

DIE ERHÖHUNG DES WERTES ERNEUERBARER EINSPEISUNG DURCH PUMPSPEICHERKRAFTWERKE

Thomas NACHT(*)¹, Heinz STIGLER¹

Inhalt

Getrieben durch eine zunehmende ökologische Sensitivität ist die Elektrizitätswirtschaft heute durch das Streben nach einer immer höheren Durchdringungsrate regenerativer Erzeugung gekennzeichnet. Die 20-20-20-Ziele der EU schreiben einen Anteil von 20% erneuerbarer Erzeugung am Gesamtenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 vor. In Deutschland, das in den letzten Jahren eine Vorreiterrolle im Ausbau von Windkraft und Photovoltaik eingenommen hat, sind erneuerbare Anteile an der Stromerzeugung von 35% bis 2020 vorgesehen.

Eine große Herausforderung im Umgang mit diesen hohen Durchdringungsraten erneuerbarer Erzeugung stellt deren Dargebotsabhängigkeit dar. Diese hat zur Folge, dass Photovoltaik und Laufwasserkraft im Mittel eine höhere Erzeugung im Sommer aufweisen. Eine hinsichtlich Lastcharakteristik vorteilhafteren Jahresverlauf zeigt die Windkraft, die im Winter tendenziell mehr Produktion aufweist als im Sommer. Windkraft, Wasserkraft und Photovoltaik verbindet, dass der sichere Beitrag zur Jahreshöchstlastdeckung im Verhältnis zur installierten Leistung eher gering ausfällt, oder im Fall der Photovoltaik in unseren Breiten nicht existent ist. Diese Eigenheit in Kombination mit den erwünschten hohen Durchdringungsraten erneuerbarer Erzeugung verlangt danach, Möglichkeiten zu finden, die erzeugte regenerative Energie vom Zeitpunkt des Dargebots zum Zeitpunkt des Bedarfs zu verlagern.

Methodik

Es sollen Pumpspeicherkraftwerke (PSKW) gezielt eingesetzt werden, um vorzugsweise erneuerbare Erzeugung aus Niedriglastzeiten in die Zeiten hoher Lasten zu verschieben. Der Einsatz der PSKW hat zum Ziel die Restlast (Last abzüglich erneuerbarer Einspeisung abzüglich eventueller Turbinenleistung zuzüglich eventueller Pumpleistung), welche der thermische Residualkraftwerkspark decken muss, zu jedem Zeitpunkt unter einer Restlastgrenze (berechnet als %-Anteil der Jahreshöchstlast) zu halten. Wodurch die notwendige Vorhaltung thermischer Kraftwerke minimiert werden kann.

Untersucht wird, welchen Beitrag die unterschiedlichen erneuerbaren Einspeiser zur Lastreduktion in den Hochlastzeiten leisten können, sowie welchen Anteil sie zur Deckung der Jahreshöchstlast beitragen und welches Verhältnis von eingespeister zu installierter Leistung sich ergibt. Eine Erhöhung dieser Werte lässt sich durch einen gezielten PSKW-Einsatz erreichen. Um eine Aussagekraft über die Auswirkungen des Pumpspeichereinsatzes auf den Beitrag zur Spitzenlastdeckung der einzelnen erneuerbaren Erzeugungstypen zu erhalten stammt die erneuerbare Einspeisung, mit der das System beaufschlagt wird, jeweils nur von einer erneuerbaren Quelle.

Die Untersuchungen werden aufgrund der Vorreiterrolle Deutschland beim Ausbau erneuerbarer Energieerzeugung auf Deutschland beschränkt.

Zum Vergleich der Auswirkungen des gezielten PSKW-Einsatzes wird das System einmal mit einem Anteil erneuerbarer Erzeugung von 5% (etwa 27 TWh) des Jahresstrombedarf von 2010 beaufschlagt und einmal mit einem Anteil von 35%, ebenfalls am Jahresstrombedarf von 2010 bemessen (etwa 187 TWh). Der restliche Bedarf wird durch konventionelle Kraftwerke gedeckt. Die erneuerbare Einspeisung wird dabei jeweils immer nur aus einer Quelle (Wind, Laufwasser, PV) bereitgestellt. Die stündlichen Einspeisewerte stammen aus Modellen auf Basis der jeweiligen Primärenergieträger (Windgeschwindigkeit, Durchfluss und Globalstrahlung), deren Datengrundlage mehrere Jahre umfasst. Dadurch ergeben sich bei gegebener installierter Leistung je Erzeugungstyp mehrere unterschiedliche Einspeisezeitreihen.

¹ Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation, TU Graz, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, +43 316 873 7911., +43 316 873 107911, thomas.nacht@tugraz.at, iee.tugraz.at

Für den koordinierten Einsatz der PSKW werden zwei unterschiedliche Einsatzstrategien festgelegt. Beide Strategien haben zum Ziel, dass die Restlast, mit der das thermische System belastet wird, über das ganze Jahr einen gewissen Wert nicht überschreiten darf. Diese Grenze definiert somit den Zeitpunkt, ab dem ein PSKW in den Turbinenbetrieb gehen muss. Die beiden Einsatzstrategien unterscheiden sich hinsichtlich des Zeitpunktes, an dem die PSKW pumpen dürfen. Für die Einsatzstrategie 1 (ES1) darf das PSKW zu jedem beliebigen Zeitpunkt pumpen, solange die oben beschriebene Restlastgrenze eingehalten ist. Für die Einsatzstrategie 2 (ES2) darf das PSKW erst bei Erreichen einer unteren Restlastgrenze einen Pumpbetrieb in Erwägung ziehen.

