

# Zuverlässigkeit und Instandhaltung virtueller Kraftwerke

Erste Ergebnisse aus dem vom BMWi geförderten Forschungsprojekt HERA-VPP (High Efficiency, Reliability, Availability of Virtual Power Plants)

**J. Hirsch M.Sc., Dipl.-Ing. S. Faulstich, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES, Kassel**

## **Kurzfassung**

Vor dem Hintergrund der steigenden Bedeutung von virtuellen Kraftwerken untersucht das Vorhaben HERA-VPP (High Efficiency, Reliability, Availability of Virtual Power Plants) die Zuverlässigkeit und Instandhaltung von einzelnen Energiesystemtechnologien im kombinierten Betrieb eines virtuellen Kraftwerks.

Für eine zukunftsfähige Aufstellung für den Strommarkt 2.0 ist eine engere Abstimmung, nicht nur des Betriebs der unterschiedlichen Systemtechnologien unter der Berücksichtigung von möglichen Ausfällen, sondern auch der zugehörigen Instandhaltungsprozesse notwendig. Hierfür muss aus den gesammelten Informationen bzw. Daten aus der Instandhaltung eine Datengrundlage geschaffen werden, mit der Zuverlässigkeitskennwerte auf vergleichbarer Basis für das Gesamtsystem generiert werden können. Mit diesen Kennwerten sowie den Daten aus Marktpreis- und Wetterprognosen kann das langfristige Ziel einer gesteigerten „monetären Gesamtsystemverfügbarkeit“ erreicht werden und somit eine kostengünstige und zuverlässige Stromversorgung realisiert werden.

## **Abstract**

Given the increasing importance of virtual power plants, the project HERA VPP (High Efficiency, Reliability, Availability of Virtual Power Plants) investigates the reliability and maintenance of individual power system technologies in combined operation of a virtual power plant.

For the future viability for the electricity market 2.0 a stronger harmonisation is necessary, on the one hand for the operation of the different system technologies, taking possible failures into account and on the other hand for the associated maintenance processes. For this purpose a data base of collected information and data from the maintenance must be created, in order to generate reliability characteristics on a comparable basis for the entire system. With these characteristics, in combination with market price and weather forecasts, the long-term goal of increased "overall monetary system availability" can be achieved and therefore a cost-effective and reliable power supply can be realized.

## **1. Motivation**

Die Struktur des Energieversorgungssystems in Deutschland hat sich durch den stetigen Ausbau der Erneuerbaren Energien in den letzten Jahren stark verändert. So beträgt der Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Bruttostromerzeugung im Jahr 2014 bereits 25,8 %, bis zum Jahr 2035 soll dieser Anteil auf 55–60 % steigen [1].

Diese Entwicklung stellt das deutsche Stromnetz und den Energiemarkt vor neue Herausforderungen. Als ein Ansatz sich dieser Herausforderung zu stellen, hat sich in jüngerer Vergangenheit das Konzept des virtuellen Kraftwerks bewährt. Durch den Zusammenschluss vieler kleiner dezentraler Energiesystemtechnologien sowie durch das koordinierte Zusammenspiel, gesteuert von einer gemeinsamen Zentrale, können notwendige Systemdienstleistungen und eine bedarfsgerechte Stromversorgung zu jeder Zeit realisiert werden [2].

Vor dem Hintergrund der steigenden Bedeutung der virtuellen Kraftwerke beschäftigt sich die Vorstudie HERA-VPP (High Efficiency, Reliability, Availability of Virtual Power Plants) mit der Zuverlässigkeit und Instandhaltung der einzelnen Systemtechnologien im kombinierten Betrieb eines virtuellen Kraftwerks. Da Stromanbieter ihre Kunden zunehmend aus einem Portfolio unterschiedlicher Technologien erneuerbarer Energien versorgen, müssen die Auswirkungen von Ausfällen wegen technischer Fehler oder geplanter Wartungsarbeiten beschrieben, analysiert und weiterer Forschungsbedarf sowie Optimierungspotenziale daraus abgeleitet werden. Während die Zuverlässigkeit und Instandhaltung einzelner Technologien – dezentrale Erzeuger auf der einen Seite, Speicher und flexible Lasten auf der anderen Seite, sowie diverse Netzkomponenten als Bindeglied – bereits Gegenstand von Forschungsarbeiten sind, wurde dem kombinierten Betrieb eines derartigen Portfolios bislang noch wenig Beachtung geschenkt [3].

## **2. Zielsetzung**

Das übergeordnete Ziel von HERA-VPP ist die Wirkung der Zuverlässigkeit der wichtigsten einzelnen Komponenten im zukünftigen Stromversorgungssystem zu untersuchen. Dabei wird sowohl auf die Gesamtverfügbarkeit als auch auf mögliche Synergieeffekte und Kostensenkungspotenziale in Betrieb und Instandhaltung eingegangen.

