

Speicherbedarf in Energieregionen unter Berücksichtigung verschiedener Autarkiegrade

Caroline Möller¹⁽¹⁾, Sandra Rosenberger⁽¹⁾, Martin Faulstich⁽²⁾

⁽¹⁾Hochschule Osnabrück, ⁽²⁾Technische Universität Clausthal

KORRIGIERTE VERSION – 19.10.2015

Die Autor(innen) bedauern, dass die auf der IEWT 2015 vorgestellte Version Fehler in den Ergebnissen enthielt. Im folgenden finden Sie die korrekte und finale Version. Die Autor(innen) entschuldigen sich hiermit für eventuell entstandene Unannehmlichkeiten.

Kurzfassung:

Sogenannte Energieregionen wollen unabhängig vom Import fossiler Ressourcen im Energiesektor werden und streben Autarkie durch die Nutzung Erneuerbarer Energien an. Der autarke Versorgungsgrad wird hierbei üblicherweise über das Verhältnis von Energieerzeugung und -verbrauch auf Basis von bilanziellen Jahresberechnungen bestimmt. Die vorliegende Untersuchung ermittelt anhand von zeitschritt-basierten Jahressimulationen den Speicherbedarf für eine Modellregion in Deutschland im Bereich der Stromversorgung. Grundlage sind die für diese Region festgelegten Ziele zum Ausbau Erneuerbarer Energien und zur Senkung des Stromverbrauchs für das Jahr 2030. Die Ergebnisse werden unter Vorgabe verschiedener Autarkiegrade ermittelt. Anders als üblicherweise in den Energiekonzepten der Regionen wird hier bei der Ermittlung des Autarkiegrads nur die direkt verbrauchte oder aus dem Speicher bezogene Energie berücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit den Regionszielen für das Jahr 2030 bis zu einem Bereich von rund 80 % Autarkie keine Speicher benötigt werden, da die Last in den meisten Stunden des Jahres durch die hohen Erzeugungskapazitäten bereits direkt durch Erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Für 100 % Autarkie ist der Speicherbedarf jedoch immens. Eine Vernetzung von Regionen führt zunächst zu einem verminderten Speicherbedarf im Vergleich zu einzelner Betrachtung. Die Einbeziehung von Regionen, die sich aufgrund von zu geringer erneuerbarer Stromerzeugung im Vergleich zum Verbrauch nicht selbst versorgen könnten, erhöht jedoch den Speicherbedarf wieder.

Keywords: Speicherbedarf, Energieregion, Autarkie, Simulation

1 Motivation und zentrale Fragestellung

Im Zuge der Energiewende steigt die Anzahl der Regionen, die sich unabhängiger vom Import fossiler Ressourcen im Energiesektor machen wollen. Diese Regionen, oft auch Energieregionen genannt [1,2], setzen auf den Ausbau Erneuerbarer Energien (EE) in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Häufig streben Energieregionen zudem eine

¹ Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück, Germany,
+49 30 5304-2007, c.moeller.1@hs-osnabrueck.de

vollständige Deckung ihres Energiebedarfs durch eine dezentrale Erzeugung innerhalb der Region an [3].

In Deutschland gibt es Initiativen wie die „100ee-Regionen“, die „Bioenergiedörfer“ und der „Masterplan 100% Klimaschutz“, die Regionen in dieser Vision unterstützen. Das Projekt „100ee-Regionen“ vom Institut dezentrale Energiesysteme Kassel gibt es seit 2007 und zählt derzeit 140 Regionen in Deutschland, „die ihre Energieversorgung auf lange Sicht vollständig auf erneuerbare Energien umstellen wollen“ [4]. Seit 2012 findet mit dem Projekt „100% RES Communities“ zudem eine Erweiterung auf europäischer Ebene statt [5]. Bioenergiedörfer setzen vor allem auf Bioenergie und haben einen starken Fokus auf die Wärmebereitstellung. Ergänzend kommen jedoch auch zunehmend EE, die nicht zur Bioenergie gehören, zum Einsatz. Das Dorf Jühnde im südlichen Niedersachsen begann 2005 mit der Umstellung seiner Energieversorgung und gilt als das erste Bioenergiedorf Deutschlands. Mittlerweile gibt es über 160 Bioenergiedörfer in Deutschland. [6]

Das Programm „Masterplan 100% Klimaschutz“ wurde 2011 initiiert. Im Fokus steht hier die Senkung der Emission von Treibhausgasen (THG) um 95 % und die Halbierung des Energiebedarfs bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990. Deutschlandweit werden bisher 19 Regionen gefördert, einen entsprechenden Masterplan zu erarbeiten. Ergänzend zur Energieversorgung werden auch THG-Emissionen in Bereichen wie Industrie und Landwirtschaft berücksichtigt. Einigkeit herrscht jedoch darüber, dass die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr zur Erreichung der Ziele zu 100 % auf EE umgestellt werden müssen. [7]

