

Optionen und Trends der Biomassenutzung – Perspektiven für die Bioenergie 2050

Jens Ponitka¹ und Daniela Thrän^{1,2}

¹Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Abstract

Vor dem Hintergrund weltweiter Trends wird sich auch weiterhin zunehmend die Energieversorgung umstellen müssen. Bioenergie ist derzeit und gilt hierbei auch zukünftig als ein wichtiges Element erneuerbarer Energieversorgung. Der Beitrag gibt einen Überblick über die globale energetische Biomassenutzung. Am Beispiel verschiedener Teilaspekte von Bioenergiebereitstellungsketten werden Einblicke in technische, logistische und organisatorische Spannungsfelder der Bioenergie gegeben. Globale Trends, aber auch national unterschiedliche, politische Rahmenbedingungen oder auch die lokalen Gegebenheiten werden zukünftig die Prioritäten, Möglichkeiten und Grenzen der Biomassenutzung bestimmen. Mit Ausblicken auf weiter zu erforschenden und umzusetzenden Synergieeffekten werden im Beitrag die wichtigsten Eckpunkte für eine integrierte Bioenergiebereitstellung abgeleitet.

1. Ziele, Chancen und Herausforderungen der Bioenergie

Mit dem Ziel eines nachhaltigen Beitrages zum Klimaschutz und der Versorgungssicherheit wurde im Zuge der Energiewende in Deutschland der Weg für den Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) geebnet und mit entsprechenden förderlichen Maßnahmen (Marktanreizprogramme, Förderung von EE-Strom über das EEG, Biokraftstoff-Quoten) auch für die energetische Biomassenutzung flankiert. Weitere Motivation für den beschrittenen Weg sind unter anderem die Schaffung von Innovationen, Exportmöglichkeiten und ländliche Entwicklung. Auch spielen Argumente für die Bioenergie zur Erhöhung Biodiversität in ausgeräumten Agrarlandschaften, zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Biotoppflege und auch die Möglichkeit der Armutsbekämpfung durch neue Einkommenschancen zum Beispiel in Entwicklungsländern eine Rolle.

Insbesondere die Biomasse und daraus gewonnene Energieträger besitzen viele Vorteile. Sie sind neben dem Potenzial zur Treibhausgasminderung zum Beispiel im Unterschied zu anderen Erneuerbaren Energien schon heute sehr flexibel im Strom-, Wärme- und auch Mobilitätssektor einsetzbar.

Neben den vielen Vorteilen mehrten sich, auch im Zusammenhang mit Nahrungsmittelpreisanstiegen, die kritischen Stimmen bezüglich des Bioenergieausbaues in Deutschland (insb. Ausbau Biogas) und der Welt (insb. Biokraftstoffausbau). Da ein Großteil moderner Bioenergieanwendungen auf Rohstoffen basiert, welche prinzipiell auch als Nahrungs- oder Futtermittel verwendet werden können, war die sogenannte „Tank-Teller-Debatte“ diskussionsbestimmend. Da über etwa Biokraftstoffquoten zumeist Rohstoffe von Ackerflächen Verwendung finden und damit eine zusätzliche Nachfrage induzieren, wurden beobachtete (direkte, vor allem aber auch indirekte) Landnutzungsänderungen dem Biokraftstoffausbau zugeschrieben. Durch die zum Teil regional zunehmenden Intensivierungstendenzen der Landwirtschaft wird der Zusammenhang von nicht nachhaltigem Management, einer Übernutzung von Flächen oder der Anbau von Monokulturen insbesondere mit der Bioenergie in Verbindung gebracht. Eine weitere Herausforderung sind die vergleichsweise hohen Bereitstellungskosten und die gegenüber

anderen EE geringeren Kostensenkungspotenziale aufgrund des hohen Brennstoffkostenanteiles. Aus diesen wenigen Aussagen zur Bioenergie wird bereits die besondere Komplexität der Bioenergiebereitstellung deutlich, da es zudem vielfältige Schnittstellen und Rückkopplungen zum Beispiel zur Land-, Forst- und Energiewirtschaft zu berücksichtigen gibt.

