



## Umbau der Stromversorgungsinfrastruktur zur Integration der erneuerbaren Energien

Inhalt: Minimierung des Um- und Ausbaubedarfs – Um- und Ausbau des Übertragungsnetzes: Netzplanung, Netzoptimierung und -verstärkung, Netzausbau – Um- und Ausbau der Verteilnetze – Netz-anbindung der Offshore-Windparks – Um- und Ausbau von Energiespeichern – Glossar

### Einführung

Um die nationalen und internationalen Klimaziele zu erreichen, müssen in allen Sektoren weitreichende Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden. Im Stromsektor ist neben ehrgeizigen Anstrengungen zur Verbrauchsreduktion der möglichst naturverträgliche Ausbau der erneuerbaren Energien zur nahezu vollständigen Deckung des Strombedarfs unerlässlich. Dazu bedarf es künftig nicht nur Ausbauanreize wie ein gesetzlich garantierter Einspeisevorrang und kostendeckende Vergütungssysteme. Auch die Versorgungsinfrastruktur aus Stromnetzen, -speichern und -steuerungstechnologien muss grundlegend angepasst werden. Denn durch das Wachstum der erneuerbaren Energien fallen Bereitstellung und Nutzung von Strom zeitlich und räumlich zunehmend auseinander: Vereinfacht gesagt, steht die Energie vor allem dann zur Verfügung, wenn der Wind weht bzw. die Sonne scheint, sowie dort, wo die meisten Windkraft- und Photovoltaikanlagen existieren. Ohne Anpassung der Infrastruktur kann dies zu Netzengpässen führen, die perspektivisch die Systemsicherheit gefährden und Netzausfälle nach sich ziehen können.

Um Stromangebot und -nachfrage zeitlich und räumlich in Deckung zu bringen, müssen die vorhandenen Stromnetze um- und ausgebaut sowie neue Stromspeicher errichtet werden. Dies gilt prinzipiell nicht nur auf regionaler und nationaler, sondern teilweise auch großräumig auf europäischer Ebene und darüber hinaus. Diese häufig kostenintensiven Maßnahmen

müssen auf das absolut notwendige Maß reduziert werden, weil sie mit erheblichen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden sind. Dazu dient eine Vielzahl von flankierenden Maßnahmen, die den Bedarf an Stromtransport und -speicherung reduzieren helfen (vgl. folgendes Kapitel). Die Debatte über den verbleibenden Ausbaubedarf ist zudem von **Mythen** zu befreien:

- Das Wachstum der erneuerbaren Energien muss nicht morgen gestoppt werden, wenn heute noch keine weiteren Leitungen gebaut werden. Denn der Aus- und Umbaubedarf der Infrastruktur besteht eher **mittel- und langfristig**. Der Umbau muss aber jetzt zügig voran gebracht werden. Nichtsdestotrotz erlaubt und erfordert er die angemessene Beteiligung der Bevölkerung und die Berücksichtigung der Belange von Natur- und Artenschutz.
- Die Integration der erneuerbaren Energien erfordert nicht zwangsläufig mehrere tausend Kilometer neue Höchstspannungsleitungen! Die in Folge der **dena-Netzstudie II** in die Medienwelt gesetzten 3.600 km neuer Leitungen im Übertragungsnetz bis zum Jahr 2020 / 2025 (zuzüglich der bereits im Energieleitungsausbaugesetz festgeschriebenen 850 km neuer Leitungen) basieren auf einseitigen Annahmen (wie den marktgetriebenen Zubau und die kostenoptimale Fahrweise von Kohlekraftwerken) und nicht offen gelegten

Daten. Neue Leitungen für Strom aus erneuerbaren Energien sind unvermeidbar, der genaue Bedarf ist jedoch kritisch zu ermitteln und voraussichtlich deutlich geringer als häufig behauptet. Wie hoch er tatsächlich ist, lässt sich ohne Kenntnis der relevanten Netzdaten kaum beziffern.

Befreit man die energiepolitische Debatte von diesen Mythen und berücksichtigt man die Minimierungspotenziale beim Netzausbau, bleibt trotz allem die Erkenntnis, dass der Neubau von Stromleitungen und -speichern für die Systemintegration der erneuerbaren Energien unerlässlich ist, und dass dieser Ausbau angesichts der üblichen Vorlauf- und Realisierungszeiten von 10-15 Jahren zu langsam voranschreitet.

**Daher spricht sich der NABU für eine konsequente und möglichst naturverträgliche Anpassung der Energieversorgungsinfrastruktur aus, sofern diese auf dem langfristigen Leitbild einer nachhaltigen Energieversorgung auf Basis von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien beruht und für deren Systemintegration unerlässlich ist.**

### Minimierung des Um- und Ausbaubedarfs

Neubauten von Stromleitungen und -speichern sind meist kostenintensiv und mit erheblichen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden. Daher sollten zuvor alle Maßnahmen ergriffen werden, die dazu beitragen, **das Netz zu entlasten** und so den Bedarf an Stromtransport und -speicherung zu reduzieren. Die folgenden Strategien sind daher prinzipiell vorrangig:

Der Königsweg ist die möglichst weitgehende **Reduzierung des Strom- bzw. Energieverbrauchs** (auch der Bedarf an Heizenergie hat – beispielsweise bei der Nutzung von Wärmepumpen – Auswirkungen auf den Stromverbrauch). Denn jede *nicht* verbrauchte Kilowattstunde (kWh) Strom muss nicht produziert, transportiert und gespeichert werden. Durch ein Maßnahmenbündel für Energiesparen und Energieeffizienz kann und muss der Energieverbrauch bis 2020 um mindestens 20 Prozent und bis 2050 um mindestens 60 Prozent (jeweils gegenüber 2005) verringert werden. Für den Stromverbrauch gelten daraus abzuleitende, ambitionierte Reduktionsziele. Dadurch vermindern sich neben dem Netzausbaubedarf der Treibhausgas-

ausstoß, der Zeitdruck beim Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die Kosten und Importabhängigkeit der Stromversorgung.

Ein Teil des verbleibenden Strombedarfs kann und sollte zeitlich an das fluktuierende Stromangebot angepasst werden. Auch dadurch muss weniger elektrische Leistung bereitgestellt, transportiert und ggf. gespeichert werden. Für dieses so genannte **Lastmanagement** (oder auch Demand-Side-Management) kommen alle mit Strom betriebenen Anlagen in der Industrie (sowie mit Abstrichen auch in Handel, Gewerbe und Privathaushalten) in Frage, deren Betrieb sich zumindest in Grenzen danach ausrichten lässt, wann besonders viel Strom im Netz verfügbar ist. Dazu gehören beispielsweise gewerbliche Kühlanlagen (die bei hohem Stromangebot unter die Zieltemperatur kühlen und dann zeitweise ausgestellt werden können) sowie Waschmaschinen und Wärmepumpen ebenso wie Elektrofahrzeuge (deren Akkus nicht alle gleichzeitig nach Feierabend, sondern verteilt im Laufe der Nacht wieder aufgeladen werden). Voraussetzungen für Lastmanagement sind

- intelligente Stromzähler („smart meter“) mit aktueller Verbrauchsmessung und -anzeige,
- intelligente Netze („smart grid“), die Informationen über Erzeugung und Lastflüsse austauschen,
- Steuerungstechnologien, die die Lasten anhand der Informationen aus dem Netz regeln,
- und – ganz wichtig – zusätzliche Vorgaben oder ökonomische Anreize, möglichst den Stromverbrauch in Zeiten von großem Energieangebot zu verlagern.

