

■ Komplementäres Kraftwerk

Zu: „Der Wandel der Stromnetze“ von Patrick Wittenberg, April 2014, S. 45

Der Autor spricht meiner Kenntnis nach erstmalig deutlich aus, dass sich im Rahmen der Energiewende die Verteilungsnetzbetreiber von reinen Netzbetreibern zu Systembetreibern entwickeln müssen. Damit ist u. a. gemeint, dass sie ihre regionalen Niederspannungs- (NS) und Mittelspannungsnetze (MS), ggf. auch Hochspannungsnetze (HS), in die PV- und Windenergie-Anlagen (WEA) fluktuierend einspeisen, stabil halten müssen. Da der Autor nicht angibt, wie das geschehen könnte, sei hier kurz das Konzept eines Komplementärkraftwerkes (KomK) skizziert, das die Stabilisierung regionaler Netze leisten kann.

Das KomK ist z. B. an ein MS angeschlossen, in das WEA und PV-Anlagen, ggf. über das NS ungesteuert einspeisen. Die ebenfalls an dieses Netz aus MS und NS angeschlossenen Verbraucher nutzen es wie bisher auch. Das KomK besteht aus zwei Subsystemen, einem, das dem Netz Strom entnimmt und diesen speichert, wenn mehr eingespeist wird, als die übrigen Verbraucher benötigen, und einem anderen, das die fehlende Strommenge einspeist, die von den Verbrauchern benötigt, aber von den WEA und PV-Anlagen am Netz zurzeit nicht eingespeist wird. Geregelt (oder gesteuert) wird nur das KomK mit seinen beiden Subsystemen und zwar nach dem aktuellen Zustand (Frequenz) des betreffenden regionalen Netzes. Diese Regelung kann auch so eingerichtet sein, dass nur die Fluktuationen ausgeregelt werden, sodass die übergeordneten Netze nur einen konstanten oder sich langsam ändernden Verbrauch oder Einspeisung registrieren und diese Netzschwankungen wie bisher schon ausregeln.

Ein solches Komplementärkraftwerk kann z. B. aus einer Elektrolyseur-Anlage und einem Gaskraftwerk bestehen. Die Elektrolyseur-Anlage dient zur Stromspeicherung. Der von ihr erzeugte Wasserstoff wird direkt ins Gasnetz eingespeist.



Westnetz GmbH

Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

Das Gaskraftwerk dient zur Stromerzeugung. Die Energie dazu entnimmt es dem Gasnetz wieder.

Mit der Erstellung solcher Komplementärkraftwerke kann gleich begonnen werden. Sie sollten möglichst direkt an regionale Netze angeschlossen werden, um die Regelverfahren und Regelalgorithmen zu entwickeln und für die entsprechende Region zu optimieren. Dabei sollten die regionalen Netzbetreiber bei Bedarf auf entsprechende systemtechnische Unterstützung zugreifen können.

Wilhelm Mecklenbrauck

Erwiderung von P. Wittenberg:

Das von Herrn Mecklenbrauck skizzierte Verfahren, Strom in Zeiten des Überschusses (bei viel Wind und viel Sonne) in Form von Wasserstoff im Erdgasnetz zwischen zu speichern und bei erhöhtem Bedarf mittels Gaskraftwerken wieder zu verstromen, kann sehr nützlich sein, um den bilanziellen Ausgleich zwischen Verbrauch und Erzeugung zu erleichtern. Hierzu gibt es bereits heute diverse Pilot- und Testanlagen, wie z. B. auch von der Westnetz GmbH in Kooperation mit der RWE Deutschland AG, um insbesondere den Elektrolyseprozess in einem intermittierenden Betrieb zu erproben.

Grundsätzlich können an die Verteilungsnetze angeschlossene Netzspeicher jeglicher Art, wie z. B. Batteriespeicher, Schwungradspeicher etc., zu einer „Entlastung“ der regionalen Netze beitragen. Hierbei ist es jedoch wichtig zu beachten,

dass zur Entlastung der Netze die Speicher netzgetrieben (also vom Netzbetreiber gesteuert) und nicht marktgetrieben eingesetzt werden müssten. Andernfalls könnte dieses sogar zu einer Verschlechterung der Netzsituation beitragen. Da jedoch die Speichertechnologien derzeit sehr preisintensiv sind, müssen bei derartigen Überlegungen stets Kosten und Nutzen genau abgewogen werden.

