



Foto 1: De Wijk van Morgen: Auf dem grenzüberschreitenden Innovationspark AVANTIS (ent-) stehen realisierbare Zukunftsprojekte für Siedlung & Gewerbe – hier zu sehen das von Studenten der Zuyd Hogeschool errichtete Flexhouse.

Energiewende 2.0 – die revolutionäre Transformation der Netze

Die Erneuerbaren Energien (EE) haben sich bestens entwickelt, vor allem im Stromsektor. Doch weil die Stromnetze dem Erfolg der Energiewende noch nicht gewachsen sind, kann nicht die gesamte EE-Produktion genutzt werden. Zu komplex, zu weitgreifend sind die erforderlichen Umbaumaßnahmen an den Netzen, als dass die zuständigen Akteure sie auf die Schnelle realisieren könnten. Denn das Stromtransportsystem wird quasi auf den Kopf gestellt.

Von EUR-Ing. Marie-Luise Schaller

Durch den Einsatz von effizienter Gleichstromtechnologie bieten sich revolutionär anmutende Optimierungschancen an. Daran arbeiten Forschung und Industrie mit Hochdruck. Die Zeit drängt – die Verpflichtungen aus den Klimaschutzvereinbarungen erfordern Handlungskonzepte und eine schnelle Umsetzung. Nur durch die ganzheitliche, grenzüberschreitende Vernetzung von Hochschulen, Unternehmen und Regulierungsinstitutionen kann das gelingen – Akteure im Energieland Nordrhein-Westfalen sind mittendrin im Geschehen.

Seit über 100 Jahren setzt die Elektrizitätsversorgung im Wesentlichen auf das Wechselstromprinzip. Lange Zeit war von entscheidendem Vorteil, dass sich mit Wechselstrom (AC, alternating current) größere Strommengen über weite Distanzen transportieren lassen. Denn die Wechselspannung kann über Transformatoren stark erhöht und reduziert werden, was so Verluste

massiv reduziert. Im bisherigen System erzeugen wenige Kraftwerke große Strommengen, die sie ins Höchstspannungsnetz einspeisen.

Dort wird es zu den Umspannstationen für die Verteilnetze mit den Netzbereichen Hoch-, Mittel- und Niederspannung (siehe Grafik) und zwischengeschalteter Spannungsreduktion geleitet. So waren wechselstrombasierte Transformatoren lange die einzige technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung bei diesem hierarchisch aufgebauten Top-Down-System.

Abschied von der Top-Down-Einbahnstraße

Eine der Konsequenzen der Energiewende ist der Abschied von der Einbahnstraße im Stromnetz. Zusätzlich zu den wenigen konventionellen Kraftwerken an der Spitze der Spannungskaskade speisen nun unzählige Produktionsanlagen ihre Energie aus erneuerbaren Quellen im Mittelspannungs- und Niederspannungsnetz ein. Und deren Anzahl und Erzeugung sollte aus

Klimaschutzgründen weiter steigen. Das stellt die Betreiber beim Management von Netzstabilität und Versorgungssicherheit vor große Herausforderungen, auch wegen der fluktuierenden Erzeugung durch die erneuerbaren Energiequellen Wind und Sonne.

Hinzu kommt, dass der Strom aus den großen Off-shore-Windparks im bestehenden Netz noch gar nicht vollständig aufgenommen werden kann. Es fehlen Kapazitäten im Übertragungsnetzbereich, die durch Ausbauprojekte erst geschaffen werden müssen, was zu intensiven Diskussionen führte. In der Öffentlichkeit wird vor allem auf diese gigantischen Vorhaben wie die Nord-Süd-Achse fokussiert, den sogenannten SuedLink. Im Sommer hat das zuständige BMWi bekanntgegeben, dass hier entscheidende Meilensteine erreicht worden sind.

Beschlossene Sache ist, dass diese Netze in Hochspannungs-Gleichspannungs-Übertragungs-Technologie (HGÜ) mit 380 kV und bevorzugt in Erdverlegung ausgeführt werden. Denn Gleichstromanlagen (DC, direct current) haben gegenüber drehstrombasierten Systemen geringere Verluste und nutzen die Materialien effizienter aus, sodass Anlagenkomponenten kleiner dimensioniert werden können. Zudem ermöglicht nur die HGÜ, technisch inkompatible Stromnetze miteinander einfacher zu verbinden.