Unter Berücksichtigung der europäischen Potentiale für Pumpspeicherung werden verschiedene PSKW-Kapazitäten für die weiteren Berechnungen festgelegt. Anhand dieser Größen und den Zeitreihen erneuerbarer Einspeisung und Optimierungen in GAMS lässt sich ermitteln welche Restlastgrenzen im System realisierbar sind und welche Pump- und Turbinenleistungen dafür notwendig sind. Dabei wird nach erneuerbarem Erzeugungstyp und Einsatzstrategie unterschieden und verglichen. Nach der Ermittlung der erreichbaren Restlastgrenzen wird der Anteil der direkten und indirekten erneuerbaren Einspeisung an der Lastreduktion ermittelt. Unter dem direkten Anteil versteht man jenen Teil, den die erneuerbare Einspeisung zum jeweiligen Zeitpunkt leistet. Der indirekte Anteil umfasst erneuerbare Erzeugung, die zu einem anderen Zeitpunkt eingespeist und durch das PSKW zeitlich verschoben wurde. Neben dem Anteil für die Lastreduktion lässt sich aus den erneuerbaren Zeitreihen die Minimaleinspeisung zum Zeitpunkt der Jahresspitze errechnen, sowie den dazugehörigen indirekten Beitrag durch das PSKW.

Dadurch lassen sich Wind-, Laufwasserkraft und PV hinsichtlich ihres Beitrags zur Spitzenlastdeckung vergleichen und ableiten, welcher Mehrwert sich hinsichtlich Versorgungssicherheit aus einer Kombination von erneuerbarer Einspeisung und gezieltem Pumpspeicherkraftwerkseinsatz ergibt.

Ergebnisse

Der grundsätzliche Effekt der zeitlichen Verlagerung erneuerbarer Einspeisung (indirekte Einspeisung) stellt sich unabhängig von der gewählten Einsatzstrategie ein. Die beiden Strategien unterscheiden sich hinsichtlich der erreichbaren Restlastgrenze bei gegebener Speichergröße. Durch Verwendung der ES1 lassen sich geringere Restlastgrenzen erreichen als durch einen Betrieb nach ES2. Eine geringere Restlastgrenze ist von Vorteil da die notwendige Vorhaltung thermischer Kraftwerke geringer ist. Hinsichtlich der verschiedenen erneuerbaren Einspeisungen zeigt sich, dass die Restlastgrenzen sehr ähnlich sind, wobei ein exklusiver Einsatz von Laufwasserkraft zu den besten

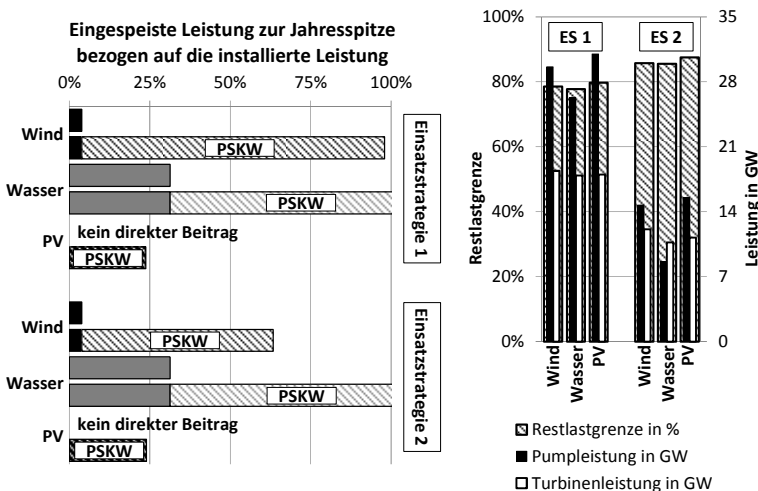


Abbildung 1: Ausgewählte Ergebnisse zur Spitzenlastdeckung durch Erneuerbare in Kombination mit Speicher (links) und resultierende Restlaststufen (rechts)

zu installierter Leistung zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast zeigt, dass das minimale Verhältnis, resultierend aus den Einspeisezeitreihen, durch den gezielten Einsatz von PSKW stark angehoben wird. Die besten Ergebnisse resultieren bei der Laufwasserkraft gefolgt von Windkraft und PV.

Ergebnissen führt.

Vorteilhaft verhält sich die ES2 wenn es zur Betrachtung der Lastreduktion durch direkte und indirekte erneuerbare Einspeisung kommt. Hier werden bei einem Einsatz der PSKW nach ES2 tendenziell höhere Werte erreicht. D.h. es wird bei der ES2 mehr erneuerbare Energie verpumpt als bei der ES1. Beiden Einsatzstrategien ist jedoch gemein, dass durch den gezielten Einsatz der Anteil der erneuerbaren Einspeisung zur Lastreduktion (von Residuallast auf Restlastgrenze) stark erhöht wird. Die Betrachtung des Verhältnisses aus eingespeister