

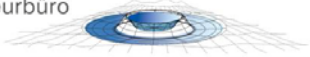
Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne

Vortrag am 28. November 2011

6. internationale Konferenz und Ausstellung
zur Speicherung erneuerbarer Energien
IRES 2011

im Berlin Congress Center
Alexanderstraße 11
10178 Berlin

MATTHIAS POPP
Ingenieurbüro


Erneuerbare Energien, Energiespeicherung
Simulationen, Software-Entwicklung

Dr.-Ing. Matthias Popp
Schönbrunn-Burgstraße 19
D-95632 Wunsiedel
Telefon: 09232 / 9933-10
Telefax: 09232 / 9933-40
matthias@POPWare.de
www.poppware.de



1

Sehr geehrte Damen und Herren,
vorab kurz einige Informationen zu meiner Person und meinem Büro.

[Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne](#) - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

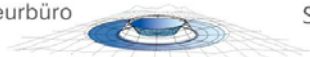
Dr.-Ing. Matthias Popp

- Jahrgang 1958
- Wunsiedel im Fichtelgebirge, Bayern
- 1983 Gründung des Ingenieurbüro Popp im 7. Studiensemester
- 1983 Diplom für Maschinenbau an der Fachhochschule Coburg
- Ingenieurbüro Popp, u. A. Softwareentwicklung für die Automobilindustrie
- 1989 Diplom für Maschinenbau an der TU München
- Stadtrat (CSU) und von 2002 bis 2008 ehrenamtlicher Zweiter Bürgermeister seiner Heimat- und Festspielstadt Wunsiedel im Fichtelgebirge sowie Aufsichtsrat der SWW Wunsiedel GmbH.
Dabei intensive Auseinandersetzung mit Fragen der Energieversorgung.

Im Zuge eines Projektvorschlages für ein Pumpspeicherkraftwerk im Fichtelgebirge erfolgte die Suche nach Antworten auf die Frage:

Wie können Energiespeicher einen Beitrag zu einer nachhaltigen regenerativen Stromversorgung leisten?

- 2010 Doktor-Ingenieur an der TU Braunschweig
- 2011 Finalist um den RWE Zukunftspreis 2011
- **MATTHIAS POPP** Erneuerbare Energien, Energiespeicherung
Ingenieurbüro Simulationen, Software-Entwicklung

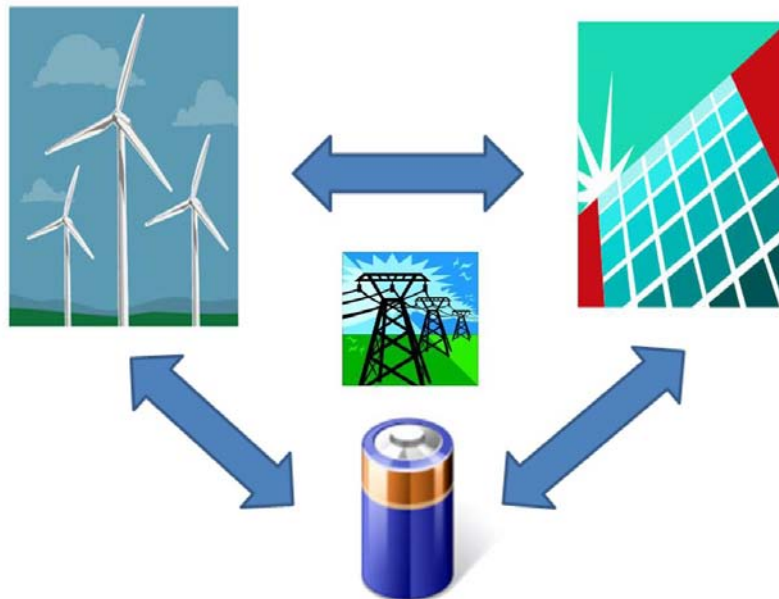


(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

2

Im letzten Jahr konnte ich mit dem Thema „Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit erneuerbaren Energien“ promovieren. Diese Doktorarbeit wird vom Springer Verlag als Buch herausgegeben.

Wind, Sonne und Speicher



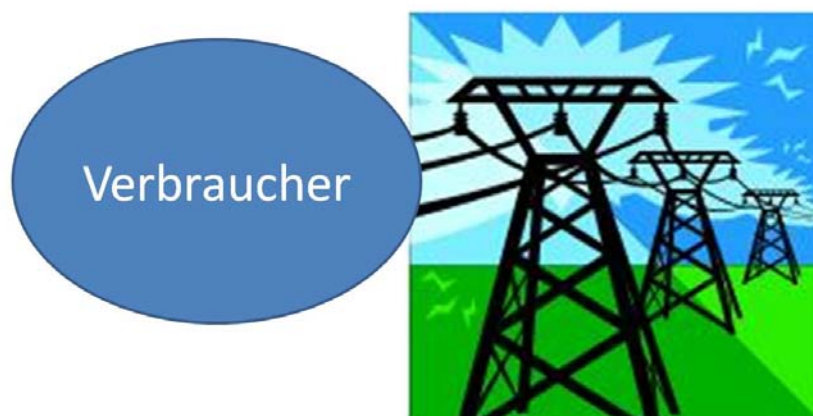
(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

3

In den meisten dicht besiedelten Ländern Europas muss sich eine regenerative Stromversorgung auf die großen Energiepotentiale von Wind und Sonne konzentrieren, wenn die Nachfrage nachhaltig gedeckt werden soll. Diese Energien stehen aber volatil, also wetterlaunig zur Verfügung. Durch Speichereinsatz können sie der Nachfrage angepasst werden.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Die Stromnachfrage



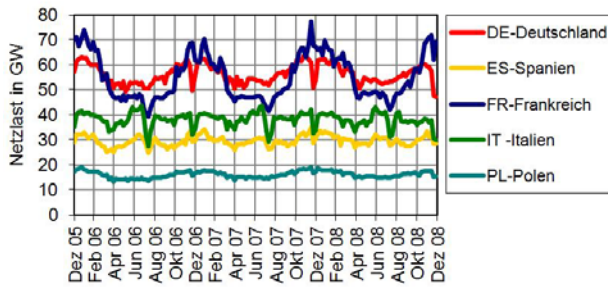
(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

4

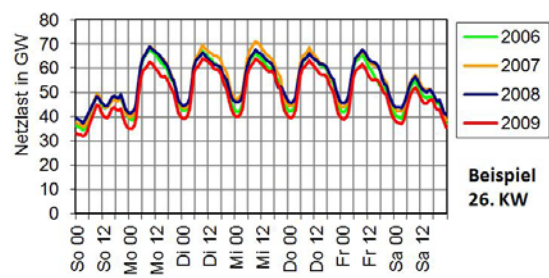
Betrachten wir kurz die Nachfrage nach elektrischer Leistung.