■ Falsche Kostenrechnung

Zu: „Perspektiven der Photovoltaik“ von Wilfried Hoffmann, Februar 2014, S. 21 und Leserbriefe, April 2014, S. 14

Im April 2014-Heft hat Herr Hoffmann auf einige kritische Leserbriefe zu seinem Artikel geantwortet. Da Herr Hoffman in seiner Rechnung ein grob falsches Bild der Kostensituation von Akkumulatoren als Solarspeicher gezeichnet hat, möchte ich darauf eingehen.

In der Rechnung wurde ein nicht genau spezifizierter Preis von weniger als 500 Euro für eine Speicherkapazität von 1 kWh eines Akkumulators angenommen. Gleichzeitig wurde angenommen, dass der Speicher 5000 volle Ladezyklen verwendet werden kann. Daraus wurde ein Preis von etwa 5 Eurocent pro gespeicherter Kilowattstunde ermittelt. Dies lässt vermuten, dass ein Preis von 250 Euro/kWh angenommen wurde und dies durch 5000 Ladezyklen geteilt wurde. Als Gesamtpreis für den Strom wurde mit der Annahme von 10 ct/kWh Solar-

Dr. Wilhelm Mecklenbrauck, Ulm

Bernhard Gleich,
Philips Technologie
GmbH Hamburg

Sascha Trippe, PhD,
Assistant Professor,
Seoul National Uni-
versity, South Korea

**Prof. Dr. Ulrich
Mosel,** JLU Giessen

strom 15 ct/kWh angegeben. Diese Rechnung spiegelt die realen Eigenschaften von bekannten Akkumulatoren nicht wider. Akkumulatoren haben nicht nur eine beschränkte Anzahl von (effektiven) Vollladezyklen, sondern auch eine beschränkte zeitliche Lebensdauer von etwa 10 Jahren. Selbst wenn jeden Tag ein Vollzyklus gefahren werden würde, sind dies in 10 Jahren nur 3652 Vollzyklen. Die Annahme von einem Vollzyklus pro Tag ist natürlich auch nicht realistisch. Man kommt mit Szenarien für eine Vollversorgung Deutschlands aus Wind und Photovoltaik auf 10 bis 40 (effektive) Vollzyklen pro Jahr. Der freie Parameter ist der Anteil der erzeugbaren, aber nicht genutzten Energiemenge. Damit kommt man mit den 250 Euro/kWh Akkumulator zu Speicherkosten zwischen 50 und 250 Euro/kWh. Diese Rechnung ist konsistent mit den Abschätzungen in der Doktorarbeit von Matthias Popp, in der für ein nationales Szenario 14 Tagesladungen (Tagesverbräuche) an Speicherbedarf angegeben wird, also etwa 20 TWh.¹⁾ Für den angegebenen Akkumulatorpreis sind das 5 Billionen Euro, oder – bei 10 Jahren Lebensdauer des Speichers – 500 Milliarden Euro pro Jahr. Umgerechnet auf die Kilowattstunde ergibt dies etwa 1 Euro Speicherkosten.

Diese Rechnung ist natürlich nicht vollständig, da weitere Kosten wie Netzertüchtigung, Gebäudekosten, Kühlung/Klimatisierung, Stromrichter, Zinsen, Wirkungsgradverluste und Wartung fehlen. Wenn man einen Speicherpreis von 5 ct/kWh als erträglich erachtet, scheint es notwendig zu sein, die Speichersystemkosten auf 12 Euro/kWh zu drücken, also auf ein Vierzigstel der aktuellen Akkumulatorkosten (500 Euro/kWh). Die Erhöhung der Lebensdauer hilft bei der Kostenreduzierung. Durch Zinseffekte ist die Auswirkung allerdings relativ begrenzt. Zinsen sind übrigens auch auf die Umweltwirkung zu „zahlen“, da eine frühere CO₂-Emission wahrscheinlich gravierendere Auswirkungen hat als eine spätere.

Bernhard Gleich

■ Dunkle Materie? Gibt es nicht!