HERA-VPP hat den Systemgedanken im Fokus. Einerseits wird betrachtet, wie sich die technische Verfügbarkeit der Einzeltechnologien darstellt und wie sich deren Gesamtverfügbarkeit in der zukünftigen Stromversorgung einstellen wird. Aufgrund der dezentralen Struktur, der Größe der einzelnen Erzeugungseinheiten und ihrer schieren

Anzahl wird sich das Ausfallrisiko möglicherweise statistisch verteilen und das Risiko von Netzausfällen grundsätzlich verringern.

Andererseits ergeben sich aufgrund der Dezentralität hohe anteilige Kosten durch Betriebsführung und Instandhaltung, die durch verbesserte Instandhaltungsstrategien gesenkt werden können. Auch hier müssen zukünftig nicht die Einzeltechnologien getrennt, sondern gemeinsam betrachtet werden. Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt ganz eindeutig, dass größere Betreiber gemischte Portfolios, bestehend aus Wind-, PV- und Biogasanlagen, betreiben. Besonders im Kontext des virtuellen Kraftwerks kommt der Betriebsführung und Instandhaltung eine verstärkte Bedeutung zu, da durch den Betrieb eines gemischten Portfolios Synergien geschaffen werden können und so ein zusätzliches Kostensenkungspotenzial für Betrieb und Instandhaltung geschaffen wird [3].

### **3. Vorgehen**

Im ersten Schritt erfolgte eine Betrachtung der einzelnen Energiesysteme und ihrer Komponenten im Hinblick auf den Stand der Technik im Bereich des Ausfallverhaltens und der Instandhaltungsprozesse. Die Untersuchung umfasste die einzelnen Technologien zur Stromerzeugung und die Energiesystemtechnologien zum Betrieb des virtuellen Kraftwerks. Bei den Erzeugungstechnologien wurden die erneuerbaren Energien Wasserkraft, Windenergie, Photovoltaik und Biogas betrachtet. Um einen Vergleich mit der aktuellen Situation zu ermöglichen, wurde parallel das Zuverlässigkeitsverhalten des konventionellen Kraftwerksparks dargestellt. Das virtuelle Kraftwerk zeichnet sich insbesondere durch den Einsatz verschiedener Energiesystemtechnologien aus, welche die unterschiedlichen Erzeugungseinheiten zu einem zuverlässigen virtuellen Kraftwerk verknüpfen. In diesem Bereich wurden sowohl Energiespeicher und regelbare Lasten als auch die Stromnetze und die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) untersucht.

Im nächsten Schritt erfolgte die Transformation der Einzelsysteme ins Gesamtsystem. Hierzu wurde ein Instandhaltungs- und Zuverlässigkeitsmodell für das Gesamtsystem aufgebaut. Durch Änderungen im Systemaufbau oder durch eine Variation der Technologien können die Auswirkungen auf die Systemverfügbarkeit untersucht werden.

### **4. Ergebnisse**

#### **4. 1 Datengrundlage**

Die Untersuchung im Bereich der Gesamtsystemzuverlässigkeit zeigt, dass durch Monitoring und geeignete Instandhaltungsstrategien eine gezielte Verbesserung der Gesamtsystemverfügbarkeit realisierbar ist.

Moderne präventive Instandhaltungsstrategien können den Aufwand für die Instandhaltung verringern, ohne die Verfügbarkeit der Systeme negativ zu beeinträchtigen. Basierend auf einem großen Datenbestand lassen sich statistische Aussagen hinsichtlich der Zuverlässigkeit des einzelnen Energiesystems und dessen Komponenten treffen. Die gesammelten Informationen bzw. Daten aus der Instandhaltung liefern die notwendige breite Datengrundlage, mit der Zuverlässigkeitskennwerte auf vergleichbarer Basis für das Gesamtsystem generiert werden können. Sie müssen dazu jedoch auf langjährige Betriebserfahrungen bzw. eine große statistische Datenbasis (Zuverlässigkeits-Kennwerte) zurückgreifen.

Für eine zukunftsfähige Aufstellung für den Strommarkt 2.0 sind daher ausreichende Kenntnisse über das Betriebs- und Zuverlässigkeitsverhalten der Einzelsysteme im kombinierten Betrieb eines virtuellen Kraftwerks notwendig. Denn nur so können ungeplante Kraftwerksausfälle reduziert und damit eine höhere Fahrplantreue erreicht sowie Ausgleichsenergiekosten vermieden werden. Auch stehen so weitere Möglichkeiten auf dem Energiemarkt wie beispielsweise flexiblere Instandhaltung oder weitere Vermarktungsoptionen auf dem Intraday-Markt offen.