Der Stromverbrauch in Europa

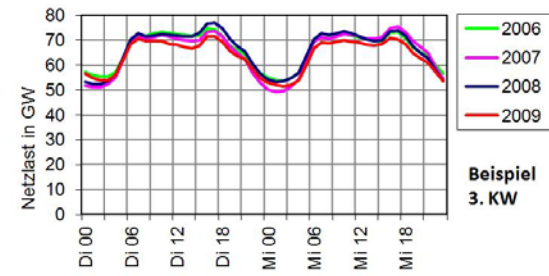
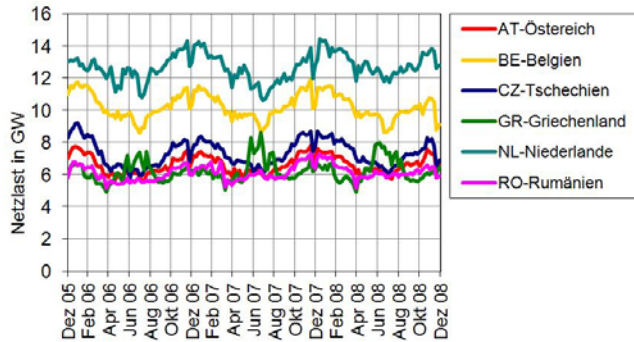
wöchentliche Netzlasten europäischer Länder



tageszeitliche Netzlasten in Deutschland



Beispiel 26. KW



Beispiel 3. KW

(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

5

Der Stromverbrauch in den europäischen Ländern ist im Normalfall im Winterhalbjahr höher als im Summer Er zeigt in Abhängigkeit von der Jahreszeit einen typischen Verlauf während einer Woche. Die Energiewirtschaft hat diese Versorgungsaufgabe in jedem Moment präzise zu erfüllen.

Windenergie



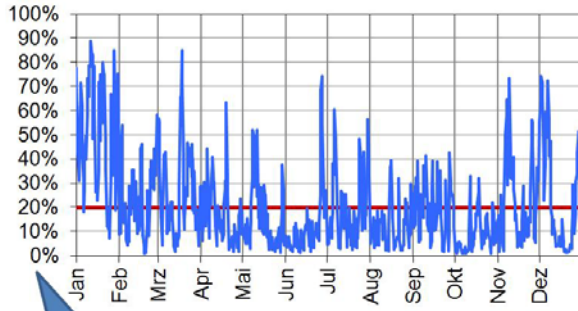
(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

6

Was kann Windenergie dazu beitragen?

Charakteristik der Windenergie

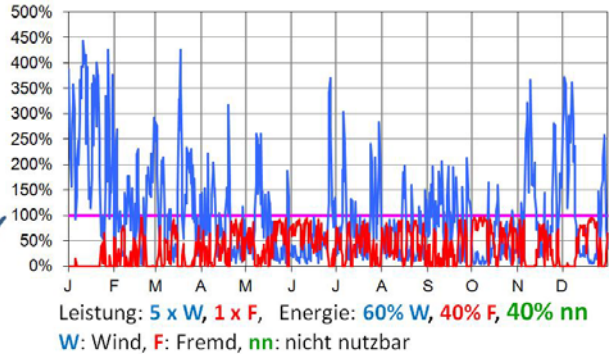
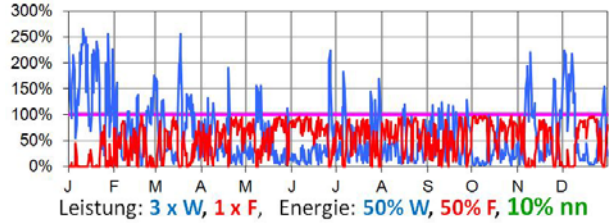
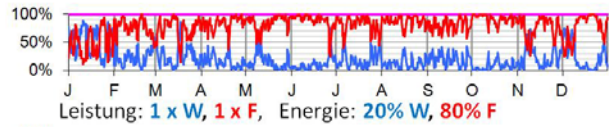
**Tatsächliche
Windstromeinspeisung in
Deutschland
beispielhaft für 2005 (blau)
Benutzungsgrad ca. 20%**



100% = installierte
Nennleistung

100% =
durchschnittliche
Nachfrage

Ausbauszenarien ohne Speicher



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

7

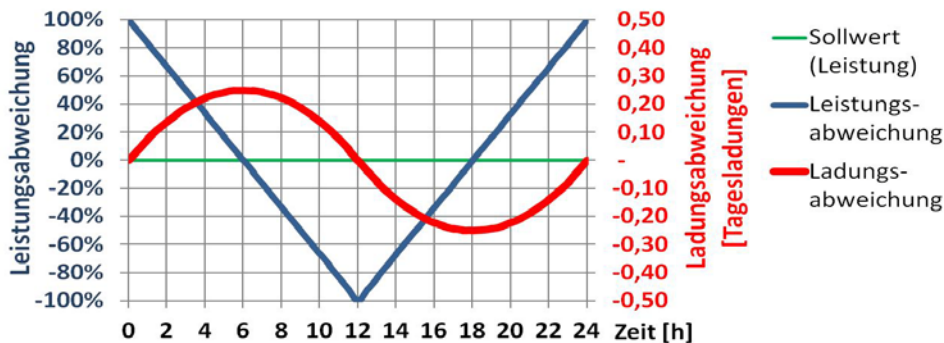
Die in den Windenergieanlagen installierte maximale Generatorleistung wird bei deutschlandweiter Betrachtung, wegen meist schwächerer Winde, praktisch nie erreicht. Ab und zu gibt es allerdings Flauten, in denen die Windstromproduktion auf null abfällt.

Immer dann, wenn der Windstrom nicht ausreicht, um die ihm zugeordnete Versorgungsaufgabe zu erfüllen, müssen andere Kraftwerke einspringen, um das Defizit auszugleichen.

Im Durchschnitt liefern die Windenergieanlagen in Deutschland etwa 20% der Leistung auf die sie ausgelegt sind. Zur Ermittlung der notwendigen Speichereigenschaften zum Ausgleich von Überschüssen und Defiziten sind die hier gezeigten Leistungsdiagramme aber nur eingeschränkt geeignet. Dazu wird die Ladungsabweichung eingeführt.

Ladungsabweichung

als charakteristisches Merkmal volatiler Stromquellen



Sie zeigt wie ein Speicher bewirtschaftet werden müsste, um aus einer volatilen Erzeugungsleistung eine konstante Versorgungsleistung zu machen. Leistungsüberschüsse würden einen Speicher aufladen und Defizite würden ihn entleeren.