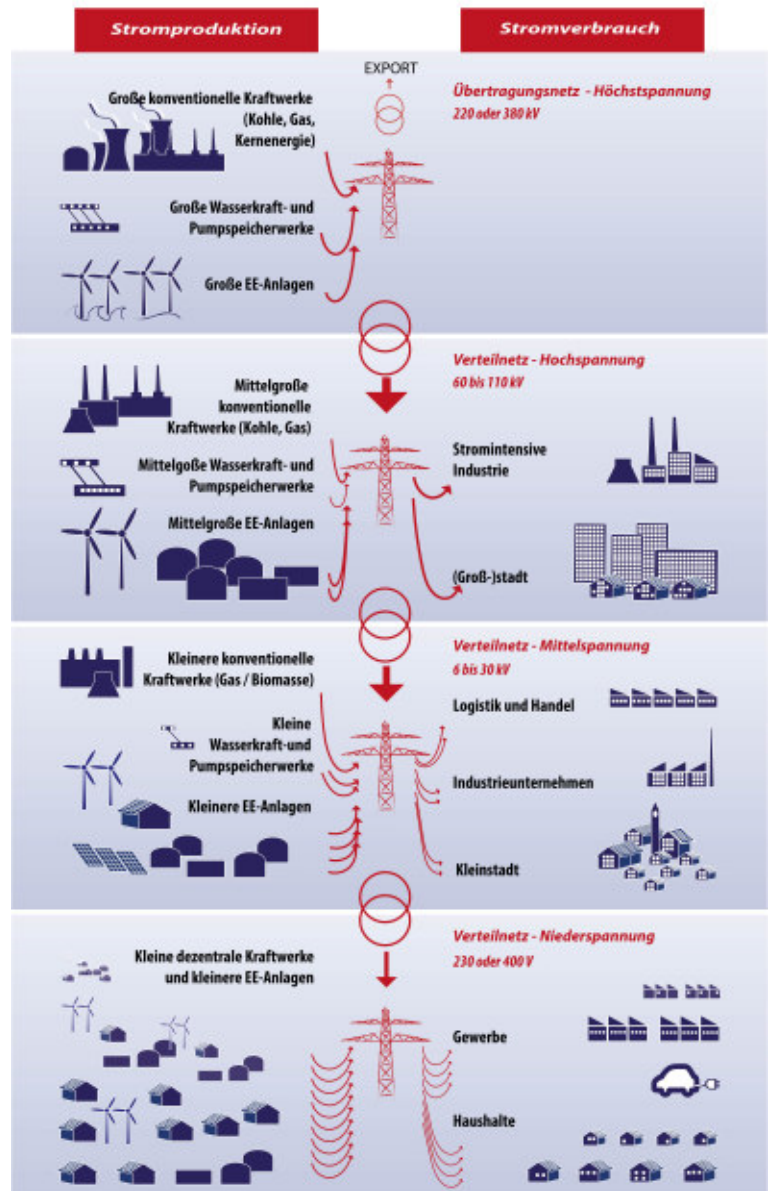
Entsprechende Entwicklungsarbeiten sind in vollem Gange. An der Technischen Universität Dortmund erforscht der Lehrstuhl unter Leitung von Prof. Frank Jenau die HGÜ-Technologie. Das Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz und Prof. Dr.-Ing. Johanna Myrzik untersucht die Fragen der Integration der HGÜ in das deutsche und europäische Energiesystem. Derzeit lassen sie eine 23 Meter hohe Halle für ein Versuchszentrum errichten, in dem Bauteile unter Spannungen von bis zu 1.200 Kilovolt (kV) getestet werden sollen (siehe Foto 2).

Gleichstrom als innovative Lösung für ein flexibles Mittelspannungsnetz

Der Wechsel zur HGÜ ist allein schon eine revolutionäre Entwicklung. Doch im Schatten der öffentlichen Polarisierung auf die Übertragungsnetze wird weniger bemerkt, dass die Experten auch für die Verteilnetze neue Konzepte auf Gleichspannungsbasis entwickeln. Das Mittelspannungs-Konsortium im Forschungscampus Elektrische Netze der Zukunft (FEN) der RWTH Aachen entwickelt Zukunftstechnologien mit DC-Lösungen beispielsweise für Smart Grids. Denn damit lassen sich die dringend benötigten intelligenten Netze für die Aufnahme des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen effizienter aufbauen, wie Prof. Dr. ir. Rik de Doncker, Direktor des Forschungscampus FEN, in seinen Vorträgen anschaulich erläutert.

„Der Leistungsfluss im Wechselstromnetz (AC-Netz) ist durch Spannung und Phase bestimmt“, sagt Don-

Das deutsche Stromnetz



Grafik: BMWi

cker, „und stellt sich eigenständig entsprechend der Impedanzen im Netz ein. Zudem führt Wechselstrom neben den unkontrollierten Leistungsflüssen zu nicht nutzbarer Blindleistung. Insbesondere in den neuen Netzstrukturen, die nicht mehr hierarchisch organisiert sind, ergeben sich schwer steuerbare Verhältnisse.“

Die Anlagenkomponenten, beispielsweise die klassischen 50-Hz-Transformatoren, seien für die Aufnahme größerer Ströme zu dimensionieren, als der Nutzleistung entspricht. Die hohen Gewichtsanteile von Kupfer und Si-Stahl in Generatoren und Transformatoren führten so zu einer großen Anlagenmasse: Für 50-Hertz(Hz)-Wechselstrom-Transformatoren ließen sich 2,5 Kilogramm Masse je Kilovoltampere (kVA) Leistung veranschlagen.