Parallel zum Lastmanagement muss auch die Steuerung der *Stromerzeugung* zur Netzentlastung beitragen. Das bedeutet, dass die Netzeinspeisung von Strom aus Kraftwerken überall dort, wo es ökonomisch und technisch sinnvoll ist, so gesteuert wird, dass sie die Stromnachfrage einerseits und die fluktuierende Stromerzeugung von den dargebotsabhängigen Solaranlagen und Windrädern andererseits optimal ergänzen. Auch hierfür braucht es intelligente Netze. Das so genannte **Erzeugungsmanagement** bedeutet im Einzelnen:

- Gerade **Fossile Großkraftwerke** müssen deutlich stärker an die fluktuierende Energiebereitstellung aus regenerativen Quellen angepasst werden, damit sie die Netze nicht weiter mit konstanter

Stromproduktion „verstopfen“. Schließlich ist eine kostenoptimierte und damit starre Fahrweise von Kohle- und Atomkraftwerken ein wesentlicher Treiber des Netzausbaus. Daher sind entsprechende Flexibilitätsanforderungen an neue und schrittweise auch an bestehende Anlagen im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) bzw. Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) festzulegen.

- In **Biogasanlagen** sollte das Methan vor allem dann verstromt werden, wenn die Elektrizitätsnachfrage hoch ist oder regional mit der Biogasanlage zum Kombikraftwerk verbundene Windkraftanlagen wenig Energie produzieren. Dazu muss das durch Vergärung kontinuierlich entstehende Biogas lokal zwischengespeichert werden, bis es zur Verstromung benötigt, oder als aufbereitetes Biomethan ins Gasnetz eingespeist wird. Im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) müssen entsprechende Anreize geschaffen werden (z.B. durch eine Flexibilitätsprämie), dass sich diese Nachfragesteuerung von Biogasanlagen lohnt.
- Kraftwerke mit **Kraft-Wärme-Kopplung** (KWK) können ihre Energieproduktion stärker am fluktuierenden Strombedarf im Netz und weniger an der aktuellen Wärmenachfrage ausrichten, da sich Wärme prinzipiell verlustärmer speichern lässt als Strom.
- Bei **Photovoltaikanlagen** (PV-Anlagen) können durch lokale Speicherung und Eigenverbrauch des PV-Stroms perspektivisch zur Entlastung der Stromnetze beitragen, sofern diese Funktion intelligent durch den Netzbetreiber gesteuert werden können.

Natürlich könnte auch das **Abregeln der dargebotsabhängigen Windenergie- und PV-Anlagen** zur Netzentlastung beitragen. Allerdings bedeutet dies stets, dass nahezu kostenlos bereitgestellte Energie ungenutzt „weggeworfen“ würde, wenn der Strom nicht gespeichert wird (zur Stromspeicherung siehe letztes Kapitel). In engen Grenzen ist dies zu verschmerzen: Würde die Netzkapazität beispielsweise auf 75 Prozent der installierten Wind- bzw. Solarleistung (Nennleistung der Anlagen) ausgelegt, so gingen lediglich ein bis zwei Prozent der jährlichen Energieproduktion verloren. Wenn sich durch eine derartige Netzauslegung große Neubauprojekte von Stromleitungen oder -speichern erübrigen würden, wäre dies womöglich zu rechtfertigen.

Eine weitere Netzentlastung ist durch die **räumliche Annäherung von Energiebereitstellung und -verbrauch** möglich. Erstens müssen dazu die erneuerbaren Energien künftig stärker in der Nähe der west- und süddeutschen Verbrauchszentren ausgebaut werden. Die Effizienzverluste durch Inkaufnahme unwirtschaftlicher Standorte dürfen dabei jedoch nicht überwiegen. Zweitens sollte bei der Standortwahl von industriellen Großverbrauchern die Nähe zu Erzeugungsschwerpunkten ein wichtiges Kriterium werden. Dazu können beispielsweise regional differenzierte Strompreise beitragen.

Die genannten Maßnahmen können dazu beitragen, den für die Energiewende erforderlichen Neubau von Stromleitungen und -speichern deutlich zu reduzieren. Teilweise erfordern sie ihrerseits zumindest den Umbau zu intelligenten Netzen. Komplett erübrigen werden sie den Netz- und Speicherausbau jedoch nicht.

Der NABU fordert:

- politische Priorität für Strategien zur Netzentlastung vor Maßnahmen zum Ausbau von Stromleitungen und -speichern; dazu
- die Nutzung aller verfügbaren Strategien und Potenziale zur Senkung des Energieverbrauchs,
- die Förderung von Maßnahmen zum Lastmanagement durch die zügige Formulierung von technischen und rechtlichen Standards (Datenschutz!), den flächendeckenden Einsatz von intelligenten Zählern, die Entwicklung von intelligenten Netzen sowie die Schaffung von ökonomischen Anreizen,
- die Flexibilisierung vor allem des konventionellen und in Teilen auch des erneuerbaren Kraftwerks-parks durch entsprechende Vorgaben und Anreize in den relevanten Fachgesetzen (u. a. KWK-G, EEG, EnWG, BImSchG) und
- den dezentralen Ausbau der erneuerbaren Energien vor allem in der Nähe der Lastschwerpunkte in den westlichen und südlichen Bundesländern, soweit dies energetisch und ökonomisch sinnvoll ist.

### Um- und Ausbau des Übertragungsnetzes

Da zum Ausgleich großräumiger Windflauten und zum Abtransport von überschüssigem Windstrom aus Nord- und Ostdeutschland überregionale Stromleitungen erforderlich sind, besteht ein besonderer Um- und Ausbaubedarf im Übertragungsnetz. Zwar entfallen nur ca. zwei Prozent der in Deutschland installierten Netzkilometer auf diese höchste Spannungsebene mit 220 oder 380 Kilovolt (kV). Dennoch steht sie im Fokus der öffentlichen Debatte, weil das Übertragungsnetz bislang nahezu ausschließlich aus Freileitungen besteht. Freileitungen der Hoch- und Höchstspannungsebene stellen aufgrund ihrer großen Dimensionierung wiederum einen besonders starken Eingriff in Natur und Landschaft dar. Aus diesem Grund ist es gerade im Übertragungsnetz essentiell, die Notwendigkeit neuer Energieleitungen so weit wie möglich zu minimieren und beim verbleibenden Neubaubedarf die Einwirkungen auf Mensch und Natur zu reduzieren. Dazu ist eine kritische Prüfung und Planung des bundesweiten Ausbaubedarfs ebenso erforderlich wie eine klare Orientierung am NOVA-Prinzip (Netzumbau: Optimierung vor Verstärkung vor Ausbau) und eine möglichst menschen- und naturverträgliche Gestaltung des verbleibenden Netzausbaus.

Viele Aspekte betreffen dabei nicht nur die nationale Ebene, sondern auch den Um- und Ausbau von Übertragungsnetzen in ganz Europa bzw. darüber hinaus. Um einen großräumigen Ausgleich von Erzeugung- und Speicherkapazitäten zu ermöglichen, müssen perspektivisch die Grenzkuppelstellen zu den Nachbarstaaten ausgebaut sowie ggf. Übertragungsleitungen bis hin nach Skandinavien (zur Nutzung der dortigen Pumpspeicherkapazitäten) und Nordafrika (im Falle einer Realisierung des Wüstenstromprojektes Desertec) errichtet werden. Auch die Vernetzung der Windkraftpotenziale im Meer durch ein sogenanntes North-Sea-Grid ist zu prüfen.

#### Netzplanung

Auch aus Sicht des NABU kommt der für die Systemintegration der erneuerbaren Energien erforderliche Aus- und Umbau der Versorgungsinfrastruktur zu langsam voran. Die Ursachen hierfür sind jedoch we-

niger in naturschutzfachlichen Hindernissen oder dem Widerstand der betroffenen Bevölkerung zu finden. Vielmehr sind es häufig die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) selbst, die durch unzureichende Unterlagen, zeitliche Verzögerungen der Antragsstellung, Änderung der Planungen oder Nichteinhaltung von rechtlichen Vorgaben zu der langen Dauer der Verfahren beitragen. Teilweise sind **Verfahrensverzögerungen** auch auf die ungenügende Personalausstattung in den Behörden zurückzuführen.

