



Ergebnispapier.

Der Beitrag von Pumpspeicherwerken zur Netzstabilität und zur Versorgungssicherheit – die wachsende Bedeutung von Pumpspeicherwerken für die Energiewende.

Mit der Umsetzung des Energiekonzepts der Bundesregierung sowie dem Ausstieg aus der Kernenergienutzung bis 2022 ist eine tiefgreifende Umstrukturierung des Stromversorgungs- bzw. des gesamten Energiesystems in Deutschland verbunden. Diese ist im Stromsektor maßgeblich von einem starken Ausbau von Stromerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energiequellen (EE) gekennzeichnet, wobei der Ausbau der EE von Windenergie und Photovoltaik dominiert wird. Deren dargebotsabhängige, fluktuierende Einspeisung bringt verschiedene Herausforderungen mit sich.

In Zukunft wird das Energieversorgungssystem von weiter zunehmenden Flexibilitätsanforderungen gekennzeichnet sein. Die Nachfrage der Übertragungsnetzbetreiber nach Systemdienstleistungsprodukten wird daher voraussichtlich weiter ansteigen. Dies gilt nicht nur für den Umfang der nachgefragten Systemdienstleistungsprodukte, sondern auch für deren technische Ausprägung. Steigende Gradienten der Residuallast erfordern einen immer flexibleren konventionellen Kraftwerkspark, der jedoch heute schon unter starkem wirtschaftlichen Druck leidet. Durch den steigenden Anteil an fluktuierenden EE nimmt die Bedeutung der Regelleistungsmärkte, insbesondere zum Ausgleich von Prognoseungenauigkeiten, zu. Deren Auswirkungen führen zwar zu einem - durch den Netzausbau beeinflussten - Rückgang des Redispatch, lassen die Erfordernisse an das Stromsystem jedoch weiter wachsen. Insbesondere in Stunden mit geringer Residuallast, wenn geringe konventionelle Erzeugungsleistung am Netz ist, leisten Pumpspeicher einen wesentlichen Beitrag zum Ausgleich von Prognoseabweichungen und fördert darüber hinaus die Integration der Strommengen aus erneuerbaren Energien

Die positive Wirkung der PSW entfaltet sich im europäischen Binnenmarkt über die Landesgrenzen hinweg, insbesondere innerhalb des Marktgebiets Deutschland-Österreich. Eine grenzüberschreitende Bereitstellung von Systemdienstleistungen aus Pumpspeicherwerken erhöht die Flexibilität des Stromsystems. Dieser Vorgehensweise entgegenstehenden Hemmnisse sollten abgebaut werden:

- Das aktuell in Deutschland praktizierte Stromnetzentgeltmodell benachteiligt Pumpspeicherkraftwerke durch die Verpflichtung zur Zahlung von Letztverbraucherabgaben, obwohl diese durch die Bereitstellung von Systemdienstleistungen einen positiven Beitrag zur Netzstabilität leisten. Im gesamten Prozess der Pumpspeicherung fällt das Netzentgelt doppelt an. Das PSW zahlt Netzentgelt beim Bezug von Strom (Pumpbetrieb) als sog. Letztverbraucher, obwohl der endgültige Abnehmer des aus dem PSW in seiner Funktion als Kraftwerk wiederum ausgespeicherten und in das Netz eingespeisten Stroms nochmals Netznutzungsentgelt zahlt.
- Um eine konsistente Bewertung und Anreizsetzung für Flexibilität und Systemdienstleistungen zu gewährleisten, sollte geprüft werden, ob in der langfristigen Perspektive bei der Ermittlung der Wertigkeit von Systemdienstleistungsprodukten, insbesondere auch für in Zukunft neu zu schaffende Pro-

dukte, neben bilateralen Verträgen, regulierten Vergütungen und bisher nicht vergüteten Produkten und Leistungen, auf ein Marktergebnis zurückgegriffen werden sollte.