Eine 100%ige Deckung des Energiebedarfs durch EE innerhalb einer Region wird üblicherweise über das Verhältnis von möglicher Energieerzeugung und Energieverbrauch eines Jahres bestimmt. Zeitliche Fluktuationen in der Erzeugung, im Stromsektor hauptsächlich durch Windenergieanlagen und Photovoltaik, und deren Verschiebung durch Speicher, werden dabei außer Acht gelassen. Die nicht direkt zu verbrauchende Überschussenergie wird demnach in der Bilanzierung berücksichtigt. Oft wird auch zwischen den Sektoren ausgeglichen, bspw. durch Kompensieren von hohen Verbräuchen und wenig Potenzial bei der nichtfossilen Versorgung im Verkehrssektor durch hohe Überschüsse im Stromsektor.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, zu ermitteln, wie sich die Ziele einer Energieregion im Bereich der Stromversorgung auf den Speicherbedarf auswirken. Hier ist es notwendig zwischen Autarkie auf Basis von bilanziellen Jahresberechnungen und realer Autarkie, die in zeitschrittbasierenden Simulationen ermittelt werden kann, zu unterscheiden

Während verschiedene Studien den Bedarf an Speicherkapazitäten aus zentraler Sicht ermitteln [8,9], geht die vorliegende Untersuchung der Frage nach, welcher Speicherbedarf sich für einzelne Regionen ergibt. Die Untersuchungen sollen nicht darauf abzielen, eine Region zu 100 % autark zu machen, sondern vielmehr aufzeigen, welchen Einfluss die teilweise sehr ambitionierten Ausbauziele von Energieregionen auf die benötigten Speicher haben.

Die Basis für die vorliegende Untersuchung sind die vier aneinandergrenzenden Regionen Kreis Steinfurt, Landkreis Osnabrück, Stadt Osnabrück und Stadt Rheine im Nordwesten von Deutschland, die im Rahmen des Programms „Masterplan 100% Klimaschutz“ jeweils einen Masterplan erarbeiten (vgl. Abbildung 1). Alle Berechnungen sind eingebettet in den

Forschungsschwerpunkt „EOS – Energiespeicherlösungen in der Region Osnabrück-Steinfurt“ der Hochschule Osnabrück.

Jede der vier Regionen ist eine eigene Masterplanregion. Die Stadt Osnabrück kann ähnlich wie die beiden Landkreise ihren Energiebedarf auf 50 % senken, den verbleibenden Energiebedarf jedoch nicht aus EE im Stadtgebiet decken. Osnabrück ist damit auf eine Kooperation mit dem Umland angewiesen, da eine 95%ige Senkung der Treibhausgasemissionen alleine nicht möglich ist. [10]

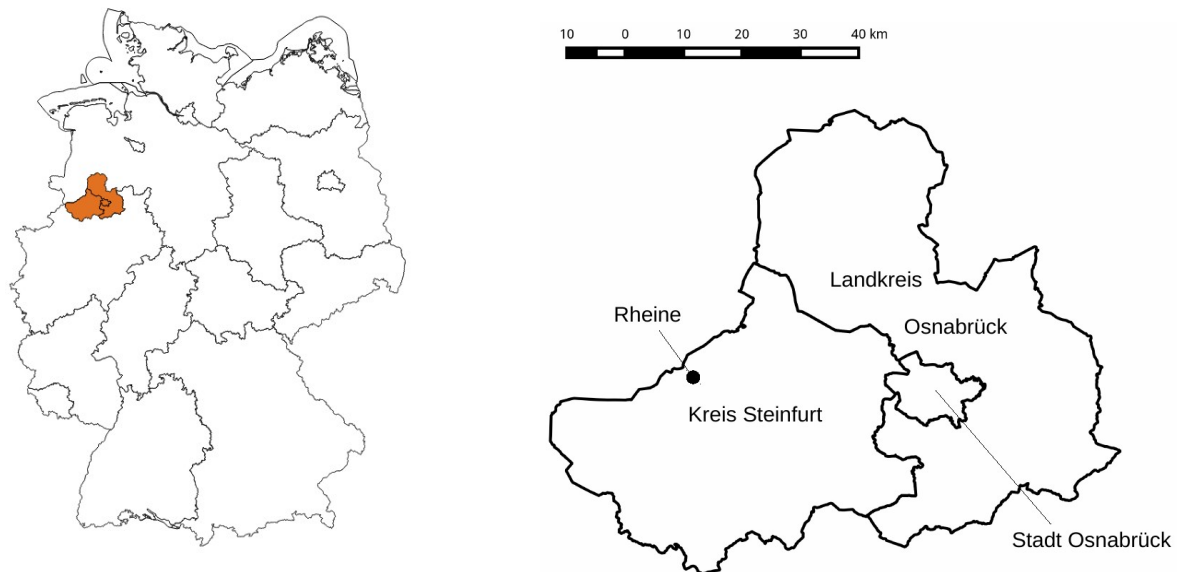


Abbildung 1: Lage der Region Osnabrück-Steinfurt in Deutschland. Die Stadt Rheine gehört zum Kreis Steinfurt.