Aus diesen Gründen braucht es eine effiziente, fachlich anspruchsvolle und öffentlich kontrollierte Planung für den Umbau des Übertragungsnetzes in Deutschland. Kernelement muss dabei eine Art bundesweiter „**Masterplan Nachhaltige Strominfrastruktur**“ sein. Dieser Masterplan muss dem Leitbild folgen, dass die Stromversorgung der Zukunft – das Zielsystem – auf Energieeffizienz und (bis spätestens 2050 nahezu ausschließlich) auf erneuerbaren Energien basiert: vom Ziel her planen. Mit dieser politischen Systementscheidung und dem langfristigen Planungshorizont sind künftig nur diejenigen Infrastrukturmaßnahmen zulässig, die dem nachhaltigen Zielsystem nicht widersprechen, sondern für seine Erreichung erforderlich sind.

In dem Masterplan sind zunächst **der tatsächliche Bedarf und die Priorität** von neuen Übertragungsleitungen zur kurz-, mittel- und langfristigen Systemintegration der erneuerbaren Energien kritisch zu prüfen. Diese Prüfung müssen staatliche Institutionen unter Beteiligung der Öffentlichkeit unabhängig von Partikularinteressen der häufig noch eng mit den Netzbetreibern verbundenen Energiekonzerne durchführen. Dazu ist die Offenlegung *aller* relevanten Netzdaten und Annahmen für die Berechnungen unerlässlich. Dieser gesamte Planungsschritt ist frühzeitig einer qualitativ hochwertigen Strategischen Umweltprüfung (SUP) zu unterziehen.

Das so skizzierte Vorgehen unterscheidet sich fundamental von der Entstehung des Energieleitungsausbaugesetzes (EnLAG), wo die vordringlichen Vorhaben ungeprüft aus der dena-Netzstudie I übernommen wurden. Wenn dagegen Bedarf und Priorität neuer Stromübertragungskapazitäten in dem Masterplan wissenschaftlich belegt, öffentlich geprüft und demokratisch beschlossen sind, muss dies in den nachgeord-

neten Planfeststellungsverfahren nicht erneut geprüft werden. Das bedeutet, dass für die im Masterplan hinsichtlich Bedarf und Umweltverträglichkeit geprüften Vorhaben die **energiewirtschaftliche Notwendigkeit** und daraus folgend der vordringliche Bedarf festgestellt sein sollten. Diese Feststellungen sind für die ÜNB sowie für die Planfeststellung und die Plangenehmigung verbindlich. Die energiewirtschaftliche Notwendigkeit dieser Vorhaben kann mithin nicht mehr im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens in Frage gestellt werden. Dadurch wird der Planungs- und Genehmigungsprozess beschleunigt, ohne dass fachliche Standards gesenkt oder Mitwirkungsrechte beschnitten werden.

Im Rahmen der Bedarfsplanung müssen **verschiedene Technologieoptionen** (Overlay-Netz mit HGÜ oder 750kV, Erdverkabelung, Nutzung Bahnstromnetz, Speicher- statt Netzausbau) erörtert werden. Hier sind auch überregionale Stromspeicherbedarfe und -optionen zu berücksichtigen. Denn die Frage einer großräumigen Optimierung zwischen Netz- und Speicherausbau ist klassische Aufgabe einer SUP.

Im folgenden Schritt einer **hochstufigen Trassenplanung** müssen unter Berücksichtigung des Schutz von Mensch und Natur für die festgestellten Vorhaben großräumige Trassenalternativen diskutiert und Trassenkorridore festgelegt werden. Dabei muss Betroffenen, Verbänden und Öffentlichkeit die Gelegenheit zur umfassenden und frühzeitigen Mitwirkung gegeben werden. Dazu sind u. a. die folgenden Empfehlungen zu berücksichtigen:

- Die Bereitstellung ausreichender Kapazitäten und Kompetenzen in Genehmigungsbehörden ist Voraussetzung jeglicher Anstrengungen für Verfahrensbeschleunigung und mehr Beteiligung.
- Es muss eine vollständige öffentliche Transparenz der Planunterlagen und rechtliche Überprüfbarkeit ebenso gewährleistet sein wie eine unabhängige Kostenprüfung und Ausschreibung (wegen der Relevanz von Mehrkosten vor allem bei Erdkabeln vs. Freileitungen).
- Auch andere Akteure als der ÜNB sollten frühzeitig Trassenalternativen oder abweichende Teilplanungen vorschlagen können, die in der Prüfung Berücksichtigung finden.

- Zum Scoping-Termin sollte die gesamte interessierte Öffentlichkeit zugelassen werden.
- Der Erörterungstermin muss verbindlich sein und sollte ebenfalls für alle Interessierten geöffnet werden.

Für die folgenden **Planfeststellungsverfahren** gelten die Empfehlungen entsprechend. Durch ein solches Vorgehen kann die Notwendigkeit eines zusätzlichen Raumordnungsverfahrens auf Länderebene entfallen.

Einschränkungen von gesetzlich verankerten **Naturschutzstandards** auf nationaler oder europäischer Ebene sind für eine Beschleunigung des Netzausbaus nicht erforderlich und werden vom NABU abgelehnt. Statt neue Rechtsunsicherheiten zu schaffen, sollte die Umsetzung des geltenden Natur- und Artenschutzes in den Planungsverfahren vereinheitlicht und fachlich unterstützt werden.

### Netzoptimierung und -verstärkung

Wenn nach dem o. g. Verfahren der Bedarf an zusätzlichen Stromtransportkapazitäten für den Ausbau der erneuerbaren Energien zweifelsfrei belegt ist, gilt es – nach dem NOVA-Prinzip – alle Optionen zu prüfen, die den tatsächlichen Neubau einer Höchstspannungstrasse erübrigen lassen. Das bedeutet selbstverständlich, dass die im Eingangskapitel genannten Maßnahmen zur Netzentlastung bereits so weit wie möglich genutzt und Optionen zur Stromspeicherung (vgl. letztes Kapitel) berücksichtigt werden.

Zur **Netzoptimierung** gehören Maßnahmen wie das **Freileitungsmonitoring**. Da dessen Effekt jedoch immer wetterabhängig ist, kann er nur begrenzt bei den Kapazitätsberechnungen einkalkuliert werden. Das Potenzial, den Netzausbaubedarf durch Freileitungsmonitoring zu reduzieren, ist daher begrenzt. Praktisch angewendet wird das Verfahren bislang nur von wenigen Netzbetreibern, es ist noch nicht Stand der Technik.

Bei der **Netzverstärkung** wird die Transportkapazität bestehender Freileitungen durch verschiedene technische Maßnahmen erhöht. So ist es in Abhängigkeit von den technischen Begebenheiten möglich, auf eine höhere Spannungsebene umzurüsten, zusätzliche Leiterseile anzubringen, den Querschnitt der Leiterseile

zu erhöhen oder **Hochtemperaturseile** mit erhöhter Übertragungskapazität einzusetzen. Letztere dürfen jedoch keine erhebliche Gefährdung für Vögel mit sich bringen. Bei Wechselstromleitungen auf der Höchstspannungsebene ist dies gewährleistet, weil Vögel aufgrund des elektromagnetischen Felds ohnehin nicht auf diesen Leitungen aufsitzen. Bei niedrigeren Spannungsebenen sowie bei Freileitungen mit Gleichstromübertragung besteht dagegen Forschungsbedarf zu der Frage, inwiefern dort Hochtemperaturseile erhebliche Beeinträchtigungen für Vögel befürchten lassen. Außerdem sind die mit der Leiterseilwärme steigenden Übertragungsverluste zu berücksichtigen. Die dena-Netzstudie II geht davon aus, dass der Ausbaubedarf im Übertragungsnetz durch den Einsatz von Hochtemperaturseilen halbiert werden könnte.