- PSW verfügen über eine Reihe von Alleinstellungsmerkmalen, wodurch sie im Rahmen der Energiewende Vorteile gegenüber anderen Technologien ausweisen, die Strom entweder nur speichern oder nur erzeugen können bzw. die einzelne Systemdienstleistungsprodukte nur in begrenztem Umfang anbieten können.
- PSW sind derzeit die einzige Speichertechnologie, die heute schon in großem Umfang Strom zu speichern vermag. Zudem haben sie systemstabilisierende Eigenschaften durch die flexible Integration der erneuerbaren Energien, die Glättung von Residuallasten, Redispatch und die Fähigkeit zum Netzwiederaufbau.
- Darüber hinaus sollten Ansätze zur Entwicklung und Umsetzung regionaler Energiekonzepte mit dem Ziel, erneuerbare Energien möglichst am Ort der Erzeugung zu speichern und auszuregeln, mit Nachdruck weiterverfolgt werden..

Gegenwärtig stehen dem deutschen Stromsystem PSW mit einer Netto-Nennleistung von ca. 9.240 MW zur Verfügung. Davon entfallen rund 1.800 MW und 1.100 MW auf Anlagen in Österreich (Vorarlberg) und Luxemburg (Vianden), die an das deutsche Stromnetz angeschlossen sind. Die Nennleistung der einzelnen Pumpspeicher reicht von wenigen MW bis hin zu 1.052 MW.

- Der aktuelle Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2015 (NEP) geht in allen Szenarien von einem PSW Zubau auf 8.600 bis 12.700 MW Kapazität bis 2025 aus.
- Eine Betrachtung aktueller Neu- bzw. Ausbauprojekte in Deutschland und den Nachbarstaaten Österreich, Luxemburg und Schweiz verdeutlicht, dass umfangreiche Ausbaupotenziale für Pumpspeicher vorhanden sind: Derzeit befinden sich 23 Pumpspeicherprojekte in Deutschland im Planungsstadium.
- Mit einer gesamten Leistung von ca. 7.500 MW ließe sich die aus deutschen Pumpspeichern bereitstellbare Flexibilität damit bereits mehr als verdoppeln. Detaillierte Potenzialstudien zeigen, dass über die aktuell geplanten Projekte hinaus ein erhebliches Ausbaupotenzial für PSW in Deutschland besteht. Die Möglichkeiten zur zukünftigen Nutzbarmachung dieses Potenzials werden insbesondere von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängen.

Wachsender Bedarf an Flexibilitäten und Systemdienstleistungen im Stromsystem.

Mit wachsendem Ausbau der erneuerbaren Energien wird die Erzeugung aus Wind und Photovoltaik in zunehmender Anzahl an Stunden weit oberhalb der Stromnachfrage (bei Starkwind und hoher Sonneneinstrahlung) und gleichermaßen weit unterhalb des Bedarfs (bei Schwachwind und geringer Sonneneinstrahlung) liegen. Auch ist von steigenden Gradienten¹ der EE-Erzeugung, insbesondere im kurzfristigen Zeitbereich (Wolkenzug, Windfronten und Flauten etc.) auszugehen, die zudem sehr schwer prognostizierbar sind. Die Steuerung und der Ausgleich dieser Schwankungen stellt die Betriebsführung der Stromnetze vor immer größere Herausforderungen, die mittel- und langfristig durch sinkende Marktanteile der konventionellen, gut steuerbaren Anlagen weiter verstärkt werden. Insgesamt steigt mit dem Anteil von EE im Stromsystem der Flexibilitätsbedarf deutlich, um einen stabilen Betrieb des Stromversorgungssystems zu gewährleisten. Durch den zu großen Teilen nicht am regionalen Strombedarf ausgerichteten Ausbau der erneuerbaren Einspeisekapazitäten in Deutschland steigt zudem der räumliche und zeitliche Ausgleichsbedarf im Stromsystem erheblich.

Um diesen steigenden Bedarf an Flexibilität zu decken, ist die Erschließung verschiedener Flexibilitätsoptionen wie der Um- und Ausbau der Stromnetzinfrastuktur, erzeuger- und verbraucherseitiger Maßnahmen (Lastmanagement) sowie Speicher notwendig. Pumpspeicherwerken kommt im Kontext der Energiewende eine besondere und wachsende Bedeutung zu, da sie als Multifunktionskraftwerke in allen genannten Bereichen bereits heute einen wesentlichen Beitrag leisten – sie sind die derzeit einzige großtechnisch erprobte und verfügbare Stromspeichertechnologie, agieren als flexible Lasten oder Erzeuger im Stromsystem und erbringen mit ihren verschiedenen Systemdienstleistungen wichtige Beiträge zur Netzstabilität und damit zur Versorgungssicherheit.