Am Ende eines Untersuchungszeitraums hätte der Speicher wieder den anfänglichen Ladezustand. Mathematisch handelt es sich um das Integral der Durchschnittsleistungsabweichung über der Zeit.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Windenergie in Europa - Datengrundlage



Rastergebiete
90 x 90 km

Windgeschwindigkeit
100 Meter über Grund

1970 bis 2008

3-stündige Zeitschritte

Quelle:
Anemos Gesellschaft für
Umweltmeteorologie mbH

(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

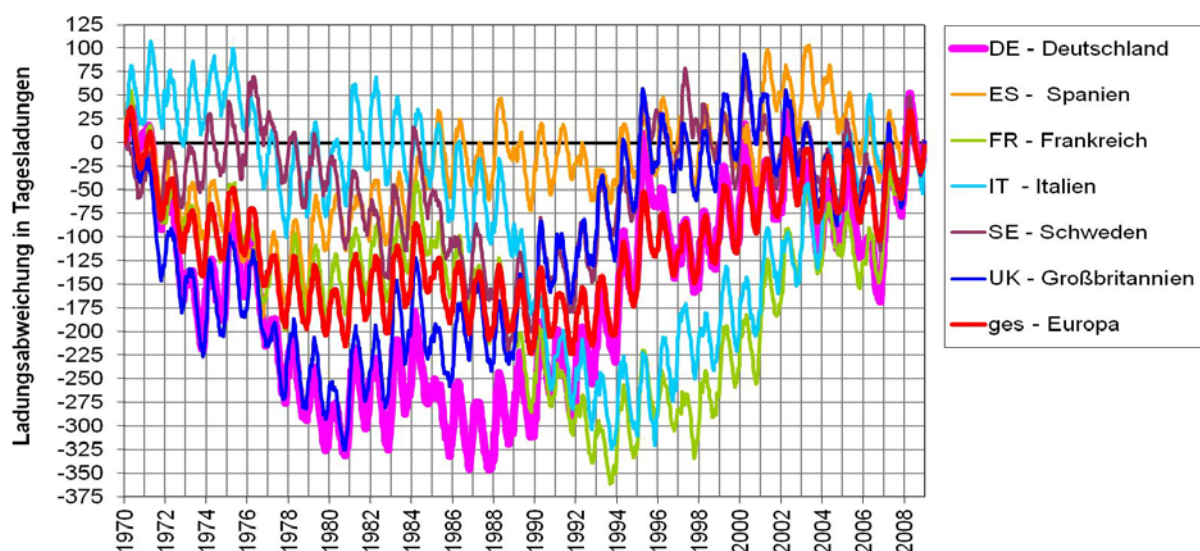
9

Mit diesem Konzept der Ladungsabweichung wurde die Windenergie in Europa untersucht. In dreistündigen Zeitschritten wurden die verfügbaren Windleistungen für alle europäischen Länder berechnet, die sich an den Kennlinien realer Windenergieanlagen orientieren. Der Vergleich dieser berechneten Werte mit den tatsächlichen Windstromspeisungen in Deutschland ergab eine gute Übereinstimmung. Diese Validierung schaffte Vertrauen in die angewandte Vorgehensweise. Betrachten wir nun die ermittelten Ladungsabweichungen.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Ladungsabweichung der Windenergie in Europa

für Windenergieanlagen mit 20% Benutzungsgrad



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

10

Für den Untersuchungszeitraum ergeben sich für einige große Stromverbrauchsländer und für Europa insgesamt die dargestellten Ladungsabweichungen.

In windschwachen Perioden kommt es zu einer Speicherleerung, in windstarken Perioden zu einer Speicheraufladung. Am Ende des Untersuchungszeitraums, in dem genau so viel Strom erzeugt wie verbraucht worden wäre, ist die Ladungsabweichung, wie am Anfang, wieder bei null.

Die Kurven zeigen erhebliche Unterschiede im jährlichen Windenergieangebot der einzelnen Länder. Die Ladungsabweichungen bauen sich in einigen Ländern über diesen Zeitraum hinweg zu Beträgen auf und wieder ab, die dem Stromverbrauch eines gesamten Jahres entsprechen.

Besonders zu beachten ist jedoch, dass es in allen Ländern Europas im Winter, wegen durchschnittlich stärkerer Winde zu einer Ladungszunahme und im Sommer, wegen durchschnittlich schwächerer Winde zu einer Ladungsabnahme in den Speichern käme.

Die bei der Windenergienutzung auftretende Ladungsabweichung hängt dabei stark von der Auslegung der Windenergieanlagen ab.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Erhöhung des Benutzungsgrads (Volllaststundenzahl)

- **größere Rotordurchmesser**
- **größere Nabenhöhen in Luftschichten mit höheren Windgeschwindigkeiten**

Die Windleistung

- erhöht sich mit dem Quadrat der Rotordurchmesser
doppelter Durchmessers => vierfache Leistung
- erhöht sich mit der Dritten Potenz der Windgeschwindigkeit
doppelte Windgeschwindigkeit => achtfache Leistung

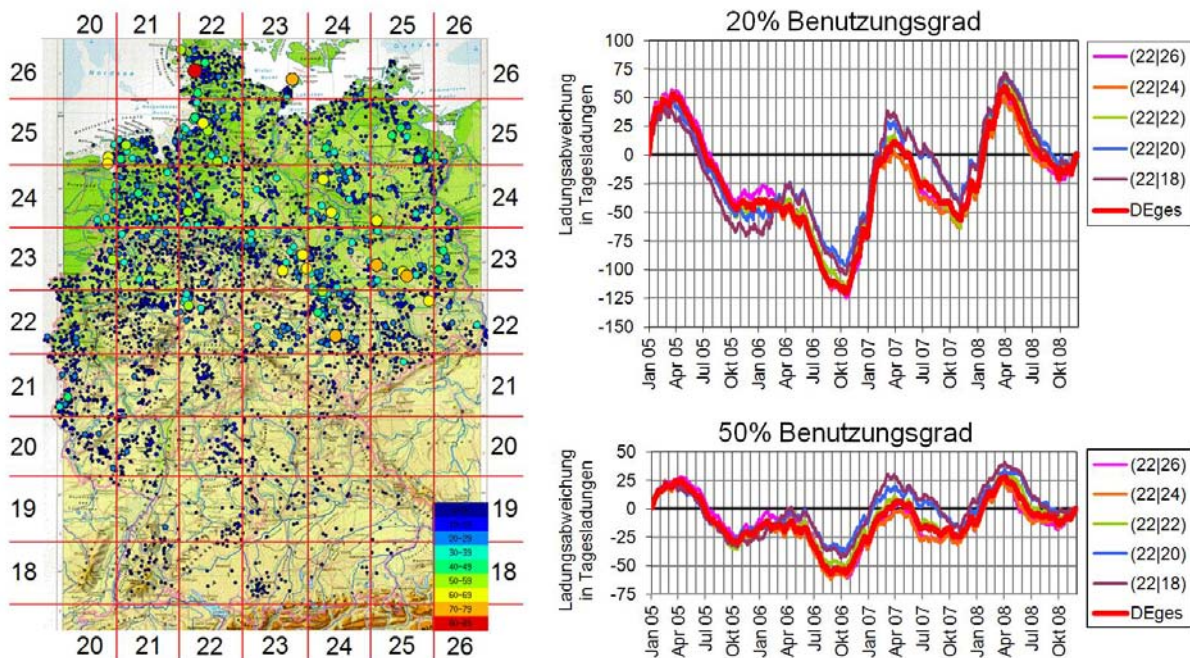
Wird bei diesen Maßnahmen die Nennleistung einer Windenergieanlage beibehalten, dann erhöht sich die im Durchschnitt abgegebene Leistung und damit der Benutzungsgrad **bei deutlich reduzierter Ladungsabweichung.**