Grundsätzlich kann auch das **Stromleitungsnetz der Bahn**, das die Züge mit Energie versorgt, zum Stromtransport für den Ausbau der erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Zwar müssten die Leitungen aufgerüstet werden, da sie mit einer Spannung von 110 kV und einer Frequenz von 16,7 Hertz (Hz) statt 50 Hz operieren. Dies ist mit technischen Herausforderungen verbunden, technisch jedoch durchaus möglich. Dadurch würden zusätzliche Kapazitäten in einem bestehenden Netz nutzbar, das immerhin 7.800 km umfasst, ganz Deutschland durchzieht und dabei nicht in vier unterschiedliche Regelzonen aufgeteilt ist, sondern nur von einem einzigen Unternehmen betrieben wird.

### Netzausbau

Der NABU geht davon aus, dass sich durch Maßnahmen zur Netzentlastung und -optimierung der Bedarf an neuen Stromübertragungsleitungen für die Integration erneuerbarer Energien deutlich reduzieren lässt. Doch selbst wenn sich im Übertragungsnetz der Neubaubedarf in den kommenden zehn Jahren nur auf einige Hundert Trassenkilometer beschränken sollte, müssen die **Auswirkungen auf Mensch und Natur minimiert** werden.

Eine grundlegende Stellschraube ist hier die **Trassenführung**. Dabei geht es zum einen um eine Trassierung möglichst außerhalb von Natura-2000-Schutzgebieten und anderen ökologisch sensiblen Gebieten sowie Siedlungsräumen. Darüber hinaus ist die Bündelung insbesondere bei neuen Freileitungen entlang vorhan-

dener Trassen oder anderer raumwirksamen Transportstrukturen wie Autobahnen, Bundesstraßen oder Bahnlinien zu Minimierung zusätzlicher Landschaftszerschneidung und anderer Eingriffe in den Naturlandhaushalt (insbesondere der Schutzgüter Boden und Wasser) vorzuziehen. Das Prinzip der **Trassenbündelung** sollte jedoch nicht zu erheblichen zusätzlichen Benachteiligungen in Siedlungsbereichen führen.

Noch stärker als durch eine optimierte Trassenführung können die Eingriffe durch neue Leitungen häufig mithilfe von **Erdverkabelung** vermindert werden. Allerdings ist dabei differenziert abzuwägen. Für Freileitungen auf der Höchstspannungsebene sprechen vor allem:

- zum Teil deutlich niedrigere Investitionskosten,
- eine ausgereifere Technologie: bei Wechselstromübertragung mit 380 kV sind Erdkabel noch nicht Stand der Technik,
- weniger Aufwand bei der Überwachung und der zügigen Behebung von möglichen Schäden
- sowie vor allem ein deutlich geringerer Eingriff in die Schutzgüter Boden und Wasser: Die Verlegung von Erdkabeln beeinträchtigt den Naturlandhaushalt deutlich. Beim Betrieb ist eine Erwärmung des kabelnahen Erdreichs zu erwarten, was zu Drainage oder Austrocknung führen kann.

Für die Nutzung von Erdkabeln sprechen dagegen:

- deutlich geringere Auswirkungen auf das Landschaftsbild,
- keine Gefährdung von Vögeln v. a. durch Kollisionen an Freileitungen,
- geringere elektromagnetische Strahlung,
- keine Lärmemissionen im Betrieb,
- geringere Übertragungsverluste,
- kürzere Genehmigungszeiten aufgrund von höherer Akzeptanz vor Ort,
- und volle Verfügbarkeit auch bei extremer Witterung wie Blitzeis.

In den meisten Fällen dürften nach Abwägung aller Aspekte die schädlichen Auswirkungen neuer Höchstspannungstrassen durch Erdverkabelung so weit verringert werden, dass technische und ökonomische Nachteile vertretbar sind. Wann Höchstspannungslei-

tungen unter die Erde verlegt werden sollten, hängt davon ab:

- inwiefern Schutzgebiete oder andere ökologisch sensible Gebiete betroffen sind,
- inwiefern Wohn- und Erholungsgebiete tangiert werden,
- welche naturräumlichen Eigenschaften vorliegen (Topographie, Geologie, Vegetation etc.)
- und ob eine Konzipierung der Trasse als HGÜ technisch möglich und aus Systemsicht sinnvoll ist.

Der NABU spricht sich daher dafür aus, Höchstspannungsleitungen dort unterirdisch zu verlegen, wo ökologisch sensible Gebiete durchquert und die naturschutzfachlichen Auswirkungen durch die Verkabelung vermindert werden, wo Mindestabstände zu Wohngebäuden unterschritten werden sowie wo die Konzipierung als HGÜ machbar und sinnvoll ist. In letzterem Fall kann auch eine Kompletverkabelung über die gesamte Trasse angezeigt sein.

Wo neue Höchstspannungstrassen als Freileitungen realisiert werden, sind die Erdseile mit geeigneten Markierungen zu versehen, die das **Kollisionsrisiko für Vögel minimieren**. Vogelfreundliche und das Landschaftsbild weniger beeinträchtigende Mastenkonfigurationen (Einebenenordnung) sind zu entwickeln und erproben. Außerdem sollten die Flächen unter den Leiterseilen naturschutzfachlich aufgewertet werden (ökologisches Schneisenmanagement) und in die Schutzkonzepte des Naturschutzes eingebettet werden (Biotopverbund).

Der NABU fordert:

- die kritische Prüfung des Bedarfs an neuen Stromleitungen vor dem Hintergrund eines Zielsystems auf der Basis von erneuerbaren Energien,
- die Etablierung von bundeseinheitlichen Verfahren zur Alternativenprüfung und Planung von Trassenkorridoren unter umfassender Beteiligung der Öffentlichkeit und bei Einhaltung des geltenden Natur- und Artenschutzrechts,
- den Vorrang von Optimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen im bestehenden Übertra-

gungs- und Bahnstromnetz vor dem Neubau von Stromtrassen und

- eine möglichst menschen- und naturverträgliche Gestaltung von unvermeidlichen Netzausbauvorhaben vor allem durch geeignete Trassenführung und weitgehende (Teil-)Verkabelung.

### Um- und Ausbau der Verteilnetze

Der Umbau- und Ausbaubedarf auf der Ebene der Verteilnetze ist deutlich höher als im Übertragungsnetz – nicht nur in Bezug auf Trassenkilometer sondern auch für die Umrüstung zu einem intelligenten Netz (**Smart Grid**). Die meisten erneuerbaren Erzeugungsanlagen speisen dezentral auf den Spannungsebenen der Verteilnetze ein und verändern dort ständig die Lastflüsse. Auch sämtliche Lasten – vom industriellen Großabnehmer bis zum privaten Haushalt – hängen an den verschiedenen Spannungsebenen der Verteilnetze. Um Netzführung, Stromerzeugung, -speicherung und -verbrauch intelligent aufeinander abzustimmen und flexibel zu steuern, müssen Informations- und Kommunikationstechnologien entwickelt und installiert werden. Nur so können Netzentlastungsmaßnahmen wie das o.g. Last- oder Einspeisemanagement optimal eingesetzt werden.

Trotz der Umrüstung zum Smart Grid und der damit verbundenen Netzentlastung müssen auch in den Verteilnetzen neue Stromleitungen gebaut werden. Je stärker die Verteilnetze um- und ausgebaut werden, desto weniger umfangreich muss der Ausbau der Übertragungsnetze erfolgen. Der NABU fordert für alle neue Leitungen bis einschließlich zur 110 kV-Ebene die **komplette Verlegung als Erdkabel**, nicht zuletzt weil bereits heute ein Großteil der Leitungen unterirdisch verläuft und auf dieser Spannungsebene die volkswirtschaftlichen Kosten für Erdkabel meist nicht höher sind als bei Freileitungen.