2. Biomasse und Bioenergie als Element erneuerbarer Energieversorgung in der Welt und Deutschland

Biomasse global

Zur Einordnung und einem Verständnis der energetischen Biomassenutzung ist zunächst der Status der Biomasseverfügbarkeit erforderlich.

Die gesamte Landfläche der Erde beträgt etwa 13 Mrd. ha (etwa 25% der Erdoberfläche). Von dieser Landfläche werden für die Produktion von in der Hauptsache Nahrungs-, Genuss- und Futtermitteln 1,6 Mrd. ha als Ackerland/Dauerkulturen und 3,4 Mrd. ha als Dauergrünland/Wiesen genutzt. Hinzu kommen 4 Mrd. ha an Waldflächen, der Rest von etwa 4,1 Mrd. ha ist Sonstiges wie Wüsten, Gebirge oder Siedlungen. Die oberirdische Primärproduktion (NPP) beträgt ca. 35Gt Kohlenstoff, was unter der Annahme eines durchschnittlichen Kohlenstoffgehaltes von 50% und einem Heizwert von 18 GJ/t etwa 1.260EJ/a entspricht. Davon wird global ein Biomasseangebot von jährlich ca. 20 Mrd. tFM genutzt wird. Je nach methodischem Ansatz (z.B. HANPP - human appropriation of terrestrial NPP) entspricht dies einer derzeitigen Nutzung von etwa 200EJ/a an Biomasse insgesamt. Der Großteil der genutzten Biomasse wird als Lebensmittel (18%) und Futtermittel (60%) genutzt. Die stofflichen Biomassenutzungen betragen etwa 12%. Die verbleibenden etwa 10% werden für die Energiebereitstellung genutzt. Hierbei ist für die folgenden Aussagen zur Bioenergiebereitstellung zu berücksichtigen, dass vier Fünftel davon auf vor allem Holz und auch Reststoffen basieren und etwa 20%, also 2% der global genutzten Biomasse, auf zielgerichtet angebaute Energiepflanzen. (vgl. NOVA 2013, Chum et al. 2011, FAOStat)

Bioenergie global

Der globale Primärenergiebedarf insgesamt betrug 2012 (nach IEA 2013) ca. 550EJ. Laut Abschätzungen (vgl. u.a. Chum et al. 2011) kann sich dieser sogar bis 2050 noch erhöhen auf etwa 600 – 1.000EJ. Die erneuerbaren Energien insgesamt haben einen Anteil von 13,2% am globalen Primärenergiebedarf. Die Bioenergie ist hierbei mit einem Anteil von Dreiviertel (9,9% am Primärenergiebedarf) (IEA 2013) global derzeit das Rückgrat der erneuerbaren Energie. Der Primärenergieverbrauch an Biomasse beträgt demnach ca. 55EJ, wovon etwa zwei Drittel traditionelle, zumeist ineffiziente Biomassenutzungen wie Kochen Heizen sind. Bezüglich der Potenziale gibt es in verschiedenen Veröffentlichungen große Spannbreiten. Die technischen Potenziale an Biomasse für Energie liegen je nach Einschränkungen und Annahmen in einem sehr großen Bereich von weniger als 50EJ bis über 1.000 EJ. Die zukünftig nachhaltig erschließbaren Potenziale werden laut Chum et al (2011) mit einer Größenordnung von etwa 100-300 EJ/a angegeben. Die tatsächliche Erschließbarkeit und Realisierbarkeit dieser Größenordnungen stellen jedoch bereits große Herausforderungen dar und hängen zukünftig stark von der Nachfrage nach Biomasse im Allgemeinen, den (Rohstoff)Preisen, der Entwicklung der Kosten für kohlenstoffbasierte Energieträger und Produkte, Produktivitätssteigerungen, der Wirtschaftsentwicklung und den politischen Rahmenbedingungen ab. (vgl. IEA 2013, Chum et al. 2011, IPCC 2014)

Biomasse im Energiesystem – Deutschland

Die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien beschritt seit Beginn dieses Jahrtausends einen rasanten Verlauf. Heute (2013) werden in Deutschland insg. 318 Mrd. kWh (1144 PJ bzw. 12,3% des Endenergieverbrauchs) bereitgestellt. Die Bioenergie, vgl. Abb. 1 nimmt dabei mit 62%, was etwa 197 Mrd. kWh (709 PJ) entspricht, den größten Anteil unter den Erneuerbaren ein.