2 Methodische Vorgangsweise und Szenarienbildung

In der vorliegenden Untersuchung wird der Speicherbedarf mit einem zeitschrittbasieren Simulationsmodell² anhand von Jahressimulationen ermittelt. Untersucht werden die drei Teilregionen Kreis Steinfurt, Landkreis Osnabrück und Stadt Osnabrück. Jede Region besitzt die Komponenten Verbraucher, Erzeuger und Speicher (vgl. Abbildung 2). Zudem ist es möglich, Energie von außerhalb der Region zu importieren. Die Zeitschrittweite τ beträgt 1 h.

Berechnet wird die minimal benötigte Speicherkapazität, die notwendig ist, um den Stromverbrauch eines Jahres zu einem vorgegebenen Prozentsatz (Autarkiegrad) oder vollständig zu decken. Der Autarkiegrad a ist das Verhältnis aus der Jahressumme der in jeder Stunde des Jahres direkt zur Verbrauchsdeckung eingesetzten Energie und dem Jahresverbrauch E_{VB} . Die eingesetzte Energie kann direkt aus den zur Verfügung

²Das Simulationsmodell basiert auf den theoretischen Ansätzen eines am Reiner-Lemoine-Instituts entwickelten Modells [11]. Derzeit wird es zusammen mit dem Zentrum für nachhaltige Energiesysteme Flensburg weiterentwickelt und steht kurz vor der Veröffentlichung als Open-Source-Projekt [12,13].

stehenden Erzeugungsanlagen kommen (Direktverbrauch P_{DV}) oder über Speicher zeitlich ausgeglichen werden (Speicherentladung P_{SE}).

$$a = \frac{\sum_{t=1}^{8760} ((P_{DV}(t) + P_{SE}(t)) * \tau)}{E_{VB}}$$

Der Autarkiegrad ist damit anders definiert als in den Konzepten der meisten Energieregionen. Bei einem realen Autarkiegrad von 100 % müssen für eine vollständige Lastdeckung innerhalb der Region entsprechende Erzeugungs- und Speicherkapazitäten vorhanden sein. Bei einer Vorgabe von 80 % Autarkie werden genau 20 % der Energie übers Jahr gesehen importiert, also nicht in der Region selbst erzeugt. Die Definition von Autarkie bezieht sich hier nur auf die Lastdeckung. Nicht berücksichtigt wird der Einsatz von Speichern zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen.

Neben dem Autarkiegrad werden die installierten Leistungen der EE und der Verbrauch auf Basis der Masterplanszenarien vorgegeben. Alle Anlagen eines Typs und pro Teilregion werden durch jeweils eine Komponente im Modell repräsentiert. Für eine erste Bewertung des Speicherbedarfs in der Modellregion wird diese Vereinfachung als hinreichend eingeschätzt. Die Teilregionen können einzeln betrachtet (Einknotensimulation) oder miteinander vernetzt (Mehrknotensimulation) werden.

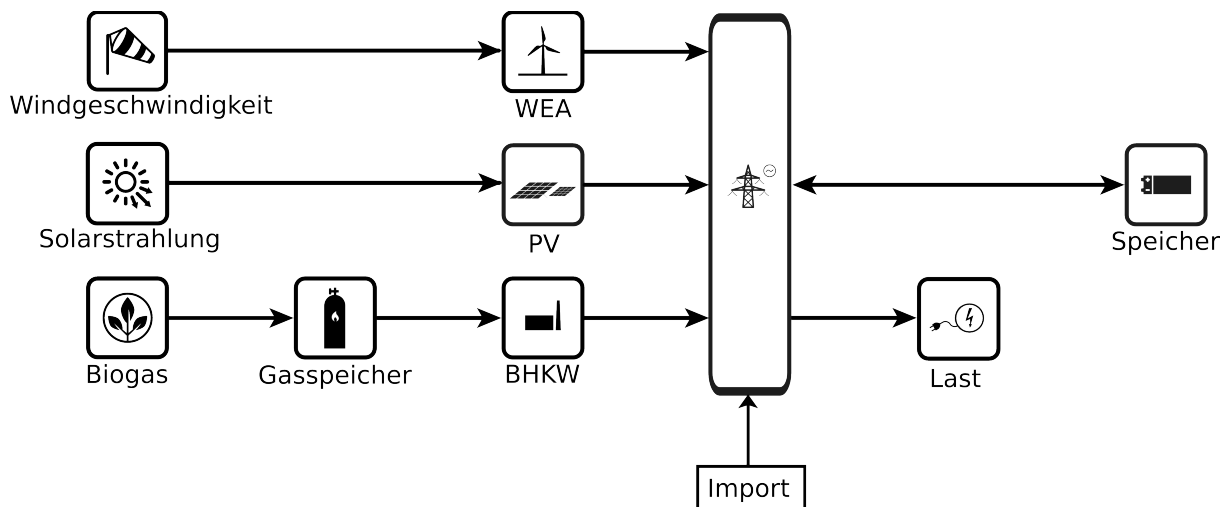


Abbildung 2: Modellkomponenten. Auf der linken Seite des Netzes befinden sich die Erzeuger, auf der rechten Seite Verbraucher und Speicher. Zusätzlich gibt es eine Komponente Import. Das Netz wird im Fall der Einknotensimulationen nicht berücksichtigt. Bildquelle: Reiner Lemoine Institut gGmbH

2.1 Energiesystemkomponenten

Im folgenden werden die Komponenten, aus denen sich das Energiesystemmodell zusammensetzt, näher beschrieben.