Zu: „Dunkle Materie bleibt im Dunklen“ von Rafael Lang, März 2014, S. 18

Der bemerkenswerte Eröffnungssatz „Aufgrund einer Vielzahl von astrophysikalischen Beobachtungen [...] wissen wir heute, dass Dunkle Materie existiert“ ist leider charakteristisch für ein weit verbreitetes Missverständnis: Die Astrophysik behauptet nichts dergleichen. Ausgehend von der Annahme, dass auf astronomischen Skalen das Newtonsche Gravitationsgesetz gilt, finden astronomische Beobachtungen von Galaxien und Galaxienhaufen eine systematische Diskrepanz zwischen beobachtbarer Masse (Sterne und interstellare Materie) und dynamischer Masse (abgeschätzt aus der Stärke von Gravitationsfeldern). Dafür gibt es (mindestens) zwei mögliche Erklärungen: (1) Etwa 85 % der dynamischen Masse in Galaxien und Galaxienhaufen ist „unsichtbar“ für elektromagnetische Strahlung – „Dunkle Materie“ eben; oder (2) das Newtonsche Gravitationsgesetz muss modifiziert werden.

Seit etwa zehn Jahren deuten mehr und mehr astronomische Beobachtungen darauf hin [1, 2], dass des Rätsels Lösung in einem modifizierten Gravitationsgesetz zu suchen ist: Das Verhältnis von dynamischer und beobachteter Masse von Galaxien ist eine Funktion der Gravitationsfeldstärke; die vierte Potenz der Geschwindigkeit (und nicht die zweite wie in Newtons Gesetz) von Sternen in Galaxien ist proportional zur beobachteten Galaxienmasse (Tully-Fischer- und Faber-Jackson-Beziehungen); das Verhältnis der Masse von Scheibengalaxien zu ihrer Fläche ist proportional zum Quadrat der Gravitationsfeldstärke (und nicht linear proportional wie in Newtons Gesetz) usw. Alle Beobachtungen sind in sehr guter Übereinstimmung mit einem modifizierten Gravitationsgesetz, das 1983 von Mordehai Milgrom vorge schlagen wurde [3] und unter dem Namen „modifizierte Newtonsche Dynamik“ (MOND) bekannt ist.

Teilchenphysiker sollten natürlich nicht aufhören, nach unbe-

kannten Teilchen und Kandidaten für Dunkle Materie zu suchen, aber sie sollten auch im Hinterkopf behalten, dass es diese Dunkle Materie wahrscheinlich nicht gibt.

Sascha Trippe

- [1] B. Famaey und S. S. McGaugh, *Living Rev. Relativ.* **15**, 10 (2012)
- [2] S. Trippe, *Z. Naturforsch. A* **69**, 173 (2014)
- [3] M. Milgrom, *Astrophys. J.* **270**, 365 (1983)

Erwiderung von R. Lang:

In der Tat lassen sich die Beobachtungen auf galaktischen Größenordnungen durch MOND elegant erklären. Sowohl bei Galaxienhaufen als auch über kosmologische Distanzen hat MOND allerdings deutliche Schwierigkeiten. Dass diese alternative Sichtweise zurzeit nicht dieselbe Verbreitung findet wie die der Dunklen Materie, ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass diese rein empirische Modifikation der ansonsten so eleganten Einsteinschen Theorie unbegründet bleibt, während zusätzliche Teilchen aufgrund einiger Ungeheimheiten im sehr erfolgreichen Standardmodell der Teilchenphysik sowieso zu erwarten sind. Für mich stellt sich daher die spannende Frage, wieso sich die Dunkle Materie auf galaktischen Skalen so verhält wie durch MOND beschrieben.

■ Sicherung des Waffenarsenals

Zu: „Trägheitsfusion – Durchbruch oder Werbegag“ von Markus Roth, April 2014, S. 18

Da der „Durchbruch“ bei der Trägheitsfusion es sogar in die Zeitungsseiten geschafft hatte, ist es sicherlich nützlich, hier eine physikalisch sachliche Darstellung des Standes dieser Entwicklungen zu lesen.

Trotzdem fehlt in dem Artikel ein ganz wichtiger Punkt, den der Autor (im 2. Absatz) nur kurz anreißt, wo er schreibt, dass die Trägheitsfusion auch „... der Sicherung des nuklearen Arsenal (Stockpile Stewardship)“ dient. Das ist reichlich verniedlichend ausgedrückt.

Die Arbeiten am NIF zielen ganz wesentlich auch darauf ab, eine

1) M. Popp, Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit erneuerbaren Energien, Springer, Heidelberg (2010)

2) Der Brief ist unter www.fas.org/betheltr.htm zu finden.

3) C. Macilwain, *Nature* **387**, 439 (1997)

4) www.princeton.edu/sgs/publications/sgs/pdf/7_2Jones.pdf

5) www.ucsus.org/assets/documents/nwgs/stockpile-stewardship-management-plan-summary-fy2011.pdf