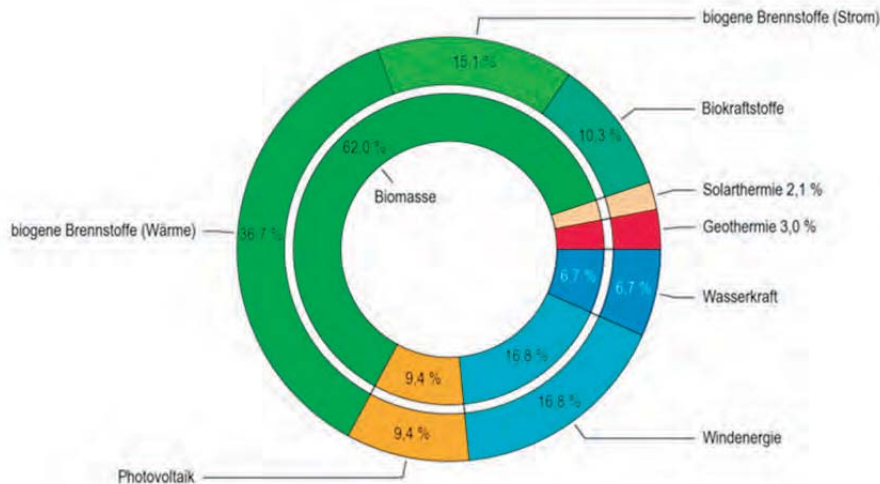


Abb. 1: Erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2013 (aus BMWi 2014 (Quelle: ZSW nach AGEE-Stat, Stand Februar 2014))

Die Bereitstellung des Großteils der etwa 709PJ setzt sich anlagenseitig in Deutschland zusammen aus derzeit:

- ca. 9.500 Bioenergieanlagen zur Strom- und Wärmeproduktion
 - mehrere hundert (640) Biomasse-Heizkraftwerke mit einer kumulierten elektrischen Leistung von rund 1.537 MWel in Betrieb
 - etwa 7.700 Biogas-Vor-Ort-Verstromungs-Anlagen mit einer gesamten installierten Leistung von 3.400 MWel in Betrieb
- ca. 140 Biomethan-Anlagen zur Biogasaufbereitung (etwa 5,8TWh Gaseinspeisung)
- Biokraftstoffanlagen
 - Biodiesel: Produktionskapazität 4,4 Mio t mit einer Anlagenauslastung von ca. 60% (ca. 2,7 Mio. t Produktion in 2012)
 - Bioethanol: 8 Anlagen mit einer Produktionskapazität von ca. 1 Mio t
 - Importe von insbesondere Ethanol
- und mehrere Millionen kleiner Einzelraumfeuerungen, Heizkessel und Heizwerke zur reinen Wärmebereitstellung. (Quellen: Monitoring [...] Stromerzeugung aus Biomasse, 2012 & 2014; Monitoring [...] Biokraftstoffsektor, DBFZ 2014)

3. Spannungsfelder

Die Weltbevölkerung wird weiter ansteigen, die mittleren Prognosen gehen von einem Anstieg von derzeit ca. 7,3 Mrd. auf etwa 9,6 Mrd. bis 2050 (UN 2013) aus. Laut WBGU (2011) steigen insbesondere auch vom Übergang von der Agrargesellschaft zur Industriegesellschaft der Energie-Input (zumeist fossil) und Material-Input pro Kopf stark an. Bei demnach anzunehmendem, steigendem Wohlstand wird zukünftig vor allem auch der biomassebasierte Nahrungs- und Energiebedarf steigen. Gleichzeitig ist mit schwindenden fossilen Energieträgern zu rechnen. Dies alles führt sowohl zu Preiseffekten, als auch zu

zunehmenden Konkurrenzen um Flächen (Flächendruck) und Ressourcen mit zahlreichen Umweltauswirkungen. Die Frage, ob zum Beispiel der Bau einer Siedlung, die Ackernutzung oder die Bewahrung einer Fläche als Naturraum Priorität hat, wird zunehmend dringlicher.