2.1.1 Stromverbraucher

Die Komponente Verbraucher wird über einen Verbrauchslastgang für die jeweilige Region definiert. Der Lastverlauf entspricht dem des Lastverlaufs von Deutschland, veröffentlicht vom Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber [14]. Dieser wird auf den Strombedarf der Region (vgl. Tabelle 1 in Abschnitt 2.2) skaliert. Diese Annahme ist stark vereinfacht, da der Lastverlauf deutlich geglätteter ist als es in einer solch kleinen Region im Vergleich zur Größe von Deutschland der Fall sein mag. Reale Lastdaten werden jedoch auf Regionsebene oft nicht ermittelt. Die Annahme des Lastverlaufs von Deutschland in dieser Untersuchung kann außerdem für einen Vergleich der Ergebnisse mit deutschlandweiten Studien von Vorteil sein.

2.1.2 Stromerzeuger

Die stündliche Stromproduktion der Erzeuger wird im Modell ermittelt. Zur Gruppe der Erzeuger gehören in der vorliegenden Untersuchung Windenergie- und Photovoltaikanlagen sowie Biogas-BHKWs. Anhand von Daten zu Solarstrahlung und Windgeschwindigkeit (Datenjahr 2005) in der Region [15,16] wird in entsprechenden Modellen die Stromerzeugung aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen (WEA, PV) zu jeder Stunde eines Jahres berechnet. Die Modelle benötigen neben den Wetterdaten die technischen Daten für Windenergie- und Photovoltaikanlagen und die installierten Leistungen in den jeweiligen Regionen (vgl. Abschnitt 2.2). Für die WEA wurden die technischen Daten einer Enercon E82 mit einer Nabenhöhe von 140 m verwendet. Das PV-Modell entspricht optimal ausgerichteten kristallinen Silizium-Modulen.

Das Biogas-BHKW wird in zwei Varianten modelliert. In der ersten Variante ist die Stromerzeugung aus Biogas konstant, d. h. dass in jedem Zeitschritt das in den Gasspeicher fließende Biogas direkt entnommen und ins BHKW geleitet wird. Der Speicher wird nie gefüllt. In der zweiten Variante wird die BHKW-Leistung im Vergleich zu der für die konstante Stromproduktion benötigten Leistung verdoppelt. Damit ist eine flexible Fahrweise möglich. Die Pufferzeit des Biogasspeichers bei flexiblem Betrieb beträgt 8 h. Das Biogas-BHKW hat einen elektrischen Wirkungsgrad von 0,38. Eine Wirkungsgradveränderungen bei unterschiedlichen Output-Leistungen wird vernachlässigt.

Für Wasserkraft, Klärgas- und Deponieanlagen gibt es keine nennenswerten Potenziale in der Region. Sie werden daher in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt. Auch feste Biobrennstoffe werden vernachlässigt, da diese in den Masterplanszenarien vorzugsweise zur Wärmebereitstellung verwendet werden.

2.1.3 Speicher

Für die zu berechnende Speicherkapazität wird stellvertretend ein zentraler Speicher als universelle Technologie verwendet. Der Speicher wird mit einem Zyklenwirkungsgrad von 0,8 und einer c-Rate (Verhältnis von Kapazität zu Leistung) von 6 angenommen. Weitere Speichertechnologien und andere Flexibilitätsoptionen wie bspw. Lastmanagement werden nicht berücksichtigt.

Abbildung 3 zeigt die stündliche Stromerzeugung und den stündlichen Stromverbrauch einer Beispielwoche für beide BHKW-Varianten. Die Erzeugung unter dem Stromlastverlauf wird direkt zur Deckung der Last eingesetzt. Darüberhinausgehende EE-Erzeugung wird zunächst zum Laden des Speichers verwendet. EE-Erzeugung, die die Ladeleistung oder die Kapazität des Speichers übersteigt, ist Überschussenergie und wird im Fall der Einknotensimulation nicht verwendet. Bei der Verknüpfung von Regionen in den Mehrknotensimulationen kann diese Energie auch zur Deckung der Last in anderen Regionen genutzt werden.

In Stunden, in denen die Stromerzeugung aus EE nicht zur Lastdeckung ausreicht wird dem Speicher Leistung entnommen. In der Variante 2 (flexibles Biogas-BHKW) kann die flexible Stromproduktion des BHKW den Speichereinsatz reduzieren. Die Stromproduktion aus Biogas ist jedoch durch die vorgegebenen Werte für BHKW-Leistung und Pufferspeicher nur begrenzt flexibel.