Werden die Windenergieanlagen auf größere Volllaststundenzahlen oder gleichbedeutend auf einen höheren Benutzungsgrad ausgelegt, dann kann die Ladungsabweichung der damit umgewandelten Windenergie deutlich reduziert werden.

Einige Hersteller bieten bereits Windenergieanlagen an, die in diese Richtung weisen.

Benutzungsgrad und Ladungsabweichung



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

12

Herunter gebrochen auf Deutschland zeigt die Karte die Rastergebiete des verwendeten europäischen Windatlas. Vergleicht man die Ladungsabweichungen der einzelnen Gebiete Deutschlands, dann stellt man fest, dass die Kurvenverläufe alle sehr ähnlich sind. Die Diagramme zeigen beispielhaft für vier Jahre von Norden nach Süden die Ladungsabweichungen einiger Gebiete. Die Ähnlichkeit der Verläufe liegt daran, dass die Windverhältnisse in der Regel einem großräumigen Wettergeschehen folgen, das weit über die Grenzen einzelner Länder hinausreicht. Die Ausgleichseffekte durch eine leistungsstarke nationale Vernetzung werden sich deshalb bezüglich der Windenergie in Grenzen halten. Viel größer ist jedoch der Effekt, der sich über einen höheren Benutzungsgrad erzielen lässt.

Solarenergie



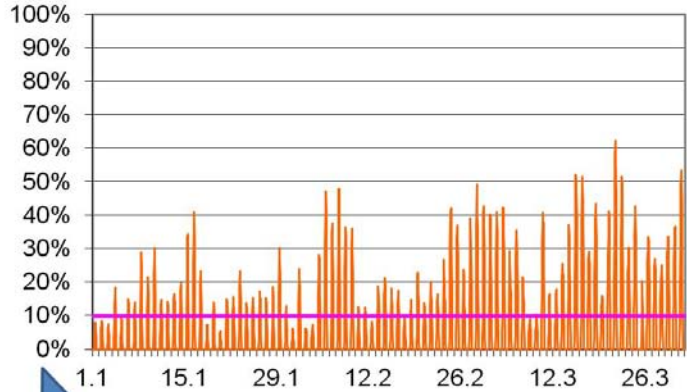
Betrachten wir nun in analoger Weise die Solarenergie.



Solarenergie Dargebot

tatsächliche Solarstrom einspeisung
in Deutschland im 1. Quartal 2005 (orange)

Benutzungsgrad, bezogen auf das Gesamtjahr ca. 10%

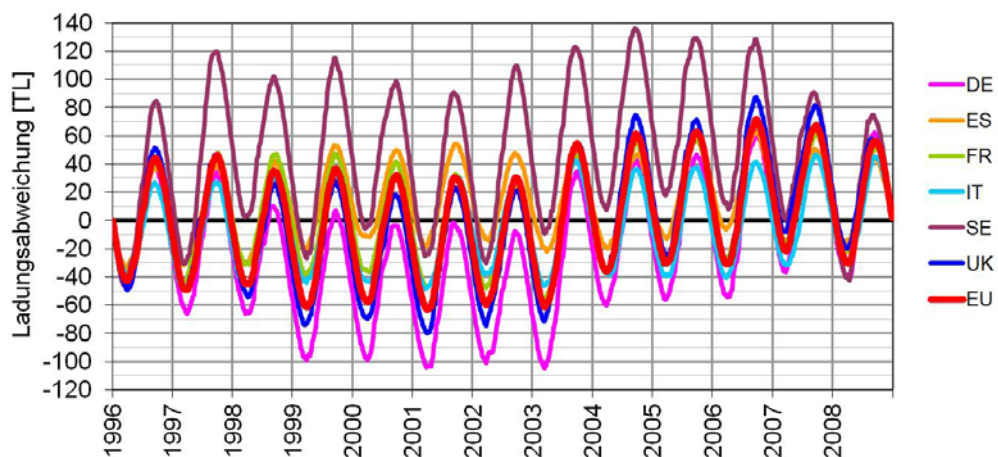


100% = installierte
Nennleistung

Dafür standen Globalstrahlungsdaten aus Meteosat Messungen zur Verfügung.

Die bekannten Verläufe der Einspeiseleistung in täglichen Pulsen erreichen im Langzeitdurchschnitt für Deutschland ca. 10% der mit Solarmodulen installierten Peakleistung. Auch dafür wurden die Ladungsabweichungen ermittelt.

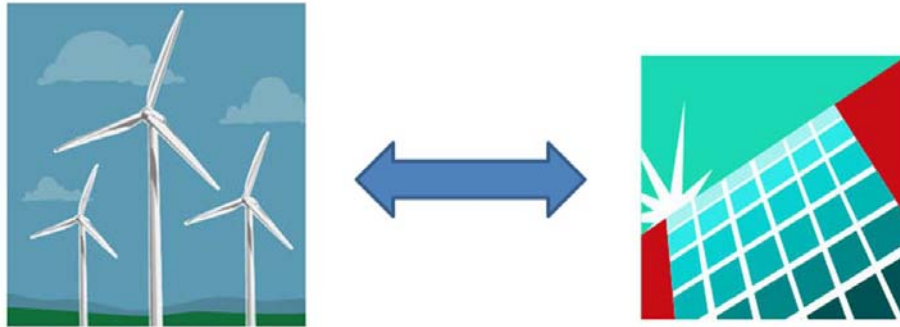
Ladungsabweichung einer Solarstromversorgung



Das Diagramm zeigt erwartungsgemäß, dass sich die Speicher im Sommer füllen und im Winter leeren würden.
Damit verhält sich die Ladungsabweichung der Sonnenenergie in Europa geradezu gegenläufig zur Ladungsabweichung der Windenergie.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Kombination von Wind und Sonne