Die Entwicklung erneuerbarer Energien ist aus diesen Gründen erforderlich. Beim Ausbau der Bioenergie ist zu berücksichtigen, dass die Art der Flächeninanspruchnahme bei der Bereitstellung der Energieträgern sehr unterschiedlich ist. Festzustellen ist jedoch, dass die Flächenrelevanz der Energiepflanzenproduktion global gesehen derzeit eher begrenzt ist und global fast nur innerhalb der klassischen Agrarproduktion stattfindet. Eine häufig auf globaler, kleinmaßstäblicher Ebene untersuchte Lösungsmöglichkeit der begrenzten Ackerflächen ist die gezielte Nutzung von marginal oder degraded lands (Grenzertragsstandort, degradierte Flächen, aufgegebenes, ungenutztes Ackerland), welche jedoch derzeit in der Praxis wenig verbreitet ist.

Flächennutzungsänderung – indirekte Effekte in Ökobilanzen

Sobald eine Fläche einer anderen Nutzung zugeführt wird spricht man von einer direkten Landnutzungsänderung (dLUC). Wird nun - in einem Gedankenmodell - eine erhöhte Biokraftstoffnachfrage, aus zum Beispiel Kostengründen, durch einen bestehenden Rohstoffanbau befriedigt, könnte dieser Rohstofffehlbetrag durch Anlage und Bewirtschaftung einer neuen Fläche (z.B. Entwaldung, Grünlandumbruch) kompensiert werden. Wenn diese, eigentlich direkte, Landnutzungsänderung der Biokraftstoffherstellung zugeschrieben wird, spricht man von indirekter Landnutzungsänderung. Da diese mit Kohlenstoffbestandsänderungen einhergehen kann, werden diese als Umweltwirkung dem Biokraftstoff zugeschlagen. Diese Verlagerungseffekte können durch eine Expansion der Biokraftstoffnutzung hervorgerufen werden, entscheidender sind jedoch Ausweitungen der Biomasseproduktion allgemein durch Veränderungen auf den Boden- und Agrarmärkten. Neben der indirekten Ausweitung der Ackerflächen kann durch zum Beispiel die Produktion von Biokraftstoffen aus Abfällen oder auch Ertragssteigerungen der Flächenbedarf verringert werden. Es gibt eine Vielzahl an Studien und Modellen mit sehr großen Bandbreiten dieser iLUC-Werte. Zum heutigen Zeitpunkt reichen die wissenschaftliche Fundierung und die Datengrundlage nicht aus, um sachgerecht iLUC Effekte zu quantifizieren (vgl. u.a. Finkbeiner 2013). Wäre ein globales Flächenmonitoring vorhanden und alle flächenrelevanten Produktionszweige bezüglich ihrer Umweltwirkungen erfasst, würde sich die Frage um Biokraftstoffe und iLUC erübrigen.

4. Bereitstellungsketten – Einflussgrößen und Herausforderungen

Abgesehen von den zumeist globalen Trends und Herausforderungen ergibt sich auch aus der Betrachtung der Bereitstellungsketten eine Vielzahl an Chancen bei der Entwicklung der Bioenergie zu berücksichtigenden Einflussgrößen. Die Flexibilität der Bioenergie besteht insbesondere darin, dass es nahezu für jeden organischen Rohstoff geeignete Technologien und Verfahrensschritte (vgl. Kaltschmitt et al. 2009) gibt, um entweder Energieträger zu produzieren bzw. diese, oder auch die Rohstoffe direkt, letztendlich in Kraft und Wärme umzuwandeln. Die folgenden Aspekte sind eine Auswahl an zu beachtenden Parametern von Bereitstellungsketten.