Die dena-Plattform Pumpspeicherwerke – Partner der Energiewende – hat sich zum Ziel gesetzt, über die wachsende Bedeutung und die Alleinstellungsmerkmale von Pumpspeicherwerken für bestehende und sich entwickelnde Märkte zu informieren. Sie leisten einen kostengünstigen und unverzichtbaren Beitrag zum langfristigen Erfolg der Energiewende. Der Ausbau von PSW sollte deshalb weiter vorangetrieben werden.

Möglichkeiten von Pumpspeichern zur Bereitstellung von Flexibilität und systemdienstlichen Leistungen

In der Vergangenheit wurden Pumpspeicher vornehmlich für die intertemporale Arbitrage („Stromveredelung“) sowie zur Speicherung nicht bedarfsgerechter Stromproduktion genutzt, d.h. zu Zeiten niedriger Strompreise bzw. niedriger (Residual-)Last wurde der Speicher gefüllt und bei hohen Strompreisen entleert. Zur Gewährleistung eines sicheren Netzbetriebs sind Pumpspeicher jedoch seit jeher auch an der Erbringung von Systemdienstleistungen durch die Übertragungsnetzbetreiber maßgeblich beteiligt. Aufgrund ihrer technischen Eigenschaften bzw. Vorzüge können sie sehr gut für die Regelleistungserbringung eingesetzt werden, ebenso wird flexibel Blind- und Kurzschlussleistung erzeugt. Zusätzlich weisen Pumpspeicher hervorragende Schwarzstart- und Inselnetzfähigkeiten auf, so dass sie ein wesentlicher Bestandteil der Netzwiederaufbau-

¹ Als Gradienten bezeichnet man Sprünge in der erzeugten Leistung innerhalb eines Zeitintervalls nach oben oder unten. Je ausgeprägter die Gradienten sind, umso mehr ist die Systemstabilität gefährdet.

konzepte sind und sich in der Vergangenheit bei Netzstörungen hervorragend bewährt haben. In den letzten Jahren zeigte sich auch, dass sich der traditionelle Einsatzschwerpunkt von Pumpspeichern hin zu einer zunehmenden Beteiligung an den Regelleistungsmärkten verschiebt, woraus sich eine steigende Bedeutung für die Netzstabilität ableiten lässt.

Im Folgenden wird die besondere, multifunktionale Rolle die Pumpspeicherwerke aufgrund ihrer technischen Eigenschaften im Stromsystem herausgearbeitet und ihr künftiges Potential aufgezeigt.

Wichtiger Flexibilitätsbeitrag von PSW: Reaktion auf Leistungsgradienten

PSW bieten mit schnellen Leistungsänderungen in großem Umfang aktuell die einzige für die Netzbetreiber relevante Flexibilitätsoption.

Die Volatilitäten der Stromerzeugung und -nachfrage führen zu einer kontinuierlichen Veränderung der in einem Elektrizitätsversorgungssystem zu deckenden Last. Die Änderung der Stromlast bzw. der Erzeugungslleistung pro Zeiteinheit beschreibt den Leistungsgradienten. Die Fähigkeit der Aufrechterhaltung der Leistungsbilanz, also des jederzeitigen Ausgleichs von Last und Erzeugung im Stromversorgungssystem, wird somit durch die maximale Leistungsänderungsgeschwindigkeit der Erzeugungsanlagen (und ggf. steuerbarer Stromverbraucher) bestimmt.

Pumpspeicher können bei entsprechenden Beckenfüllständen im laufenden Betrieb und aus dem Stillstand heraus die angeforderten Arbeitspunkte im Pump- oder Turbinenbetrieb sehr schnell anfahren. Je nach Größe der Anlage können somit mehrere hundert MW sehr kurzfristig bereitgestellt werden. Die Maschinensätze sind in der Regel dazu in der Lage, selbst aus dem Stillstand heraus innerhalb von 75 bis 110 Sekunden ihre maximale Pump- bzw. Turbinenleistung zu erbringen. Hochflexible Pumpspeicher können dies aus dem laufenden Betrieb heraus sogar in wenigen Sekunden bewerkstelligen. Zusätzlich sind bei Pumpspeichern, im Gegensatz zu vielen thermischen Kraftwerken, sehr niedrige Teillastzustände von unter 30 % der Nennleistung beherrschbar. Aus der Teillast heraus kann die maximale Leistung dann bereits innerhalb von wenigen Sekunden abgefordert werden.