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

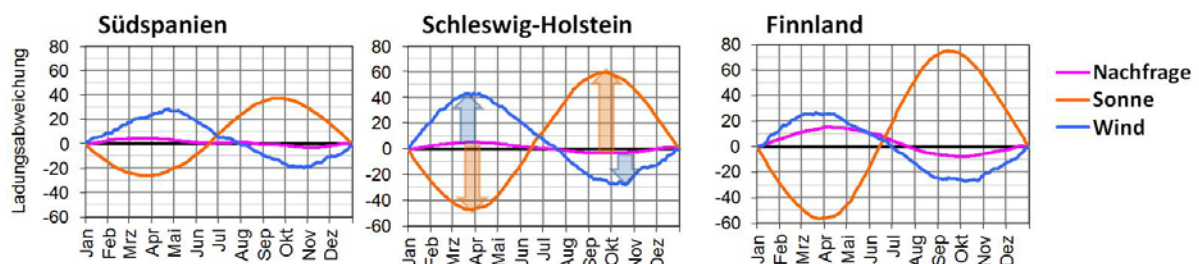
16

Daher liegt es nahe, über eine Kombination dieser beiden volatilen Energieressourcen nachzudenken.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

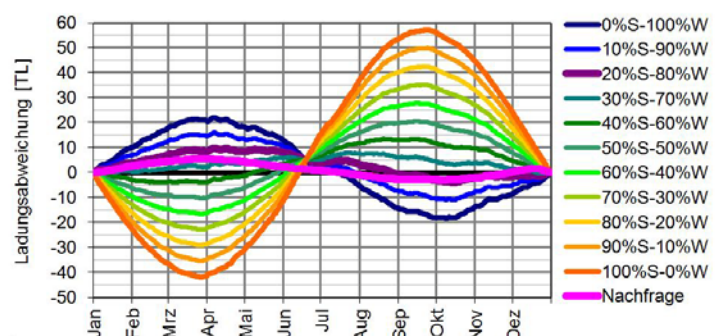
jahresdurchschnittliche Ladungsabweichungen

der Nachfrage sowie des Solar- und Windenergiedargebots in Beispielregionen



**Anpassung der
Ladungsabweichung durch
Kombination der Erzeugung
aus Wind und Sonne
an die Ladungsabweichung
der Nachfrage zur Minimierung
des Speicherbedarfs
für ein Gebiet in der Mitte
Deutschlands**

für Windenergieanlagen mit 50% Benutzungsgrad



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

17

Zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse werden die drei Ladungsabweichungen von Wind, Sonne und Nachfrage auf einen Jahreszeitraum zusammengefasst.

Die Summe der blauen Pfeile im Beispiel für Schleswig-Holstein gibt die Speicherkapazität wieder, die dort ein bedarfsgerechter Ausgleich der Windenergie erfordern würde.

Die Summe der beiden orangen Pfeile ergibt die erforderliche Speicherkapazität analog für einen bedarfsgerechten Ausgleich einer reinen Fotovoltaik Versorgung.

Die Erzeugungsbeiträge von Wind und Sonne können für jede Region und jedes Land so aufeinander abgestimmt werden, dass sie in Summe eine minimale Abweichung von der regionstypischen Nachfrage aufweisen.

Über den damit ermittelten optimalen Erzeugungsmix lässt sich die maximal erforderliche Speicherkapazität minimieren.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Reale Versorgung und Speicherbedarf



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

18

Reale Versorgungssysteme müssen mit verlustbehafteten Speichern und mit verlustbehafteten Übertragungsnetzen zurechtkommen.

Speicher können zudem nur über begrenzte Kapazität und Übertragungsnetze nur über begrenzte Übertragungsleistungen verfügen.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Sichere Stromversorgung durch Erzeugungsreserven

Erzeugungsreserven

dienen neben dem

Ausgleich von Speicher- und Übertragungsverlusten

auch dazu,

verbrauchsstarke und/oder erzeugungsschwache Jahre mit begrenzten Speicherkapazitäten sicher überbrücken zu können.

(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

19

Damit sich damit trotzdem eine sichere und jederzeit bedarfsgerechte Stromversorgung aufbauen lässt, sind Erzeugungsreserven erforderlich. Diese erlauben es, im Langzeitdurchschnitt mehr volatile Energie in elektrischen Strom umzuwandeln, als tatsächlich verbraucht wird. Erzeugungsreserven werden benötigt, um nach Flaute Phasen und erzeugungsschwächeren Perioden die Speicher immer wieder aufladen zu können.

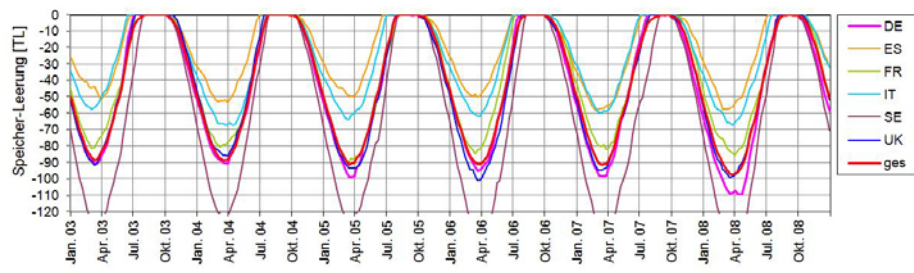
Die Speicherbewirtschaftung, die sich unter realen, technisch umsetzbaren Bedingungen ergäbe, ist in den nachfolgenden Speicherleerungskurven dargestellt.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

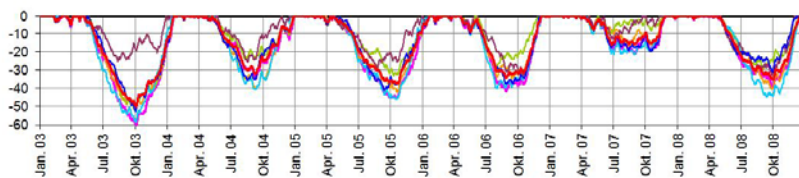
Speicherleerungskurven bei 30% Erzeugungsreserve

Solarenergie
mit leistungsverstärkten
Speichern

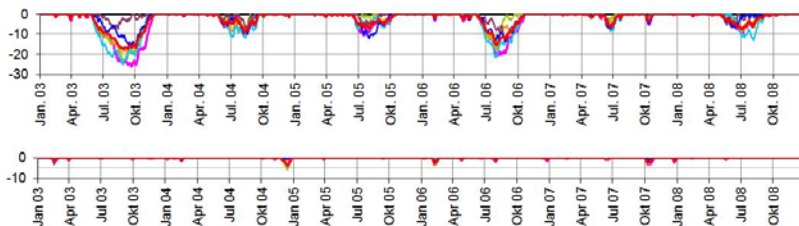
mit 80%
Speicherwirkungsgrad
bei leistungsstarker
kontinentaler Vernetzung