Die stündliche Importleistung P_{imp} von außerhalb der betrachteten Region ergibt in der Jahressumme:

$$\sum_{t=1}^{8760} (P_{imp}(t) * \tau) = (1-a) * E_{VB}$$

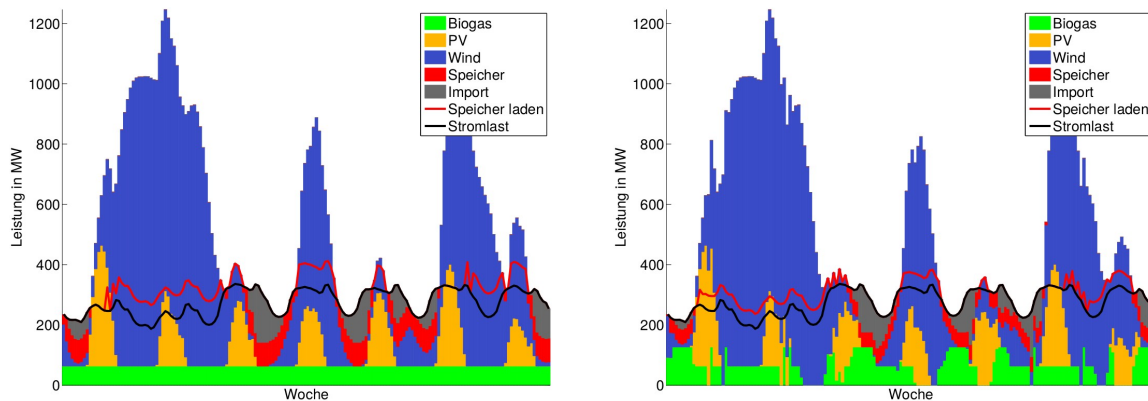


Abbildung 3: Zeitschritt-basierte(r) Stromerzeugung und -verbrauch einer Woche für das Szenario Steinfurt 2030 mit einem Autarkiegrad von 95 %, links: konstante Stromerzeugung aus Biogas, rechts: flexible Stromerzeugung aus Biogas

2.2 Szenarien

Der Speicherbedarf wird anhand von mehreren Szenarien untersucht. Alle Szenariensimulationen werden zudem mit verschiedenen Autarkiegraden a durchgeführt.

Die Szenarien sind folgende:

1. Kreis Steinfurt und Landkreis Osnabrück in Einknotensimulationen und den Varianten Biogas-BHKW nicht flexibel / flexibel

2. Kreis Steinfurt und Landkreis Osnabrück vernetzt in einer Mehrknotensimulation
3. Kreis Steinfurt und Landkreis Osnabrück vernetzt in einer Mehrknotensimulation zusammen mit der Stadt Osnabrück

Die Stadt Osnabrück alleine lässt sich nicht autark versorgen, da der übers Jahr erzeugte Strom aus EE deutlich unter dem Verbrauch liegt.

Vorgegeben werden die installierten Leistungen der EE, die zur Verfügung stehende Biogasmenge und der Stromverbrauch (vgl. Tabelle 1). Die Werte basieren auf den Masterplanziele der Regionen für das Jahr 2030. Teilweise wurden sie, je nach Verfügbarkeit in den Masterplänen, in die benötigten Eingangswerte für das Simulationsmodell umgerechnet.

Tabelle 1: Eingangsdaten für das Szenario 2030 [10,17]³

	Kreis Steinfurt	Landkreis Osnabrück	Stadt Osnabrück
Installierte Leistung Windenergie ⁴	1.000 MW	499 MW	17 MW
Installierte Leistung Photovoltaik	582 MW	721 MW	188 MW
Biogas Potenzial ⁵	1.459 GWh/a	755 GWh/a	53 GWh/a
Strombedarf 2030	2.255 GWh/a	1.997 GWh/a	913 GWh/a

3 Ergebnisse

In Abschnitt 3.1 sind zunächst die Ergebnisse der Einknotensimulationen (Szenario 1) dargestellt. Abschnitt 3.2 zeigt die Ergebnisse der Mehrknotensimulationen (Szenarien 2 und 3).

3.1 Einknotensimulationen Kreis Steinfurt und Landkreis Osnabrück

Die Abbildung 4 stellt die benötigte Speicherkapazität in Abhängigkeit vom Autarkiegrad für die Regionen Kreis Steinfurt und Landkreis Osnabrück dar. Der Kreis Steinfurt kommt bis zu einem Autarkiegrad von 86,6 % ohne jegliche Speicherkapazitäten aus. Der Landkreis

³Der Masterplan des Landkreises Osnabrück ist noch nicht veröffentlicht. Die Eingangsdaten basieren auf einer E-Mail-Korrespondenz mit dem Vertreter des Landkreises vom 06.05.2014

⁴Der Landkreis und die Stadt Osnabrück geben die Potenziale zur Nutzung der Windenergie und Photovoltaik nicht als zu installierende Leistungen, sondern als Jahresenergieertrag an. Für die vorliegende Berechnung wurden die installierten Leistungen aus diesen Jahreserträgen mithilfe von typischen Vollbenutzungsstunden berechnet (Windenergie: 2.000 h, Photovoltaik: 900 h).

⁵Das Biogaspotenzial wurde für alle drei Regionen aus der in den Masterplänen angegebenen Jahresstromproduktion des Biogas-BHKW und einem elektrischen Wirkungsgrad von 0,38 zurückgerechnet.