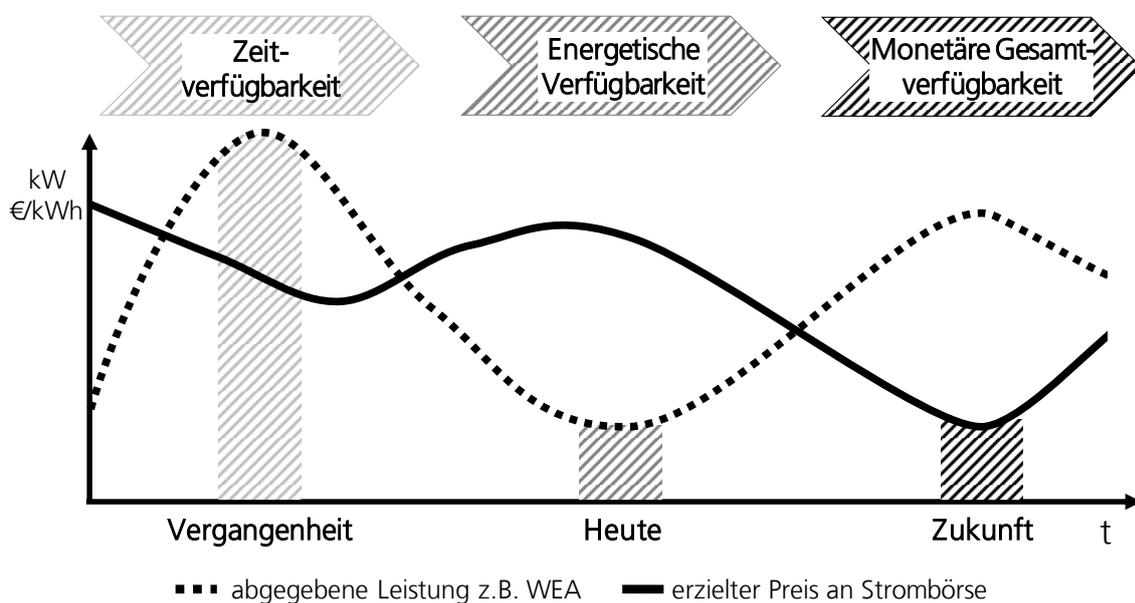
Auf dem heterogenen Energiemarkt mit einer Vielzahl an Unternehmen, diversen Energiesystemtechnologien und verschiedensten Anlagenkonzepten und -typen sowie unterschiedlichsten Standortbedingungen muss jedoch festgestellt werden, dass eine entsprechende Datenbasis bislang nicht vorhanden ist. Es gibt einige Initiativen mit dem Ziel, eine breite Datenbasis für einzelne Technologien aufzubauen. Auch sind schon Standards für eine einheitliche und systematische Kennzeichnung von Anlagen (z.B. RDS-PP) und Fehlern verfügbar [4].

#### **4.2 „Monetäre Gesamtverfügbarkeit“ als langfristiges Ziel für den Energiemarkt**

Die Gesamtsystemzuverlässigkeit stand bislang nicht im Fokus. Eine ausreichende Kenntnis über das Betriebs- und Zuverlässigkeitsverhalten des Gesamtsystems bietet jedoch viele Potenziale, wie Bild 1 verdeutlicht.

Die Verfügbarkeit von Anlagen wurde in der Vergangenheit meist nach der technischen bzw. Zeitverfügbarkeit bemessen. Ein Maß für die zeitliche Einsatzbereitschaft einer Anlage mit Berücksichtigung der Anlagenstillstände. Beispielsweise wurde die Instandhaltung bei einer Windenergieanlage auch zu Zeiten eines vergleichsweise hohen Windaufkommens vorgenommen. Da allgemein bei volatilen Erzeugern der Zeitraum für den Stillstand eine wesentliche Rolle spielt, wurde in jüngerer Zeit zur Definition einer „energetischen Verfügbarkeit“ übergegangen [5]. Hierdurch werden z.B. Instandhaltungsmaßnahmen in

Zeiten mit geringem Windaufkommen verschoben und es können so höhere Energieerträge erzielt werden. (Bild 1, Annahme gleiche Dauer der Instandhaltungsmaßnahmen, dargestellt in Balken). Langfristig geschieht ein Paradigmenwechsel und das Gesamtsystem bekommt eine andere Wertigkeit. Verschiedene Mechanismen wie Netzauslastung und Einspeisung konkurrieren schon jetzt durch den zunehmenden Anteil an regenerativen Energien miteinander. Für die Wirtschaftlichkeit einer Anlage wird zukünftig eine Ausrichtung des Betriebs und der Instandhaltung nach dem erzielbaren Marktpreis erfolgen, d.h. einer Optimierung nach der monetären Gesamtverfügbarkeit des virtuellen Kraftwerks, denn nur so ist eine zukunftsfähige Aufstellung für den Strommarkt 2.0 möglich.



**Bild 1: Verschiedene Definitionen der Verfügbarkeit für Energiesysteme über die Zeit am Beispiel einer Windenergieanlage (WEA)**

[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Erneuerbare Energien im Jahr 2014. Berlin: Öffentlichkeitsarbeit 2015

[2] Aichele, C.; Doleski, O. D.: Smart Market. „Vom Smart Grid zum intelligenten Energiemarkt“. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014

[3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Forschungsjahrbuch Erneuerbare Energien 2014. Berlin: Öffentlichkeitsarbeit 2015

[4] VGB PowerTech e.V.: VGB-Standard- Anwendungsrichtlinie, Teil 32: Windkraftwerke. Essen: VGB-Regelwerk 2014

[5] Reich, G.; Reppich, M.: Regenerative Energietechnik. „Überblick über ausgewählte Technologien zur nachhaltigen Energieversorgung“. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2013