Grundlage des Um- und Ausbaus auf Verteilnetzebene sollte eine regionale **integrierte und vorausschauende Netzplanung** sein. Dies bedeutet, dass sich die geplante Netzkapazität an der im jeweiligen Netzgebiet mittelfristig zu erwartenden – und nicht bloß der bereits fertig installierten – Leistung aus erneuerbaren Energien orientieren sollte. So werden unnötige Netzengpässe und Abregelungen von erneuerbaren Erzeu-

gungsanlagen vermieden, weil der Ausbau der Verteilnetze dem Ausbau der erneuerbaren Energien nicht mehr ständig hinterherhinkt. Gleichzeitig muss gewährleistet sein, dass der Netzausbau zum Anschluss von erneuerbaren Erzeugungsanlagen nicht deshalb verzögert wird, weil die Kraftwerksbetreiber und die damit verbundenen Netzbetreiber um die optimale Auslastung ihrer fossilen Kraftwerke bangen.

Der NABU fordert:

- den zügigen Umbau der Verteilnetze zu Smart Grids, um Maßnahmen zur Netzentlastung zu ermöglichen,
- die komplette Erdverkabelung aller neuer Leitungen bis einschließlich 110 kV und
- eine integrierte, vorausschauende Netzplanung auf Verteilnetzebene, um die zügige Netzintegration erneuerbarer Energien zu ermöglichen.

### Netzanbindung der Offshore-Windparks

Die existierenden und geplanten Windparks in Nord- und Ostsee müssen mit Seekabeln an das Übertragungsnetz an Land angeschlossen werden. Die Verlegung von Seekabeln stellt einen Eingriff in Meeresökosysteme dar, der so weit wie möglich minimiert werden sollte. Der NABU fordert dazu eine räumliche und zeitliche Bündelung der Kabeltrassen, eine optimierte Trassenführung (außerhalb von sensiblen Gebieten) sowie schonende Kabelverlegungstechniken mit naturschutzfachlicher Baubegleitung (insbesondere im Wattenmeer).

Gerade die erstgenannte Option, die **Sammel- oder Clusteranbindung** mehrerer Offshore-Windparks als Regelfall, kann dazu beitragen, die Eingriffstiefe deutlich zu reduzieren, weil dadurch die Anzahl der Kabeltrassen minimiert wird. Dazu braucht es einen vorausschauenden Offshore-Netzausbau, der Netzanbindungskapazitäten über den jeweils aktuellen Bedarf hinaus bereitstellt, anstatt nur den jeweils fertiggestellten Windpark einzeln anzuschließen. Damit die zuständigen ÜNB derartige Investitionsvorhaben refinanzieren können, muss die bisherige strikte Effizienz-

enzorientierung des EnWG und der BNetzA überwunden werden. Die im Juli 2011 verabschiedeten Änderungen im EnWG sind in diesem Zusammenhang als Schritt in die richtige Richtung zu bewerten. Eine kontinuierliche Festsetzung von Eignungsgebieten für die Windenergienutzung (mit Ausschlusswirkung für alle anderen Meeresgebiete) und dazugehörigen Korridoren für die Netzanbindung im Rahmen der Raumordnung für die deutsche Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) würde den systematischen Sammelanschluss zusätzlich erleichtern.

Wie an Land sollte zudem eine regelmäßig zu aktualisierende, umfassende Netzplanung Grundlage des Netzausbaus sein. Die Trassenfestlegungen und -alternativen in einem solchen **Offshore-Netzplan** müssen einer qualitativ hochwertigen SUP unterzogen werden. Die Ergebnisse müssen zudem auch für Dritte überprüf- und anfechtbar sein, bevor sie als verbindlicher Bestandteil in die Raumordnungspläne für die AWZ der Nord- und Ostsee sowie der Bundesländer integriert werden. Die anschließenden Genehmigungen für die Netzanbindung sollten – möglichst aus einer Hand für AWZ und Zwölf-Meilen-Zone – als Planfeststellungsverfahren realisiert und damit UVP-pflichtig werden. Die dadurch möglichen Ermessenserwägungen können ebenfalls Sammelanbindungen von Offshore-Windparks befördern.

Bei möglichst allen Netzanbindungen von Offshore-Windparks sollte die **HGÜ-Technologie** zum Einsatz kommen, damit ohne technischen Zusatzaufwand eine verlustarme Weiterleitung als Gleichstrom über weite Strecken an Land in die Verbrauchsschwerpunkte im Süden und Westen möglich wird.

Wichtig ist, dass die Netzanbindung der Offshore-Windparks nicht zum Flaschenhals des Ausbaus der Offshore-Windenergie wird. Daher begrüßt der NABU die unbefristete **Verpflichtung für die ÜNB**, den Netzausschluss für Windparks auf See rechtzeitig bereitzustellen. Wer einen genehmigten Offshore-Windpark realisiert, muss sicher sein können, dass zum Zeitpunkt der Fertigstellung die komplette Netzanbindung verfügbar ist. Andernfalls muss der ÜNB die entfallenden Einspeisevergütungen komplett ersetzen.



Der NABU fordert:

- die möglichst weitgehende Sammelanbindung von Offshore-Windparks zur Minimierung der Eingriffe ins Meeresökosystem,
- eine umfassende Offshore-Netzplanung mit Strategischer Umweltprüfung,
- die Realisierung der Offshore-Netzanbindung mit HGÜ-Seekabeln.

### Um- und Ausbau von Energiespeichern

Die Erweiterung von Kapazitäten zum Stromtransport und zur Stromspeicherung stehen prinzipiell in **wechselseitigem Zusammenhang**: Je stärker die Leitungskapazitäten ausgebaut werden, desto weniger neue Stromspeicher braucht es – und umgekehrt. Kompletter Ersatz lässt sich jedoch keine der beiden Optionen. Denn die Lastspitzen im Süden und Westen Deutschlands können nun mal nur durch verstärkte Stromleitungen an die Erzeugungsschwerpunkte im Norden und Osten angebunden werden. Umgekehrt erübrigt selbst eine großräumige, europäische Vernetzung von Erzeugern und Lasten nicht den Ausbau von Speichern in Deutschland zum Ausgleich von regionalen stunden- und tageweisen Schwankungen. Und auch alle denkbaren, im ersten Kapitel genannten Maßnahmen zur Netzentlastung ersetzen weder vollständig den Bedarf an zusätzlichen Stromleitungen noch an neuen Speicherkapazitäten.

Nicht zuletzt weil Maßnahmen zum Netzausbau und -ausbau grundsätzlich günstiger als der Bau von Speichern sind, gilt es aus volkswirtschaftlichen Gründen, letzteren zu minimieren. Auch zeitlich ist die Anpassung der Netzinfrastruktur vorrangig gegenüber der Speicherinfrastruktur. Aber schon im Jahr 2020 ist selbst bei zügigem Netzausbau mit relevanten Stromüberschüssen aus erneuerbaren Energien zu rechnen – mit entsprechendem **Speicherbedarf**. Für eine nahezu vollständig auf erneuerbaren Energien basierende Stromversorgung in 2050 schwanken die Schätzungen für den Speicherbedarf zwischen 0,5 und acht Prozent des derzeitigen Jahresstromverbrauchs von etwa 615 Terawattstunden elektrischer Leistung (TWh<sub>el</sub>): also

1,5 bis 50 TWh<sub>el</sub> gespeicherter Energie bzw. 50 bis 80 GW Speicherleistung. Im Vergleich dazu beträgt die Kapazität der heute in Deutschland vorhandenen Großspeicher (v. a. Pumpspeicher) bislang lediglich circa 0,04 TWh<sub>el</sub> und deren Leistung ungefähr 7 GW.