Doncker weiter: „In DC-Netzen werden statt Transformatoren Umrichter mit modernster Leistungselektronik eingesetzt. Deren Preise sind in den vergangenen ▶



FOTO: NIKOLAUS GOLTSCH, ENERGIEAGENTUR NRW

Foto 2: NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze bei einer Besichtigung der Baustelle des geplanten HGÜ-Testzentrums mit (von rechts) Prof. Frank Jenau, Prof. Dirk Biermann, Prorektor Forschung der TU Dortmund, Prof. Christian Rehtanz und Projektgenieur Joachim Berns.

Jahren erheblich gesunken, liegen nun fast auf dem Niveau der Transformatoren und dürften weiter fallen. Dies ist der Effekt der Massenfertigung, die sich unter anderem auch durch den Boom der Windenergieanlagen entwickelt hat. Umrichter benötigen durch Fortschritte in der Elektronik immer weniger Material, was nicht nur die Ressourcen schont, sondern auch das Gewicht der Anlage in der Windradgondel verringert: Die Transformator-Komponenten eines DC-DC-Konverter der Anlagenkategorie 5 kV/1.000 Hz besitzen eine spezifische Masse von 0,25 Kilogramm/kVA.“

Die Steuerung der DC-Netze mit Leistungselektronik, so der Wissenschaftler, funktioniert nur über die Spannungsregelung und sorgt einfacher für die Netzstabilität. Kabel übertragen bei gleichem Querschnitt mit DC höhere Leistungen, dadurch entstünde weniger Aufwand für den Netzausbau. Zusätzlich verringere sich der Gesamtaufwand im Vergleich zu AC: Für die Flexibilität der neuen Netze würden bei AC größere Investitionen in leistungselektronische Umrichter (Konverter) und Speichersysteme zur Netzstabilisierung notwendig.

„Wir haben überschlagen, dass der Ausbau für die Erneuerbaren Energien mit AC-Technologie (ein Multi-Terminal-HVDC-Übertragungsnetz mit Standard-Kollektorfeldern und AC-Netz) etwa 17,8 Millionen Tonnen Kupfer und Eisen im Wert von 142 Milliarden (Mrd.) Euro benötigt. Bei einem Ausbau auf DC-Basis liegt der Materialbedarf bei 9,1 Millionen Tonnen bei 73 Mrd. Euro, also rund der Hälfte“, hebt Doncker hervor. Letztendlich müsse die Stromproduktion durch erneuerbare Quellen, insbesondere Solarenergie, gesteigert werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Sinnvoll sei eine Zunahme der „Prosumer“ (Wortschöpfung aus Producer und Consumer), also der Eigenerzeugung, mit Smart Grids im Zusammenschluss von Photovoltaik und Batterien, Elektrofahrzeugen und Smart-Home-Technologien. Diese arbeiteten aber mit Gleichstrom, der im AC-Netz aufwändig umgewandelt werden muss. „Doch im Verbund mit bidirektionalen Speichern und

Gleichstromtechnologien lassen sich weitgehend autarke lokale Netzstrukturen schaffen. Dieser Beitrag zum Umbau auf der untersten Netzebene kann die Verteilnetzstruktur entlasten und die für den Netzausbau benötigten Investitionen ganz signifikant senken“, ist sich Doncker sicher. Somit ergeben sich durch DC ganz neue Perspektiven für den effizienten Netzausbau. Die Netze der Zukunft bestehen aus vielen lokalen Netzkreisen, die miteinander verknüpft sind und als virtuelle Kraftwerke miteinander verschaltet werden. Eine derartige Struktur wird gerade auf dem Campus-Gelände des FEN mit DC-Technologie aufgebaut. Es soll in seiner Endphase 4 bis 5 Erzeuger und 5 Verbraucher über Mittelspannungs-DC miteinander verbinden. Eine 7 Kilometer lange DC-Stromleitung soll auch die Anbindung des grenzüberschreitenden Innovationsparks AVANTIS zwischen Heerlen (NL) und Aachen ermöglichen (siehe Foto 1).

Intelligente Vernetzung zur Bewältigung der Transformation

Die Herausforderungen sind immens und können nur durch eine Bündelung aller Kräfte von Forschung, Industrie und Regelinstitutionen gemeistert werden. Im Forschungscampus „Flexible Elektrische Netze (FEN)“ arbeiten daher Wissenschaftler verschiedener Institute der RWTH Aachen sowie Experten aus der Industrie an unterschiedlichen Projekten.