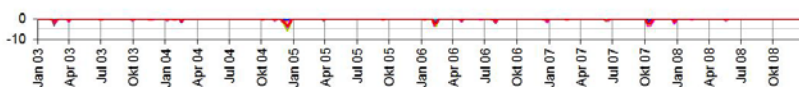
Windenergie mit
20% Benutzungsgrad



Windenergie mit
50% Benutzungsgrad



optimierte Kombination
aus Sonne und Wind
mit 50% Benutzungsgrad



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

20

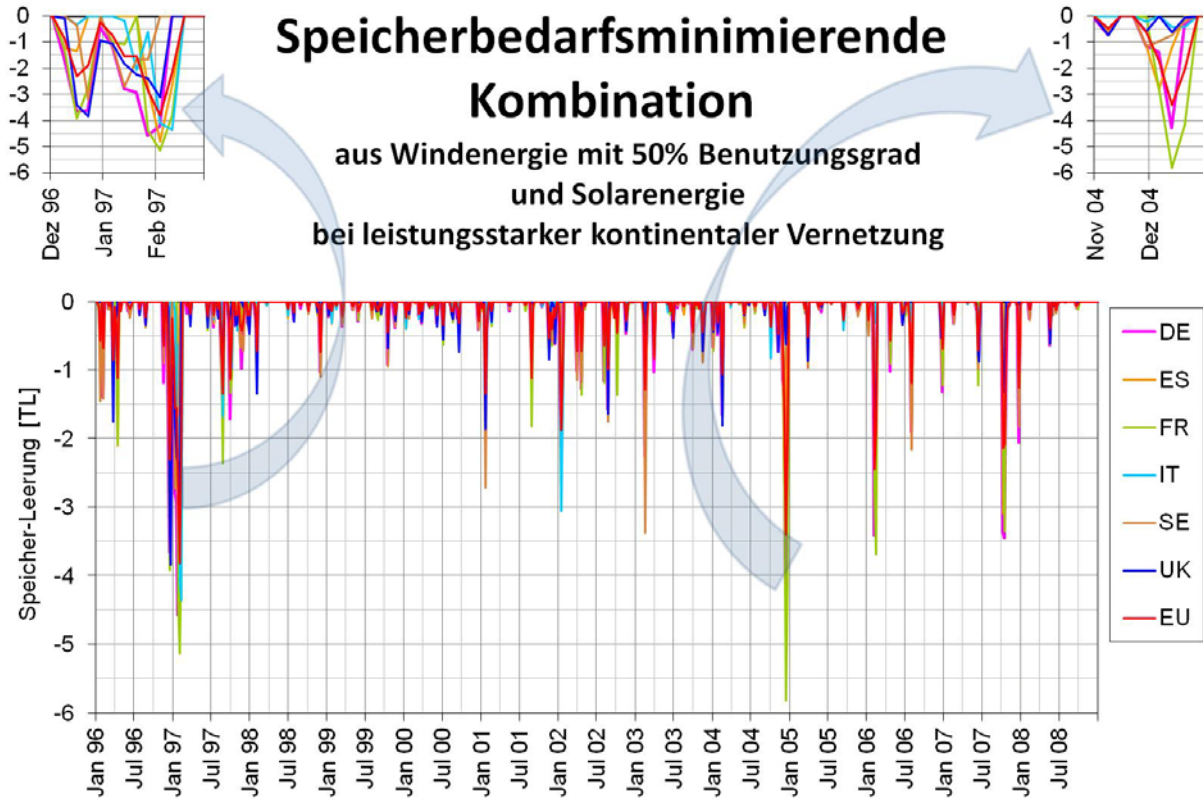
Eine Versorgung mit technisch umsetzbaren Systemen würde bei einer reinen Fotovoltaik Versorgung die größten Speicherleerungen am Ende des Winters mit teilweise über 100 Tagesladungen aufweisen.

Windenergie mit dem niedrigen, derzeit in Deutschland feststellbaren Benutzungsgrad von ca. 20% hätte die größten Speicherleerungen mit bis zu 60 Tagesladungen am Ende des Sommers.

Windenergie mit höherem Benutzungsgrad könnte die Speicherleerung und damit die für eine sichere Stromversorgung erforderliche Speicherkapazität auf ca. 26 Tagesladungen reduzieren.

Ein optimaler Mix dieser beiden Energiearten würde eine drastische Reduzierung der maximal notwendigen Speicherkapazität bewirken.

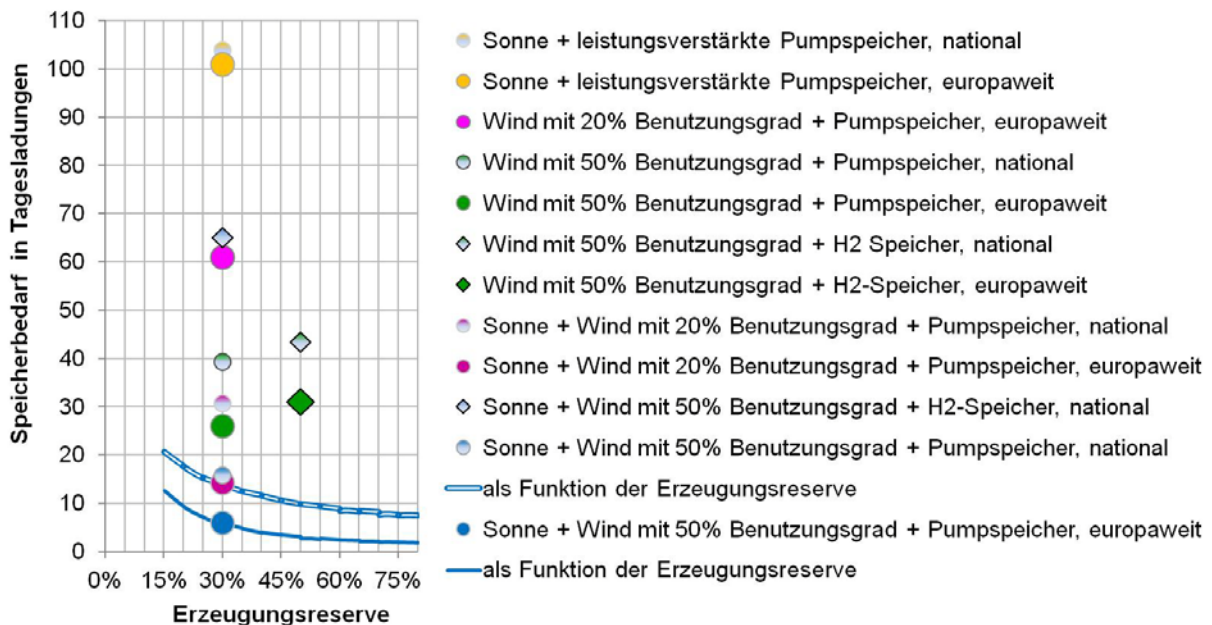
Diese Verhältnisse werden im nächsten Diagramm in einem größeren Maßstab genauer aufgezeigt.