Netzstabilität: PSW als entscheidender Anbieter von Regelleistung und Momentanreserve

Die Frequenzhaltung und damit die kurzfristige Stabilität der Stromversorgung werden durch die Übertragungsnetzbetreiber sichergestellt, indem sie die aus Prognoseabweichungen entstehenden Ungleichgewichte zwischen Stromerzeugung und -verbrauch ausgleichen. Die Netzfrequenz dient dabei als technische Führungsgröße, die in einem sehr engen Toleranzbereich ($\pm 0,2$ Hertz) um den Sollwert von 50 Hertz gehalten werden muss. Eine darüber hinaus gehende Verletzung dieser Grenzen würde zur spontanen Schutzabschaltung verschiedenster Erzeugungseinheiten führen, womit die Gefahr eines Zusammenbruchs des Stromnetzes einherginge. Abweichungen vom Gleichgewicht müssen innerhalb weniger Sekunden ausgeglichen werden, indem entweder die Fahrweisen der Erzeuger oder die der Verbraucher angepasst werden. Die Frequenzhaltung erfolgt durch die Übertragungsnetzbetreiber unter Nutzung der Momentanreserve sowie durch den Einsatz von Regelleistung (Primär-, Sekundär- und Minutenreserveleistung).

Die Fähigkeit, steile Leistungsgradienten abzufahren, ermöglicht es Pumpspeichern, sich für die Teilnahme an allen drei Regelleistungsmärkten zu präqualifizieren und damit wesentliche Beiträge für die Netzstabilität zu erbringen. Da die Speicherkapazitäten der Pumpspeicher die für die Primärregelleistung erforderlichen Bereitstellungszeiten von 15 Minuten übertreffen, kann die Leistung der Pumpspeicher prinzipiell für die Primärregelung zur Verfügung gestellt werden. Die Bereitstellung von Primär-, Sekundär- und Minutenreserveleistung geht mit der Verpflichtung einher, die angebotene Leistung über einen längeren Zeitraum bereitstellen zu können. Hier können insbesondere sehr kleine Pumpspeicher von der Möglichkeit des Pooling Gebrauch machen und sind so voll in den Sekundär-Regelleistungsmarkt integrierbar.

Kennzeichnend für Pumpspeicher ist, dass sie sowohl positive als auch negative Regelleistung aus dem Stillstand erbringen können. Anlagen, die im sogenannten hydraulischen Kurzschluss (gleichzeitiges Pumpen und Turbinieren) betrieben werden können, sind dazu in der Lage, unabhängig vom Speicherfüllstand immer negative Regelleistung bereitzustellen. Sobald Pumpspeicher in Betrieb sind, tragen die rotierenden Massen der Generatoren bzw. Motoren auch zur Momentanreserve bei.

Vermeidung von Netzengpässen: Redispatch

Über die Möglichkeiten konventioneller Kraftwerke hinaus bieten PSW die Möglichkeit, Leistung aus dem Netz zu entnehmen (Pumpbetrieb). Diese zusätzliche Entnahme ermöglicht die zusätzliche Integration von EE.

Um die Handelsgeschäfte physisch am Strommarkt trotz bestehender Stromnetzrestriktionen ausführen zu können, erfolgen durch Redispatch Eingriffe der Übertragungsnetzbetreiber in die Erzeugungsleistung von Kraftwerken. Dabei werden Kraftwerke in der Überschussregion heruntergefahren und Kraftwerke in der Defizitregion hochgefahren. In der Summe wird somit die gleiche Menge an Strom erzeugt, ohne dass es zu Überlastungen der Übertragungsnetze kommt. Die Verzögerungen beim Um- und Ausbau der Stromnetze sowie der steigende Anteil an Stromgeschäften im EU-Binnenmarkt haben den Bedarf an Redispatchmaßnahmen in der Vergangenheit erhöht. Eine weitere Zunahme ist zumindest nicht auszuschließen.