Leider nicht komplett vermeidbar ist die **Nutzung von Speichern für Strom aus konventionellen Kraftwerken**: Solange noch Kohle- und Atomkraftwerke am Netz sind, lässt sich aus technischen und wettbewerbsrechtlichen Gründen nicht ausschließen, dass auch Strom von dort gespeichert wird. Dies gilt auch gerade für Pumpspeicherkraftwerke in räumlicher Nähe zu Atommeilern. Aber je weiter der Anteil erneuerbarer Energien im Strommix steigt, desto größer wird auch die Speichernutzung durch Strom aus regenerativen Quellen. Aus diesem Grund ist eine klare, grundsätzliche Systementscheidung und Politik für eine Stromversorgung auf Basis erneuerbarer Energien Voraussetzung für die gesellschaftliche Akzeptanz von Speicherprojekten.

Zum Ausgleich der in einem Zielsystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien besonders relevanten tage- und wochenweisen sowie saisonalen Schwankungen – beispielsweise durch großflächige Windflauten verursacht – sind insbesondere Technologien mit großer Speicherkapazität (Energieinhalt) von Interesse. **Zentrale Großspeicheranlagen** in Verbindung mit Netzausbau bieten im Vergleich zur dezentralen Speicherung den Vorteil, dass sie das gesamte Versorgungssystem optimieren können und aufgrund von Skaleneffekten in der Regel kostengünstiger sind. **Dezentrale Speichersysteme** erfordern dagegen geringere Stromtransportkapazitäten und sind häufig schneller realisierbar. Beide Komponenten werden benötigt. Dabei kommen insbesondere die folgenden Energieformen bzw. Speicherverfahren in Frage:

- potenzielle Energie mit Pumpspeichern,
- mechanische Energie mit Druckluftspeichern,
- chemische Energie mit Wasserstoff oder Methan,
- elektrochemische Energie mit Batterien.

**Pumpspeicherkraftwerke** bestehen durch einen sehr guten Gesamtwirkungsgrad zwischen 75 und 83 Prozent und eine hohe technische Ausgereiftheit sowie wichtige Beiträge zu Systemsicherheit und Netzstabilität. Andererseits ist der Neubau von Pumpspeicher-

kraftwerken mit hohen Kosten und enormen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden. Die Ausbaupotenziale dieser Technologie hierzulande sind aufgrund der topografischen Gegebenheiten (geringer Anteil von Gebirgen an der Landesfläche) begrenzt: Eine Kapazitätsausweitung auf 0,06 TWh<sub>el</sub> bzw. 10 GW ist projektiert, darüber hinaus werden die Potenziale auf weitere 3-4 GW geschätzt.

Größere Pumpspeicherkapazitäten könnten vor allem in **Skandinavien** entstehen. So verfügen Norwegen und Schweden über Speicherwasserkraftwerke mit einem Energieinhalt von zusammen ca. 120 TWh<sub>el</sub> und einer Leistung von 48 GW. Diese Kapazitäten können zumindest teilweise durch den Bau von Steigleitungen und den Einbau zusätzlicher Pumpen als Pumpspeicherkraftwerke nutzbar gemacht werden. Damit könnten ggf. auch länger anhaltende Windflauten ausgeglichen werden. Aber auch diese Eingriffe wären nicht ohne Auswirkungen auf Natur- und Artenschutz, Landschaftsbild und Tourismus – zumal zahlreiche zusätzliche grenzüberschreitende Stromtransportleitungen erforderlich wären. Zudem läge der Wirkungsgrad aufgrund der Verluste über den weitläufigen Stromtransport bei lediglich 65 Prozent. Und es ist nicht davon auszugehen, dass mögliche skandinavische Speicherkapazitäten allein Deutschland zur Verfügung stünden. Ähnliche Erwägungen gelten für die Pumpspeicherkapazitäten in Österreich und der Schweiz.

Wirkungsgrade von ca. 70 Prozent ermöglicht die **adiabate Druckluftspeicherung**. Die Investitionskosten dieser Technologie liegen deutlich unter denen von Pumpspeicherkraftwerken, die Betriebskosten jedoch darüber, so dass sich die Technologie heute noch nicht rechnet. Der Landschaftsverbrauch ist deutlich geringer, Umweltprobleme bereiten dagegen die gewaltigen Sole-Mengen, die beim Aushöhlen der Salzkavernen anfallen. Die Technologie ist noch längst nicht marktreif: das erste Demonstrationskraftwerk ist für 2016 geplant. Langfristig werden die Druckluftspeicherpotenziale in Deutschland auf bis zu 3,5 TWh<sub>el</sub> geschätzt. Da diese Potenziale wegen der dortigen Salzkavernen vor allem in Norddeutschland liegen, eignet sich die Technologie – die entsprechenden politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen vorausgesetzt – zum kurzzeitigen regionalen Ausgleich von Erzeugungsspitzen und Flauten bei der Windenergie und ist damit womöglich eine gute Ergänzung zu den südli-

chen Pumpspeicherkraftwerken in den Mittel- und Hochgebirgen.

Während die Pump- und Druckluftspeicherkapazitäten in Deutschland auch perspektivisch nur zur Ausbalancierung von stunden- und tageweisen Schwankungen ausreichen werden, ist die Umwandlung von überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien in Methan (**Renewable-Power-Methane**, RPM) geeignet, auch langfristige saisonale Flauten auszugleichen und Energie sektorübergreifend bereitzustellen. RPM erreicht bis zum Prozessschritt der Methanspeicherung einen Wirkungsgrad von circa 60 Prozent, über die gesamte Prozesskette (bei Rückverstromung ohne Wärmeauskopplung) jedoch nur einen Wirkungsgrad von ca. 36 Prozent. Andererseits bietet es entscheidende Vorteile aufgrund der multifunktionalen Einsetzbarkeit und der hohen Energiedichte des erzeugten Methans. So würde das Stromnetz mit dem Erdgasnetz verknüpft und dessen immense Speicherkapazitäten von 200 TWh<sub>th</sub> (entspricht bei effizienter Rückverstromung 120 TWh<sub>el</sub>) würden dezentral nutzbar. Zudem stehen durch die dafür bereits vorhandene Gas-Infrastruktur in den Bereichen Wärme, Verkehr und Industrie enorme sektorübergreifende Nutzungspotenziale zur Verfügung. Mit dem RPM-Konzept würde so perspektivisch ein dezentraler Langzeitspeicher geschaffen.

Dezentrale Speicherung können auch **Batterien** leisten – dabei prinzipiell auch diejenigen, die in Elektrofahrzeuge eingebaut sind bzw. sein werden. Da die Speicherkapazitäten von Batterien meist stark begrenzt sind, dienen sie jedoch eher als Kurzzeitspeicher für wenige Stunden. Ihre Wirkungsgrade sind stark technologieabhängig und reichen von 67 bis 95 Prozent. So können Batteriespeicher eingesetzt werden, um regionale Versorgungsaufgaben zu lösen, beispielsweise die Kopplung mit PV-Anlagen zur Deckung des Eigenbedarfs. Sie ersetzen damit jedoch nicht den o. g. Bedarf an zentralen Großspeichern. Außerdem bringt die massive Nachfrage nach Batterien Rohstoffkonflikte und Entsorgungsprobleme mit sich.

Betrachtet man die wichtigsten Kriterien – Wirkungsgrad, Kosten, Ausbaupotenzial, Passung ins Gesamtsystem sowie Auswirkungen auf Mensch und Natur – dann wird deutlich, dass Deutschland auf einen Mix der o. g. Technologien im In- und Ausland zurückgrei-

fen muss. Klar wird auch, dass ein **deutlicher Ausbau der Stromspeicherkapazitäten in Deutschland** unvermeidbar ist. Daran ändert auch der zunächst langsam steigende Speicherbedarf nichts. Schließlich befinden sich viele Technologien erst im Entwicklungsstadium, andere benötigen lange Planungs- und Realisierungszeiten.