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

Man erkennt, dass es nur alle paar Jahre, während des Winters, zu einer bedeutenden Inanspruchnahme der Speicherkapazität käme. Häufig würden die Speicher über viele Monate hinweg mit weniger als einer halben Tagesladung beansprucht. Meistens wären die Speicher gut gefüllt.

Wie groß müsste die „Batterie“ sein?



Annahmen: Pumpspeicherwirkungsgrad 80%, H2-Speicherwirkungsgrad 40%, keine Selbstentladung, länderübergreifender Fernübertragungswirkungsgrad 95%

(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

Eine Reihe von Untersuchungsergebnissen ist in diesem Diagramm zusammengefasst.

Jede in diese Darstellung eingetragene Lösung steht für ein regeneratives Versorgungssystem, das die Nachfrage versorgungssicher bedarfsgerecht decken könnte.

Alleinige Sonnenenergie würde den größten Speicherbedarf erfordern. Eine leistungsstarke länderübergreifende Vernetzung könnte ihn kaum reduzieren.

Windenergie mit 20% Benutzungsgrad würde mit normalen Pumpspeichersystemen nur unter Ausnutzung der Ausgleichseffekte einer leistungsstarken länderübergreifenden Zusammenarbeit funktionieren und ca. 60 Tage Kapazität erfordern.

Windenergie mit 50% Benutzungsgrad benötigt mit 26 Tagesladungen deutlich weniger Speicherkapazität und ermöglicht mit ca. 40 Tagesladungen auch im nationalen Alleingang eine sichere bedarfsgerechte Versorgung.

Eine speicherbedarfsminimierende Kombination aus Sonne und Wind mit niedrigem Benutzungsgrad von 20% würde national ca. 30 Tage, bei europaweitem Zusammenwirken ca. 14 Tage Speicherkapazität erfordern.

Eine speicherbedarfsminimierende Kombination aus Sonne und Wind mit hohem Benutzungsgrad von 50% würde national mit ca. 14 und europaweit mit ca. 6 Tagesladungen Speicherkapazität auskommen.

Speicher mit niedrigem 40% Wirkungsgrad würden bei Windenergie mit 50% Benutzungsgrad und 50% Erzeugungsreserve national Speicher für ca. 43, europaweit für ca. 31 Tage erfordern.

Bei einer optimierten Erzeugung kann bei diesem niedrigen Wirkungsgrad mit einer Speicherkapazität von ca. 65 Tagesladungen eine bedarfsgerechte Versorgung bei 30% Erzeugungsreserve noch funktionieren.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Pumpspeicher



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

23

Die in Deutschland verfügbare Pumpspeicherkapazität entspricht ca. einer 36-stel Tagesladung der durchschnittlichen Stromnachfrage.

Zur Speicherung einer Kilowattstunde Energie, die heute für ca. 20 Cent aus der Steckdose bezogen werden kann, ist bei Pumpspeichern ca. eine Tonne Wasser auf 400 Meter Höhe zu heben.

Für eine regenerative Stromversorgung Deutschlands auf der Basis von Wind und Sonne und ohne weitere Rückgriffmöglichkeit auf fossile und nukleare Energieträger würde das bedeuten, ...

Erforderliche Speicherkapazität

Speicherbedarf Deutschlands im nationalen Alleingang:

bei optimierten Erzeugungsstruktur mit Strom allein aus Wind und Sonne mit 30% Erzeugungsreserve

Kapazität ca. 20 TWh, Leistung ca. 90 GW

entspricht ca. **14 Tagesladungen** der Durchschnittsnachfrage,

erfordert ca. **500 Mal die vorhandene Speicherkapazität**

Speicherbedarf Deutschlands im europäischen Verbund:

bei optimierten Erzeugungsstruktur mit Strom allein aus Wind und Sonne mit 30% Erzeugungsreserve

Kapazität ca. 9 TWh, Leistung ca. 90 GW

entspricht ca. **6 Tagesladungen** der Durchschnittsnachfrage,

erfordert ca. **200 Mal die vorhandene Speicherkapazität,**

leistungstarken Ausbau der europäischen Stromnetze und einen Ausbau der Wind- und Solarenergie in allen Ländern Europas

(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

24

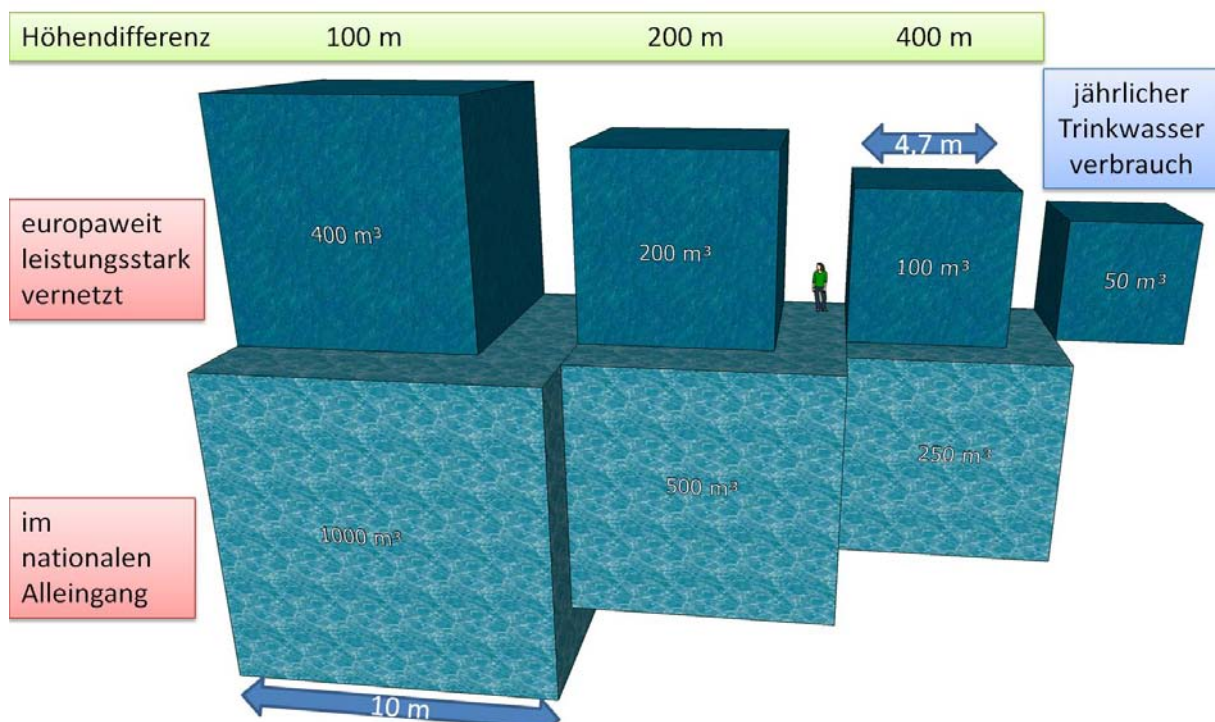
..., dass im nationalen Alleingang die derzeit vorhandene Speicherkapazität in etwa zu ver-500-fachen wäre.