Sie setzen sich für die intelligenten Stromnetze der Zukunft unter Einbindung der Gleichstromtechnik ein, um effiziente Lösungen für die Transformation der Netze zu schaffen, die im Rahmen der Energiewende erforderlich ist. Außer an der zuvor erwähnten Pilotanlage wird mit der Industrie an unterschiedlichen Projekten gearbeitet, um Netzkomponenten, Planungsmethoden, Betriebsverhalten sowie Zuverlässigkeit von DC-Systemen zu erforschen.

Dr. Christian Haag, Geschäftsführer der FEN GmbH, weist darauf hin, dass dabei nicht nur technologische Disziplinen vertreten sind. Der Forschungscampus FEN bindet bei seiner Arbeit auch Kompetenzen für Gesellschaft, Wirtschaft und Medizin ein. Erfolgsscheidend ist auch, neben der richtigen Technologie die entsprechenden Informations- und Kommunikationstechnologie-(IKT)-Strukturen aufzubauen, ähnlich wie bei Industrie 4.0, womit es Überschneidungen gibt. Darüber hinaus ist die Vernetzung in nationalen und internationalen Gremien von Bedeutung.

Das BMWi hat eine bundesweite Plattform „Energienetze“ aufgebaut. Dort erarbeiten die wesentlichen Interessenvertreter (Netzbetreiber, Bundes-, Länderinstitutionen und Verbände) gemeinsam Lösungsvorschläge zu Ausbau und Modernisierung der Netze. Ein weiterer Baustein ist das Energiewendeprojekt des Bundes SINTEG, in dessen Rahmen das Projekt „Designetz“ umgesetzt wird. Mit ihm werden innovative Energiewendetechnologien in den Bundesländern Nordrhein-

FOTO: E.ON, ERC-RWTH AACHEN/PETER WINANDY



Foto 3: Leistungselektronik für zukünftige Mittelspannungs-DC-Netze.

Westfalen, Rheinland-Pfalz und Saarland umgesetzt. Ein Konsortium unter Federführung von RWE soll die politische Vision der Energiewende in die Praxis überführen. Auch die zuvor erwähnten Technischen Hochschulen Aachen und Dortmund sind als Mitglieder neben Energieagenturen der Länder, Stadtwerken, Industrie- und Telekommunikationsunternehmen, Forschungseinrichtungen und Verbänden eingebunden. Der Aufwand erscheint beträchtlich, um die Ziele Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz zu erreichen. Auf Erfahrungen mit der Gleichstromtechnologie bei Bahn- und Maschinenantrieben kann zwar zurückgegriffen werden. Es gilt, die Technologie zu breiter Umsetzungsreife zu bringen. Strukturen für die IKT-Verknüpfung sind zu schaffen, die sicher und datenschutzkonform sein müssen. Entsprechende Normen und Richtlinien sind zu entwickeln. Mit den Nachbarländern des europäischen Verbunds sind Abstimmungen zu führen. Berufsausbildung und Lehre sind weiterzuentwickeln.

Doch die Umstrukturierung bringt auch enorme Chancen für neue Wirtschaftsfelder. Wie eine Studie des Fraunhofer Instituts für Solare Energie (ISE) zu den Kosten der Energiewende¹ gezeigt hat, führt die erforderliche massive Transformation des Energiesystems nur zu einer signifikanten Verschiebung von Geldflüssen, die heute für den Import von Energieträgern eingesetzt werden. Und durch die zunehmend partizipative Struktur der Energiewirtschaft erweitert sich der Kreis derer, die davon profitieren können. ◀

¹⁾ WAS KOSTET DIE ENERGIEWENDE?
 Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, 2015

Autorin
Eur.-Ing. Marie-Luise Schaller
 Projektingenieurin Erneuerbare Energien
 Tel. 0 22 35/68 69 37
 E-Mail: mls@milschaller.com

Besuchen Sie uns auf der
EuroTier
 Weltweit die Leitmessa für Tierhaltung-Profi
 Hannover | 15. - 18.11.2016 | Halle 25 | Stand K12



System Multitec® BioControl – BioControl 2

Das Einstiegsmodell für die individuelle Prozessoptimierung
 bedienfreundlich – flexibel – effizient

NEU



- Zeit- und Kosteneinsparung durch permanente automatisierte Messung
- Hohe Bedienfreundlichkeit und individuelle Konfiguration
- Erfolgreiche Verbesserung der Gasqualität und Steigerung des Ertrags



Hermann Sewerin GmbH
 Robert-Bosch-Straße 3 | D-33334 Gütersloh
 Telefon +49 5241 934-0 | Telefax +49 5241 934-444
 www.sewerin.com | info@sewerin.com