Während bspw. konventionelle Kraftwerke über lediglich zwei Möglichkeiten verfügen, Redispatch zur Verfügung zu stellen (Erhöhung bzw. Reduktion der Stromproduktion), handelt es sich bei Pumpspeicherwerken um die einzige großtechnisch eingesetzte Technologieoption, die über vier Möglichkeiten zur Bereitstellung von Redispatch verfügt: Negativer und positiver Redispatch jeweils durch Erhöhung oder Verringerung der Pump- bzw. Turbinenleistung. Diese Vielzahl an Optionen ermöglicht grundsätzlich eine stufenweise Bereitstellung von gut skalierbaren Produkten für das Engpassmanagement der Übertragungsnetzbetreiber, die über die Nennleistung eines Pumpspeicherwerks hinausgeht. Ist ein Pumpspeicherwerk im Pumpbetrieb, so kann es, um positiven Redispatch bereitzustellen, in einem ersten Schritt die Pumpleistung reduzieren. Sollte daraufhin weiterer positiver Redispatchbedarf bestehen, kann das Pumpspeicherwerk maximal in Höhe seiner Nennleistung in einem zweiten Schritt turbinieren. Aufgrund der sehr guten Eignung von Pumpspeicherwerken zur Bereitstellung von Blind- und Kurzschlussleistung sind diese insbesondere auch für die Erbringung von spannungsbedingtem Redispatch prädestiniert.

Lokales Produkt Spannungshaltung: Strategisch sinnvolle geografische Verteilung der PSW

Analog zur Netzfrequenz muss für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit auch die Netzspannung an allen Knoten (d. h. Einspeise- und Entnahmepunkten) kontinuierlich innerhalb eines Toleranzbandes gehalten werden. Im Gegensatz zur Netzfrequenz, die im gesamt-europäischen Verbund überall den gleichen Wert einhalten muss, handelt es sich bei der Spannung um eine lokale bzw. regionale Größe. Die Höhe der Netzspannung wird nicht nur durch die Wirkleistung der Erzeuger bzw. Verbraucher beeinflusst, sondern im Wesentlichen auch durch die an den unterschiedlichen regionalen Netzknoten bereitgestellte bzw. verbrauchte Blindleistung.

Da bei fast allen Pumpspeichern Synchrongeneratoren zum Einsatz kommen, eignen sie sich sehr gut zur Blindleistungsregelung und erhöhen die regional im Netz verfügbare Kurzschlussleistung merklich. Pumpspeicher können als induktive oder kapazitive Verbraucher wirken, d.h. sowohl Blindleistung aus dem Netz beziehen als auch einspeisen. Die Möglichkeit gleitende Wechsel zwischen Generator- und Pumpbetrieb zu durchfahren versetzt Pumpspeicher dazu in die Lage, die Blindleistung in beliebigen Arbeitspunkten flexibel regeln zu können. Dies schließt auch die Fähigkeit zur vollen Blindleistungsabgabe im minimalen (Wirk-)Teillastbetrieb ein. Thermische Kraftwerke können dagegen in diesem Betriebszustand nicht mehr zur Blindleistungsregelung herangezogen werden. Ebenso können die Synchrongeneratoren der Pumpspeicher im Phasenschieberbetrieb operieren. Sie werden dabei im Leerlauf ohne Wirkleistungsabgabe betrieben, wodurch reine Blindleistung aufgenommen oder abgegeben werden kann. In diesem Betriebszustand tragen sie außerdem zusätzlich zur Deckung der Momentanreserve bei.

Zentrale Rolle beim Netzwiederaufbau: Schwarzstartfähigkeit

Trotz der zuvor beschriebenen Maßnahmen zur Frequenz- und Spannungshaltung und weiterer Systemdienstleistungen, die die Übertragungsnetzbetreiber fortlaufend erbringen, ist es nicht völlig auszuschließen, dass es in Folge von Störungen zu einem großflächigen Zusammenbruch des Stromnetzes kommen kann. In diesem Fall trennen sich alle Erzeuger automatisch vom Netz. Für den koordinierten Netzwiederaufbau müssen schnell startbare und sicher regulierbare Erzeugungseinheiten zur Verfügung stehen, die ohne externe Stromversorgung in Betrieb genommen werden können (Schwarzstartfähigkeit).