Osnabrück benötigt Speicher ab einer autarken Versorgung von 79,4 %. Die benötigten Speicherkapazitäten für 80 % Autarkie sind daher nahezu 0 im Fall Landkreis Osnabrück und 0 im Fall Kreis Steinfurt.

Die benötigten Kapazitäten für eine 100%ige Autarkie sind dagegen immens. In der Variante des konstanten BHKW-Einsatzes würden im Kreis Steinfurt 18 GWh und im Landkreis Osnabrück sogar 39 GWh benötigt. Zum Vergleich: Der Batteriespeicher des deutschen Verteilnetzbetreibers WEMAG AG, der 2014 zur Primärregelung in Betrieb genommen wurde, hat mit einer Kapazität von 5 MWh die Größe einer Turnhalle. Auffällig ist jedoch auch, dass die Speicherkapazität mit einem zulässigen Import von Energie stark abnimmt und bei 95%iger Autarkie nur noch bei rd. 3 GWh (Kreis Steinfurt) und 7 GWh (Landkreis Osnabrück) liegt.

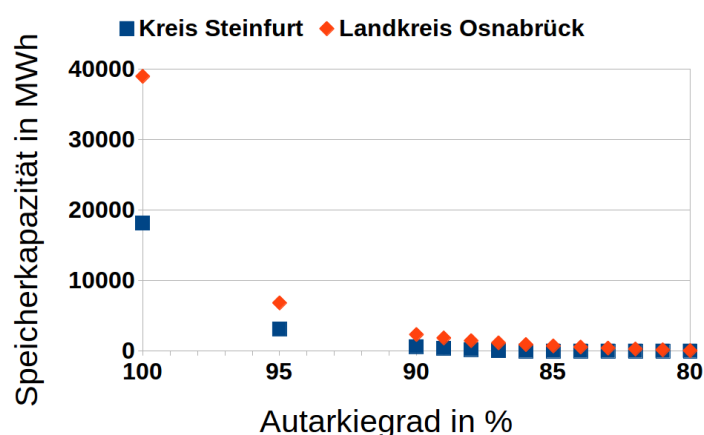


Abbildung 4: Benötigte Speicherkapazität in Abhängigkeit vom Autarkiegrad für den Kreis Steinfurt und den Landkreis Osnabrück bei einzelner Betrachtung

Die folgenden Auswertungen beschränken sich auf den Autarkiegradbereich von 90 bis 80 %, da davon ausgegangen wird, dass Speichergrößen, die für eine autarke Versorgung größer 90 % benötigt werden, nicht realistisch umzusetzen sind. Zusätzlich werden außerdem die Ergebnisse bei flexiblem Betrieb von Biogas-BHKW einbezogen (vgl. Abbildung 5).

Für 90 % Autarkie werden im Kreis Steinfurt 0,6 GWh und im Landkreis Osnabrück 2,3 GWh benötigt. In beiden Regionen sinkt die benötigte Speicherkapazität, sobald das Biogas-BHKW flexibel eingesetzt wird. Bei 90 % Autarkie reduziert sich hier der Speicherbedarf auf nahezu 0 (Kreis Steinfurt) und auf 1,9 GWh (Landkreis Osnabrück). Der erneuerbare Deckungsanteil ohne den Einsatz von Speichern erhöht sich mit einem flexiblen Biogas-BHKW-Betrieb im Kreis Steinfurt auf 89 % und im Landkreis Osnabrück auf 82 %.

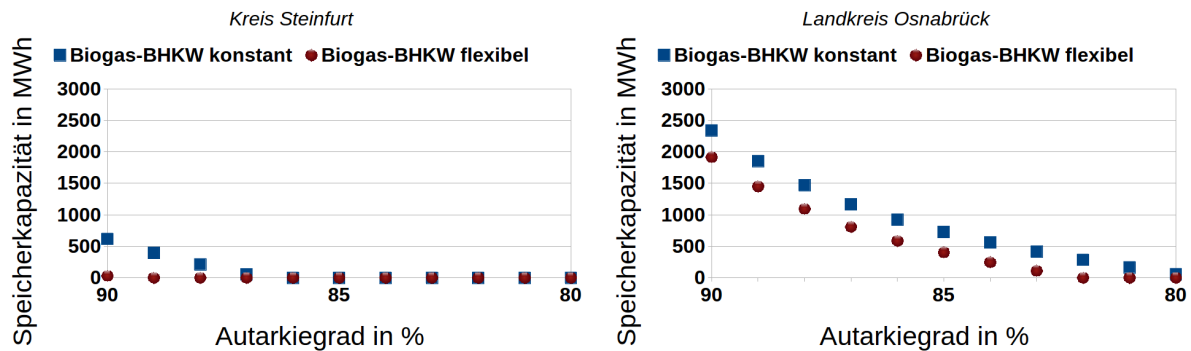


Abbildung 5: Benötigte Speicherkapazität in Abhängigkeit vom Autarkiegrad (bis maximal 90 %), Szenario 2030, Vergleich von konstantem und flexiblem Einsatz des Biogas-BHKW, links: Kreis Steinfurt, rechts: Landkreis Osnabrück

Der Landkreis Osnabrück hat tendenziell einen höheren Speicherbedarf als der Kreis Steinfurt, was an den höheren Überschüssen im Kreis Steinfurt liegt. Die Stunden, in denen die Stromerzeugung aus Windenergie, Photovoltaik und Biogas geringer ist als die Last, liegen im Kreis Steinfurt bei rund 2.900 h. Der Landkreis Osnabrück hätte ohne den Einsatz von Speichern oder importierter Energie eine Unterdeckung in rund 3.870 Stunden des Jahres.