Der NABU fordert:

- die Ausrichtung aller Um- und Ausbaumaßnahmen bei Speichern an den Anforderungen eines Stromversorgungssystems, das zunehmend und bis spätestens 2050 komplett auf erneuerbaren Energien beruht,
- ein bundesweit abgestimmtes Konzept für den schrittweisen Ausbau von dezentralen und zentralen Stromspeicherlösungen,
- die zentrale Berücksichtigung von Fragen des Natur- und Artenschutzes bei der Planung und Realisierung neuer Speicherprojekte,
- perspektivisch die entfristete Befreiung neuer Speicheranlagen von Netznutzungsentgelten, um so zusätzliche Anreize zum Bau neuer Speicher zu setzen und der Tatsache Rechnung zu tragen, dass Stromspeicher – optimal eingesetzt – einen Beitrag zur *Netzentlastung* leisten,
- so weit erforderlich, darüber hinaus weitere Förderanreize für die Entwicklung und den bedarfsgerechten Einsatz von Speichertechnologien.

## Glossar

- **Ausschließliche Wirtschaftszone** (oder auch 200-Meilen-Zone): Damit wird völkerrechtlich das Gebiet jenseits des Küstenmeeres bis zu einer Entfernung von 200 Seemeilen bezeichnet, in dem der angrenzende Küstenstaat Hoheitsbefugnisse wie das alleinige Recht zur wirtschaftlichen Ausbeutung (einschließlich der Windenergienutzung) wahrnehmen kann.
- **Druckluftspeicherkraftwerk:** Bei der Druckluftspeicherung wird überschüssige elektrische Energie genutzt, um Umgebungsluft zu komprimieren und in unterirdischen Salzkavernen zu speichern. Wenn elektrische Energie im Netz benötigt wird, lässt man die Druckluft aus der Salzkaverne entweichen, um eine Turbine anzutreiben. Da bei Expansion der Luft wieder Wärme zugeführt werden muss, um die Vereisung der Turbinen zu vermeiden, wird die adiabate Druckluftspeicherung entwickelt. Dabei wird die bei der Verdichtung entstehende Wärme zwischengespeichert, um die komprimierte Druckluft vor ihrer Nutzung wieder auf die notwendige Temperatur zu erwärmen.
- **Erzeugungsmanagement:** Darunter versteht sich die zeitweise Reduzierung der Leistung von Erzeugungsanlagen bis zu deren kompletter Abschaltung, um der Stromnachfrage im Netz zu entsprechen.
- **Freileitungsmonitoring:** Die Transportkapazität einer Stromleitung wird vor allem durch ihre maximale Erwärmung begrenzt. Hohe Ströme und die damit verbundenen, hohen Leitertemperaturen bringen einen größeren Durchhang des Leiterseils und damit einen verringerten Abstand zum Boden mit sich. Die maximale Erwärmung bzw. Auslastung einer Stromfreileitung hängt von den klimatischen Umgebungsbedingungen ab. Anstatt hier von konservativen, standardisierten Werten auszugehen, werden beim Freileitungsmonitoring die realen klimatischen Umgebungsdaten erfasst. So kann die Belastbarkeit der Leiterseile wetterbedingt meist deutlich weiter

ausgereizt werden – die Transportkapazität steigt um bis zu 50 Prozent.

- **Gleichstrom:** So nennt man einen elektrischen Strom, der über die Zeit betrachtet seine Richtung nicht ändert. Gleichstrom kann in Akkumulatoren gespeichert sowie verlustarm auf Höchstspannungsebene über weite Strecken transportiert werden. Allerdings kann die elektrische Spannung von Gleichstrom nicht verändert werden.
- **Hochspannung:** Bei der Stromübertragung spricht man bei elektrischen Spannungen von 60 bis 110 kV von Hochspannung. Hochspannungsleitungen gehören zur Ebene der Verteilnetze.
- **Höchstspannung:** Die Übertragung von elektrischen Spannungen von 220 und 380 kV werden in Deutschland als Höchstspannungsleitungen bezeichnet. Sie gehören zur Ebene der Übertragungsnetze. In anderen Ländern sind auch noch höhere Spannungen wie 750 kV üblich.
- **Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung:** HGÜ ist ein Verfahren der elektrischen Energieübertragung mit Gleichstrom mit Spannungen von über 100 kV. Es eignet sich zur verlustarmen Übertragung von großen Strommengen über hohe Entfernungen.
- **Hochtemperaturseile:** Leiterseile aus hochtemperaturfestem Aluminium sind auf Betriebstemperaturen von 150°C und mehr ausgerichtet, so dass eine um 50 Prozent höhere Belastbarkeit gegenüber den heute standardmäßig eingesetzten Leiterseilen mit einem Limit von 80°C Betriebstemperatur erreicht werden kann. Diese Leiterseile werden als Hochtemperaturleiter bezeichnet und sind Stand der Technik.
- **Kombikraftwerk** (oder auch virtuelles Kraftwerk): Gemeint ist damit die Zusammenschaltung von kleinen, dezentralen Stromerzeugern, wie zum Beispiel Photovoltaikanlagen, Kleinwasserkraftwerke und Biogasanlagen, aber auch Windenergieanlagen und Blockheizkraftwerke zu einem Verbund, um die – zum Teil schwankende – Erzeugungskapazität der einzelnen Anlagen auszugleichen.
- **Lastmanagement** (oder auch Demand-Side-Management): Darunter versteht sich die Steuerung der Stromnachfrage bei Abnehmern in Industrie, Gewerbe und Privathaushalten in Abhängigkeit vom Stromangebot im Netz.
- **Overlay-Netz:** Ein sogenanntes Overlay-Netz soll dem großräumigen Stromtransport dienen. Zwei der dabei diskutierten Varianten sind ein Netz mit einer Wechselspannung oberhalb der bisherigen Höchstspannungsebene (z.B. 750 Kilovolt) sowie HGÜ-Leitungen.
- **Pumpspeicherkraftwerk:** Ein Wasserkraftwerk, das neben dem üblichen Generatorbetrieb zur Stromerzeugung auch für einen Pumpbetrieb zum Rücktransport des Wassers ausgelegt ist, wird als Pumpspeicherkraftwerk bezeichnet. Es kann damit elektrische Energie aus dem Netz aufnehmen und wieder ins Netz einspeisen.
- **Renewable-Power-Methane:** Im so genannten Renewable-Power-Methane-Konzept wird regenerativ erzeugte elektrische Energie mithilfe von Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt. Dieser wird wiederum mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in einer thermochemischen Synthese zu Methan konvertiert. Methan kann ins Erdgasnetz eingespeist werden und damit als zur Strom- und Wärmeenergieerzeugung in Kraftwerken, zur Heizung von Gebäuden und als Treibstoff in Fahrzeugen verwendet werden.
- **Smart Grid** (oder auch intelligentes Netz): Um Netzführung, Stromerzeugung, -speicherung und -verbrauch intelligent aufeinander abzustimmen und flexibel zu steuern, müssen im Stromnetz Informations-, Kommunikations- und Steuerungstechnologien installiert werden.
- **Smart Meter** (oder auch intelligenter Zähler): Damit wird ein Zähler für Energie bezeichnet, der dem jeweiligen Anschlussnutzer den jeweils aktuellen, tatsächlichen Energieverbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit anzeigt. Ein intelligenter

Zähler kann die Daten automatisch an das Energieversorgungsunternehmen übertragen, so dass auch für den Kunden differenzierte Darstellungen und Auswertungen möglich sind.