Die Mehrzahl der Pumpspeicher zeichnet sich dadurch aus, dass sie im Falle eines Netzzusammenbruchs ohne jegliche externe Stromversorgung aus dem abgeschalteten Zustand heraus sehr schnell in Betrieb genommen werden können. Einzige Voraussetzung dafür ist die Vorhaltung eines Mindestfüllstandes im Oberbecken, um über einen kurzen Zeitraum den Turbinenbetrieb zu ermöglichen. Neben der reinen Schwarzstartfähigkeit können Pumpspeicher auch im weiteren Prozess des Netzwiederaufbaus Systemdienstleistungen bereitstellen. Während des Netzwiederaufbaus werden durch das kontrollierte Zuschalten weiterer Erzeuger und steuerbarer Verbraucher zunächst einzelne stabile Teilnetze (Inselnetze) gebildet.

Sobald Netzfrequenz und –spannung wieder im Toleranzbereich sind, geht ein Großteil der Verbraucher jedoch unkontrolliert wieder in Betrieb, daher kommt es beim Netzwiederaufbau zu starken und schlecht vorhersehbaren Lastschwankungen. Werden die Teilnetze wieder miteinander verbunden, treten ebenfalls hohe Lastsprünge auf. Pumpspeicher können diese Schwankungen sehr gut ausgleichen, da sie steile Leistungsgra-

dienten durchfahren können, schnelle Ansprechzeiten aufweisen und ihre Generatoren über eine hohe Masenträgheit verfügen. Damit ist ein stabiles Verhalten über den gesamten Leistungsbereich gegeben, ausgehend von Leerlauf bis Volllast.

Die dena-Plattform Pumpspeicherwerke – Partner der Energiewende

Pumpspeicherwerke spielen beim Ausbau und der Integration erneuerbarer Energien eine wichtige Rolle. Sie sind derzeit die einzig verfügbare großtechnische und praxiserprobte Technologie für die Speicherung von Strom. Darüber hinaus leisten sie einen wesentlichen Beitrag für den sicheren und stabilen Betrieb der Stromnetze. Aufgrund der derzeitigen Rahmenbedingungen ist ein wirtschaftlicher Betrieb von Pumpspeichern jedoch infrage gestellt. Hier ist die Politik gefordert, kurzfristige Lösungen zu finden. Pumpspeicher werden bereits heute für das Energiesystem benötigt und der Bedarf an von ihnen optimal bereitstellbaren Leistungen wird in den kommenden Jahren stark ansteigen. Aufgrund der langen Planungs- und Realisierungszeiten muss heute mit der Projektplanung für PSW begonnen werden, die in 10 bis 20 Jahren in Betrieb gehen sollen.

Um Lösungsvorschläge für eine sinnvolle Integration von PSW in das Energiesystem herauszuarbeiten, hat die dena die PSW-Plattform gegründet. Partner sind unter anderem Kraftwerksbetreiber, Anlagenbauer, Energieversorger und Netzbetreiber. Mit ihrer Initiative bringt die dena wichtige Unternehmen unterschiedlicher Branchen zusammen und bündelt das Know-how. Auf der Agenda stehen insbesondere die Erarbeitung gemeinsamer Positionen für die künftige Rolle von Pumpspeichern im Energiesystem, die Identifikation von Herausforderungen, Stellungnahmen zu aktuellen Fragestellungen sowie Veranstaltungen und Dialogangebote.

Die Plattform „Pumpspeicherwerke – Partner der Energiewende“ wird von der dena mit folgenden Projektpartnern aus Deutschland, Österreich und der Schweiz getragen: 50Hertz Transmission GmbH, Austrian Power Grid, BKW Energie AG, EnBW AG, E.ON Kraftwerke GmbH, Schluchseewerk AG, Stadtwerke Mainz AG, SWT Stadtwerke Trier Versorgungs GmbH, Vattenfall Europe Generation AG, Voith Hydro GmbH & Co. KG.

Bei Interesse oder Rückfragen wenden Sie sich bitte an:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Annegret-Cl. Agricola
Bereichsleiterin Energiesysteme und Energiedienstleistungen
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel: +49 (0)30 72 61 65-651
Fax: +49 (0)30 72 61 65-699
E-Mail: agricola@dena.de
Internet: www.dena.de