3.2 Mehrknotensimulationen

In den Szenarien 2 und 3 wurden die Untersuchungsregionen in einer Mehrknotensimulation vernetzt. Überschüsse können jetzt auch in die jeweils vernetzten Regionen geleitet werden, was möglicherweise den Speicherbedarf insgesamt senkt. In Szenario 2 wurden zunächst die beiden einzeln untersuchten Regionen Kreis Steinfurt und Landkreis Osnabrück zusammengeschaltet. Szenario 3 nimmt die Stadt Osnabrück als „Stromsenke“, mit einem hohen Stromverbrauch im Vergleich zur potenziellen Stromerzeugung, mit hinzu. Die Überschussenergie vor dem Einsatz von Speichern beträgt 2.240 GWh/a im Kreis Steinfurt und 930 GWh/a im Landkreis Osnabrück. Die Stadt Osnabrück hat eine Deckungslücke von 670 GWh/a.

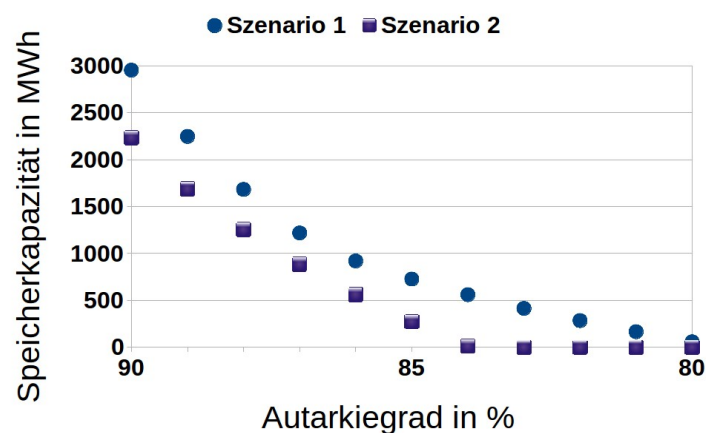


Abbildung 6: Benötigte Speicherkapazität in Abhängigkeit vom Autarkiegrad (bis maximal 90 %) mit konstantem Biogas-BHKW-Einsatz, Szenario 1: Speicherkapazitäten der beide Teilregionen bei einzelner Betrachtung addiert, Szenario 2: Speicherkapazitäten bei Vernetzung der beiden Teilregionen

Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass das Zusammenschalten von Kreis Steinfurt und Landkreis Osnabrück zu einem verminderten Speicherbedarf führt (vgl. Abbildung 6). Der resultierende Speicherbedarf für die verschiedenen Autarkiegrade im Gesamtsystem Steinfurt-Osnabrück ist etwas geringer als die Speicherkapazitäten der Einknotensimulationen in Summe.

In Abbildung 7 ist zusätzlich der Speicherbedarf nach Hinzunahme der Stadt Osnabrück in der Mehrknotensimulation dargestellt (Szenario 3). Das Hinzunehmen der Stadt Osnabrück führt zu einer Erhöhung der notwendigen Speicherkapazität. Der Speicherbedarf bei einer Vernetzung aller drei Regionen und für eine 90%ige Autarkie liegt bei 5,8 GWh und damit um mehr als das 2,5fache höher im Vergleich zur Simulation ohne die Stadt Osnabrück (2,2 GWh). Die Deckungslücke der Stadt Osnabrück kann zwar durch die Vernetzung mit den beiden Landkreisen von 670 auf 310 GWh/a gesenkt werden, insgesamt muss jedoch für die Gesamtregion ein Defizit von 990 GWh/a durch Speicher ausgeglichen werden.

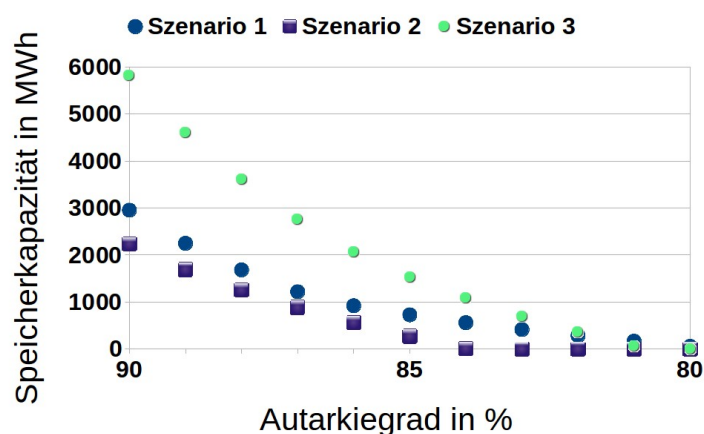


Abbildung 7: Benötigte Speicherkapazität in Abhängigkeit vom Autarkiegrad (bis maximal 90 %) mit konstantem Biogas-BHKW-Einsatz, Szenarien 1, 2 und 3 (vgl. Abschnitt 2.2 und Abbildung 6)

4 Auswertung und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass ein immenser Bedarf an Speicherkapazitäten besteht, sobald Regionen sich real zu 100 % autark versorgen wollen. Es wird jedoch auch gezeigt, dass bis in einen Bereich von 80 % Autarkie keine Speicher benötigt werden, da eine direkte Deckung der Last alleine durch die Überschusskapazitäten bereits in vielen Stunden des Jahres möglich ist.

