erzeugungseinheit. Sie ergibt sich aus der Brutto-Leistung nach Abzug der elektrischen Eigenverbrauchsleistung während des Betriebes, auch wenn diese nicht aus der Erzeugungseinheit selbst, sondern anderweitig bereitgestellt wird.</p> <p>Speicherkapazität: Der genaue Berechnungsweg der in der IWES-Studie angegebenen Daten ist nicht offengelegt und konnte auf Nachfrage nicht dargestellt werden. Im Grundsatz ist Speicherkapazität aber definiert als Lageenergie des gespeicherten Wassers verringert um den Wirkungsgradverlust der Turbine. Das Fassungsvermögen des Oberbeckens bestimmt im Grundsatz die Speicherkapazität. Da Pumpspeicherkraftwerke als geschlossene Systeme betrachtet werden, kann ggf. auch das Unterbecken die max. Speicherkapazität bestimmen.</p>
Weiterführende Informationen:	<p>Agora Energiewende 2014: Stromspeicher in der Energiewende – Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz. Berlin, 152 S.</p> <p>BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie & BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2012: Erster Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“. Berlin, 132 S.</p> <p>BNetzA – Bundesnetzagentur & BKartA – Bundeskartellamt (Hrsg.) 2012: Monitoringbericht 2012. Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i.V.m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i.V.m. § 53 Abs. 3 GWB. Bonn, 308 S.</p> <p>BNetzA – Kraftwerksliste auf Internetseite der Bundesnetzagentur (www.bundesnetzagentur.de)</p> <p>dena – Deutsche Energieagentur GmbH (Hrsg.) 2010a: Analyse der Notwendigkeit des Ausbaus von Pumpspeicherkraftwerken und anderen Stromspeichern zur Integration der erneuerbaren Energien (PSW - Integration EE) – Abschlussbericht. Studie im Auftrag der Schluchseewerk AG, Berlin, 174 S.</p> <p>dena – Deutsche Energieagentur GmbH (Hrsg.) 2010b: dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick auf 2025. Endbericht, Berlin, 620 S.</p> <p>Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) (Hrsg.) 2010: Energiewirtschaftliche Bewertung von Pumpspeicherkraftwerken und anderen Speichern im zukünftigen Stromversorgungssystem - Endbericht. Studie im Auftrag der Schluchseewerk AG, Kassel, 152 S.</p>

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Daten-verarbeitung:	3	Für die Ermittlung der Indikatorwerte, insbesondere des Zusatzindikators, ist eine komplexere Datenauswertung notwendig
	<u>Erläuterung:</u> Die Fortschreibung des Indikators nimmt ca. 8 Stunden in Anspruch.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Bundesnetzagentur, Referat 603 Marktbeobachtung, Monitoring Energie		
<u>Erläuterung:</u> Für eine Weiterentwicklung des Indikators bezogen auf Pumpspeicherkraftwerke kann geprüft werden, ob in Zusammenarbeit mit den Speicherbetreibern eine präzisere Darstellung des Flexibilisierungspotenzials von Speicherkraftwerken für das Stromversorgungssystem möglich ist. Hintergrund ist die oben beschriebene Schwäche, dass die theoretisch mögliche Bereitstellung von Spitzenstrom bzw. die Bereitstellungskapazität für Regenergie zeitlich durch die Kapazität der Speicher, im Falle der Pumpspeicherkraftwerke die vorhandenen Ober- bzw. Unterbecken, begrenzt ist. Die installierte Leistung der Kraftwerke steht je nach Kapazität also nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung. Sinnvoll wäre ein Indikator, der die maximale theoretisch verfügbare Netto-Stromerzeugung bzw. den maximalen theoretisch verfügbaren Brutto-Strombezug von Speicherkraftwerken, differenziert in zweistündige Intervalle der Bereitstellungsdauer (2, 4, 6, 8 Stunden) darstellt. Diese Ersteinschätzung bezieht sich auf Daten zum Volumen der Oberbecken sowie zum Wasserstrom im Pump- und Turbinierbetrieb, die von der BNetzA im Rahmen der Berichtspflichten nach §35 EnWG erhoben werden. Darüber hinaus wären für eine detaillierte Untersuchung allerdings auch noch Daten für das Volumen der Unterbecken notwendig. Aufgrund des Fehlens dieser Daten wäre hierfür eine weitere Erhebung bei den Betreibern von Speicherkraftwerken erforderlich. Da Pumpspeicherkraftwerke mitunter komplexe Anlagen mit mehreren Speicherbecken sind, müsste diese Erhebung in enger Zusammenarbeit mit den Betreibern erfolgen, um realistische und verlässliche Angaben zu erhalten. Grundsätzlich wäre auch diese Präzisierung nur eine Annäherung, da bei der skizzierten Berechnung „ideale“ Voraussetzungen angenommen werden: Im Falle der Stromerzeugung bedeutet das, dass die Speicherbecken jeweils gefüllt sind und ihre volle Kapazität zur Verfügung steht. Für die Berechnung der potenziellen Stromentnahme wird vom umgekehrten Fall ausgegangen. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese Bedingungen in der Regel nicht gegeben sind, insbesondere nicht an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen z. B. in längeren Perioden hoher Stromeinspeisung durch erneuerbare Energien. Im Zuge einer Fortschreibung des Monitoringbericht ist grundsätzlich zu prüfen, ob für die Darstellung von Flexibilitätsoptionen im Stromversorgungssystem im Zusammenhang mit der Anpassung an den Klimawandel eine geeignetere Indikationsmöglichkeit besteht. In einer aktuellen Untersuchung zur Bedeutung von Stromspeichern für das Versorgungssystem wurde ermittelt, dass Stromspeichern erst bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien eine hohe Relevanz als Flexibilitätsoption haben. Bei niedrigeren Anteilen von erneuerbaren Energien können andere Optionen die notwendige Flexibilität im Stromversorgungssystem gewährleisten (Agora Energiewende 2014).			

VII Darstellungsvorschlag