- **Strategische Umweltprüfung:** Die Strategische Umweltprüfung ist ein durch EU-Richtlinie vorgesehene, systematisches Prüfungsverfahren, mit dem die Umweltaspekte bei strategischen Planungen und dem Entwurf von Programmen untersucht werden. Typische Anwendungsfälle sind Regionalentwicklungspläne, Bauleitpläne, Verkehrskonzepte, Abfallwirtschaftspläne, Energiekonzepte, Tourismusprogramme etc.
- **Übertragungsnetz** (oder auch Transportnetz): Das Übertragungsnetz dient dem überregionalen Transport von großen Mengen elektrischer Energie von zentralen, großen Kraftwerken über Höchstspannungsleitungen mit Wechselstrom oder Gleichstrom. In Deutschland gibt es vier Übertragungsnetzbetreiber, deren Stromleitungen rund 35.000 Kilometer Länge aufweisen.
- **Umweltverträglichkeitsprüfung:** Die UVP ist ein gesetzlich vorgesehene, systematisches Prüfungsverfahren, mit dem die unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen von Vorhaben auf die Umwelt im Vorfeld der Entscheidung über die Zulässigkeit des Vorhabens festgestellt, beschrieben und bewertet werden. Die Ergebnisse der im
- **Verteilnetze:** Zu den Verteilnetze zählen die meisten Hochspannungsleitungen mit 110 kV, das Mittelspannungsnetz mit bis zu 50 kV und das Niederspannungsnetz (400 oder 230 Volt). Umspannwerke bringen den Strom innerhalb der Verteilnetze auf die jeweils richtige Spannungsebene. Während Industriebetriebe auch Strom aus den höheren Netzebenen beziehen, versorgt das Niederspannungsnetz die Haushalte und andere Kleinabnehmer. Die 1,7 Millionen Kilometer Verteilnetze in Deutschland liegen in den Händen von 866 Verteilnetzbetreibern.
- **Wechselstrom:** Damit bezeichnet man einen elektrischen Strom, der seine Richtung periodisch verändert. In Europa geschieht das im Normalfall 50 mal in der Sekunde – die Netzfrequenz von 50 Hz. Wechselstrom kann problemlos auf verschiedene Spannungsebenen transformiert werden.
- **Zwölf-Meilen-Zone:** Die Gewässerzonen von der Küste bis maximal 12 Seemeilen stellen die Küstengewässer. Sie gehören zum Staatsgebiet der Bundesrepublik und zum Hoheitsgebiet des jeweiligen Bundeslandes.

### Tipps zum Weiterlesen

Agentur für Erneuerbare Energien (2011): Erneuerbare im Netz – Die notwendige Anpassung der Versorgungsinfrastruktur. [http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/50\\_Renews\\_Spezial\\_Erneuerbare\\_im\\_Netz\\_online.pdf](http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/50_Renews_Spezial_Erneuerbare_im_Netz_online.pdf)

Bundesamt für Naturschutz (2009): Naturschutzfachliche Analyse von küstennahen Stromleitungen. [http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/endbericht\\_ausbau\\_stromleitung\\_kueste.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/endbericht_ausbau_stromleitung_kueste.pdf)

Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (2008): Energiespeicher – Stand und Perspektiven. <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab123.pdf>

Consentec & R2B Energy Consulting (2010): Voraussetzungen einer optimalen Integration erneuerbarer Energien in das Stromversorgungssystem. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie.

## NABU-HINTERGRUND – Umbau der Stromversorgungsinfrastruktur

---

<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/endbericht-optimale-intergration-erneuerbare-energie,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

Deutsche Energieagentur (2010): dena-Netzstudie II – Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025.

[http://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Download/Dokumente/Studien\\_Umfragen/Endbericht\\_dena-Netzstudie\\_II.PDF](http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Studien_Umfragen/Endbericht_dena-Netzstudie_II.PDF)

Deutsche Umwelthilfe (2010): Plan N – Handlungsempfehlungen an die Politik.

[http://www.duh.de/uploads/media/Plan\\_N\\_Final\\_07122010.pdf](http://www.duh.de/uploads/media/Plan_N_Final_07122010.pdf)

Ecofys (2009): Stromnetze 2020plus. Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen.

[http://www.ecofys.com/de/veroeffentlichungen/Gutachten\\_Ecofys\\_Stromnetze\\_2020plus.pdf.pdf](http://www.ecofys.com/de/veroeffentlichungen/Gutachten_Ecofys_Stromnetze_2020plus.pdf.pdf)

ENTSOE & Europacable (2010): Machbarkeit und technische Aspekte der Teilverkabelung von Höchstspannungsleitungen. <http://www.europacable.com/files/Gemeinsame%20Studie%20ENTSOE-E%20Europacable%20Juni%202011.pdf>

Forschungsgruppe Umweltpsychologie (2010): Umweltpsychologische Untersuchung der Akzeptanz von Maßnahmen zur Netzintegration Erneuerbarer Energien in der Region Wahle – Mecklar (Niedersachsen und Hessen). [http://www.forum-netzintegration.de/uploads/media/Abschlussbericht\\_Akzeptanz\\_Netzausbau\\_Juni2010.pdf](http://www.forum-netzintegration.de/uploads/media/Abschlussbericht_Akzeptanz_Netzausbau_Juni2010.pdf)

ForWind (2005): Vergleichende Studie zu Stromübertragungstechniken im Höchstspannungsnetz.

[http://www.forwind.de/forwind/files/forwind-oswald-studie-langfassung\\_05-09-23\\_1.pdf](http://www.forwind.de/forwind/files/forwind-oswald-studie-langfassung_05-09-23_1.pdf)

Fraunhofer IWES (2010): Energiewirtschaftliche Bewertung von Pumpspeicherwerken und anderen Speichern im zukünftigen Stromversorgungssystem. [http://www.fvee.de/fileadmin/politik/IWES\\_Gutachten-Pumpspeicher.pdf](http://www.fvee.de/fileadmin/politik/IWES_Gutachten-Pumpspeicher.pdf)

Fraunhofer IWES (2011): Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung eines Windgas-Angebotes.

[http://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/sonstiges/Greenpeace\\_Energy\\_Gutachten\\_Windgas\\_Fraunhofer\\_Sternier.pdf](http://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/sonstiges/Greenpeace_Energy_Gutachten_Windgas_Fraunhofer_Sternier.pdf)

NABU (2005): Vorsicht Stromschlag. Empfehlungen zum Vogelschutz an Energiefreileitungen.

[http://www.nabu.de/vogelschutz/vorsicht\\_stromschlag.pdf](http://www.nabu.de/vogelschutz/vorsicht_stromschlag.pdf)

Niedersächsische Staatskanzlei (2007): Fakten zum Netzausbau. <http://www.netzausbau-niedersachsen.de/downloads/faktenzumnetzausbau.pdf>

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2011): Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung.

[http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02\\_Sondergutachten/2011\\_Sondergutachten\\_100Prozent\\_Erneuerbare.pdf;jsessionid=384F1E89FC7D08264B6BF7A314F34FB7.1\\_cid135?\\_blob=publicationFile](http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2011_Sondergutachten_100Prozent_Erneuerbare.pdf;jsessionid=384F1E89FC7D08264B6BF7A314F34FB7.1_cid135?_blob=publicationFile)

## Kontakt

**NABU-Bundesverband, Elmar Große Ruse, Referent für Energiepolitik und Klimaschutz**  
Tel. 030-284984-1611, E-Mail: [Elmar.Grosse-Ruse@NABU.de](mailto:Elmar.Grosse-Ruse@NABU.de)

**Impressum:** © 2011, Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V.

Charitéstraße 3, 10117 Berlin, [www.NABU.de](http://www.NABU.de). Text: Elmar Große Ruse, Fotos: Fotolia/C. Otte, Pixelio/G. Schönemann, Fotolia/pikealot, 07/2011