Die Überschüsse, insbesondere in ländlichen Regionen, bieten großes Potenzial auch städtische Regionen mit hohem Verbrauch und geringeren Potenzialen für die Installation von EE-Anlagen zu versorgen. Der Speicherbedarf wird allerdings nur bei Vernetzung von Regionen mit hohen Überschüssen gesenkt. Sobald Regionen, die eine geringe Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien im Vergleich zum Verbrauch haben und sich dadurch nicht selbst versorgen könnten, integriert werden, steigt die benötigte Speicherkapazität wieder an.

Die Ergebnisse geben eine grobe Orientierung, in welchen Größenordnungen der Speicherbedarf in zukünftigen Energiesystemen und insbesondere auf regionaler Ebene

liegen wird. Detaillierte Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Speicherbedarf und fortlaufenden Überschuss- und Defizitzeiten, die sich insbesondere infolge der Wetterannahmen ergeben, sind notwendig.

Eine Verbesserung der Untersuchung durch eine differenziertere Betrachtung der Lastsituationen in den vernetzten Regionen ist nötig. Zudem sollten verschiedene Speichertechnologien, deren Einsatzmöglichkeiten und weitere Flexibilitätsoptionen in Betracht gezogen werden.

Danksagung

Die Autor(innen) danken dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur für die Finanzierung dieser Arbeit im Rahmen eines Promotionsvorhabens. Wir danken außerdem den Vertreter(innen) der Masterplanregionen für die Bereitstellung von Daten aus den Regionen. Besonderer Dank geht an Guido Pleßmann und Uwe Krien für die Unterstützung in allen Fragen zu Modellierung und Simulation und an das Reiner Lemoine Institut für den fachlichen Austausch.

Literatur

- [1] CIPRA: Energieautarke Regionen - Ein Hintergrundbericht der CIPRA. In: compact. 2010
- [2] Abegg, B.: Energy Self-sufficient Regions in the European Alps. In: Mountain Research and Development. 2011, 31, 367-371
- [3] Späth, P.: Understanding the Social Dynamics of Energy Regions - The Importance of Discourse Analysis. In: Sustainability. 2012, 4, 1256-1273
- [4] Institut dezentrale Energietechnologien: <http://www.100-ee.de/> [27.01.2015]
- [5] 100 % RES Communities: <http://www.100-res-communities.eu/> [27.01.2015], <http://www.res-league.eu/> [27.01.2015]
- [6] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: <http://www.wege-zum-bioenergiesiedorf.de/> [27.01.2015]
- [7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: <http://kommunen.klimaschutz.de/foerderung/kommunalrichtlinie/masterplan-100-klimaschutz.html> [27.01.2015]
- [8] Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung, Sondergutachten, Berlin, Januar 2011
- [9] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE): 100 % Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland, Freiburg, November 2012
- [10] Stadt Osnabrück: Masterplan 100 % Klimaschutz Osnabrück, Osnabrück, Juni 2014
- [11] Pleßmann, G., Erdmann, M., Hlusiak, M., Breyer, Ch.: Global Energy Storage Demand for a 100 % Renewable Electricity Supply. In: Energy Procedia. 2014, 46, 22-31
- [12] Guido Plessmann, Uwe Krien: Open Energy Modeling Framework (Oemof), <http://wiki.openmod-initiative.org/wiki/Oemof> [27.01.2015]
- [13] Zentrum für nachhaltige Energiesysteme, Reiner Lemoine Institut gGmbH: <http://www.znes.fh-flensburg.de/index.php?id=181> [27.01.2015]
- [14] ENTSO-E: Hourly load values of a specific country for a specific month, <https://www.entsoe.eu/data/data-portal/consumption/> [27.01.2015].

[15] Stackhouse PW, Whitlock CH, editors: Surface meteorology and solar energy (SSE) release 6.0. Langley: Earth Science Enterprise Program, National Aeronautic and Space Administration (NASA); 2008. NASA SSE 6.0, <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/> [27.01.2015].

[16] Gerlach, A., Stetter, D., Schmid, J., und Breyer, C.: PV and Wind Power – Complementary Technologies. In Proc. 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, 2011.

[17] Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit: Vom Projekt zum Prinzip – Masterplan für 100 % Klimaschutz für den Zukunftskreis Steinfurt, Köln, November 2013, im Auftrag des Kreises Steinfurt

[18] WEMAG AG:

https://www.wemag.com/ueber_die_wemag/ekostrategie/Energiespeicher/Batteriespeicher/

[27.01.2015]