Bei einer sich aus heutiger Perspektive leider nicht abzeichnenden optimalen europaweiten Kooperation würde sich immer noch ein ca. 200-facher Speicherbedarf ergeben.

Die sich dabei im Falle von Pumpspeichersystemen ergebenden Wasservolumina pro Kopf der Bevölkerung sind nachfolgend maßstabsgetreu dargestellt.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Wasserbedarf zur Energiespeicherung pro Person



(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

25

Die notwendige Speicherkapazität pro Kopf würde je nach länderübergreifenden Ausgleichseffekten, die sich erzielen lassen, zwischen 100 und 250 Kilowattstunden betragen.

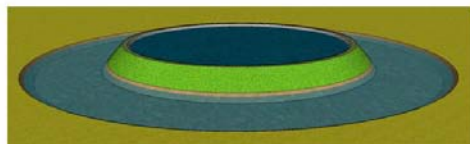
Je nachdem, wie groß sich die mittleren Höhenunterschiede der Wasserflächen von Pumpspeichersystemen realisieren ließen, läge das erforderliche Austauschvolumen pro Einwohner damit zwischen 100 m³ und 1000 m³.

Als denkbare geotechnische Realisierungsoption derartiger Speichersysteme stelle ich Ihnen in der Poster Ausstellung das Ringwallspeicherkonzept vor.

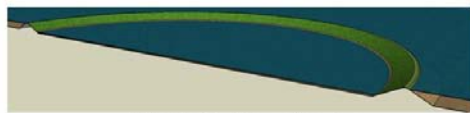
Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Ringwallspeicher

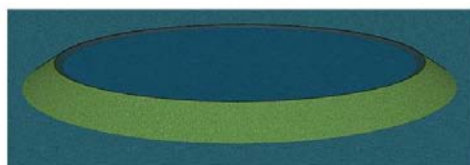
als geotechnische Option zur Schaffung großer Speicherkapazitäten



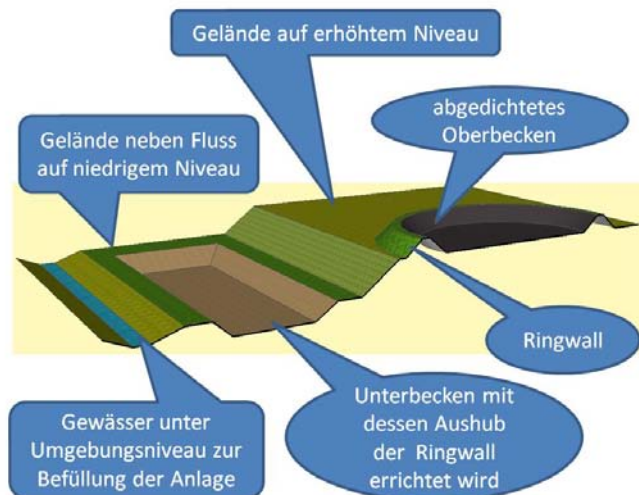
für das „flache Land“



für tiefe Gewässer



für flache Gewässer



bei natürlichen Höhenunterschieden

doppelte geometrische Abmessungen schaffen 16-fache Speicherkapazität

(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

26

Damit können auch in Gebieten, die für klassische Pumpspeichersysteme nicht in Frage kommen, große Speicherkapazitäten mit hohem Wirkungsgrad errichtet werden, weil dabei große Höhenunterschiede geschaffen oder natürlich vorhandene Höhenunterschiede vergrößert werden können. Die Geometrie dieser Speicher führt mit zunehmender Größe zu einem rasanten Anwachsen der Kapazität. Besuchen Sie mich gerne bei der Poster Ausstellung, um weitere Informationen darüber zu bekommen oder im persönlichen Gespräch mehr darüber zu erfahren.

Zum Schluss

Eine sichere, robuste und bedarfsgerechte zu 100% regenerative Stromversorgung erfordert heute eine Windenergieanlage pro ca. 1300 Einwohner, dazu pro Einwohner ca. 20 m² Solarmodulfläche und beispielsweise ca. 40 m² Wasserfläche für wirkungsgradstarke, dezentral, gut über das Land verteilte Stromspeicheranlagen.

Zusammen beansprucht das ca. 1% der Landesfläche.

Im Vergleich dazu würde eine 100%-ige Stromversorgung mit Biomasse pro Einwohner ca. 2200 m² oder nahezu die Hälfte der Landesfläche Deutschlands erfordern.

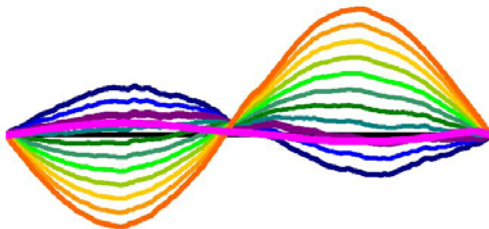
(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

27

Eine sichere und bedarfsgerechte zu 100% regenerative Stromversorgung ist heute eine reale Option. Für die Umsetzung gibt sowohl erzeugungsseitig als auch bei den Speichertechnologien große Spielräume und Optimierungspotentiale. Es geht dabei weniger um eine technische oder finanzielle Herausforderung als vielmehr um eine gesellschaftliche Willensbildung sowie die Schaffung geeigneter rechtlicher und betriebswirtschaftlicher Rahmenbedingungen, welche die erforderlichen Investitionen in Gang bringen.

Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit Wind und Sonne - Vortrag zur IRES 2011 im Berlin Congress Center am 28.11.2011

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Kommen Sie gerne auf mich zu, um für Ihren Bereich und für Ihre bevorzugten Speicherlösungen einen geeigneten Erzeugungs-Mix und eine ganzheitliche Systemauslegung zu ermitteln.

MATTHIAS POPP
Ingenieurbüro

Erneuerbare Energien, Energiespeicherung
Simulationen, Software-Entwicklung

Dr.-Ing. Matthias Popp
Schönbrunn-Burgstraße 19
D-95632 Wunsiedel
Telefon: 09232 / 9933-10
Telefax: 09232 / 9933-40
matthias@POPPware.de
www.poppware.de

(C) Dr.-Ing Matthias Popp, Burgstraße 19, 95632 Wunsiedel, www.poppware.de

28

Nun stehe ich Ihnen für Fragen gerne zur Verfügung.