Bereitstellungskosten

Entscheidend für die betriebswirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit und damit für die Wettbewerbsfähigkeit von Bioenergie sind vor allem die Kraftstoff-, Strom- und/oder Wärmegestehungskosten. Diese werden von den kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen

Einzelkosten wie Investitionen und Personalkosten, vor allem aber durch die Rohstoffkosten beeinflusst (weiter Infos siehe Thrän et al. 2013). Für die Auswahl oder Vorteilhaftigkeit eines bestimmten Verfahrens sind auch die längerfristige Rohstoffverfügbarkeit (Qualität, Energiedichte) und –herkunft (Logistik) entscheidende Faktoren. Für den Schritt der Konversion sind die technologiespezifischen Prozessparameter, wie Volllaststunden, Prozessenergiebedarf oder Anfall (Erlös) von Nebenprodukten sehr unterschiedlich und können die Wirtschaftlichkeit im Zeitverlauf verändern. In Abb. 2 sind exemplarisch die Kraftstoffgestehungskosten verschiedener Biokraftstoffe und deren fossiler Referenz aufgezeigt. In der Regel sind diese derzeit deutlich teurer.

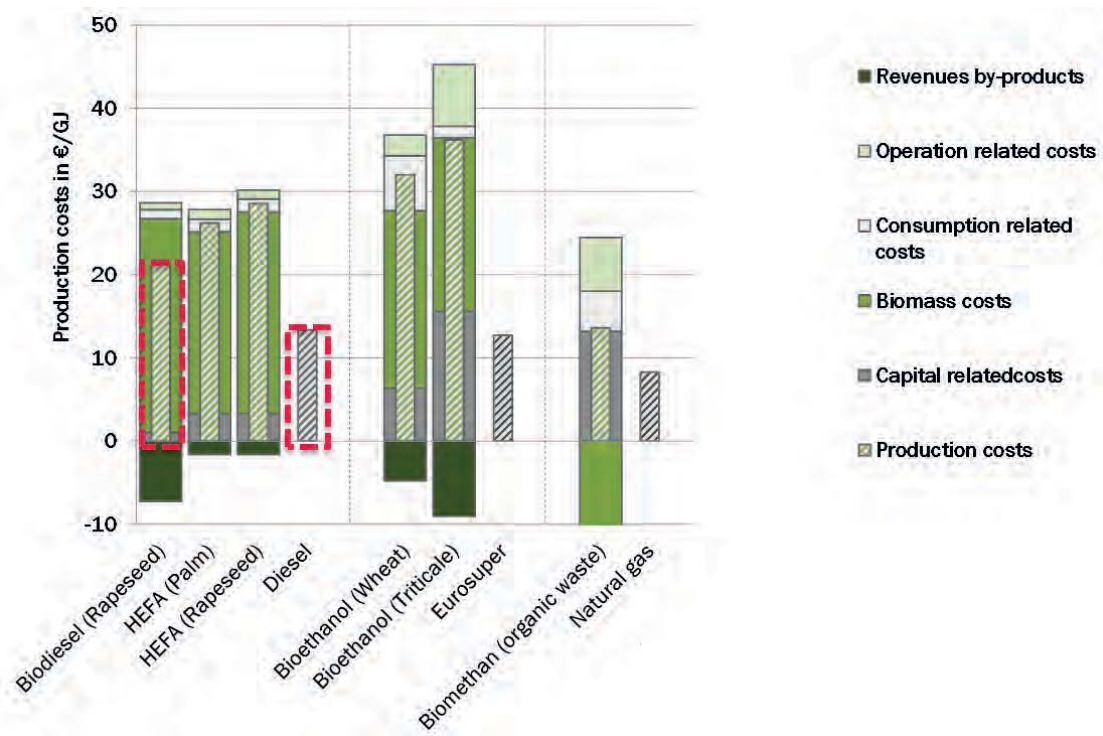


Abb. 2: Gestehungskosten verschiedener Biokraftstoffe im Vergleich zu deren fossiler Referenz (nach: Naumann et al. 2014)

Emissionen

Bezüglich der Emissionsfaktoren ist zu berücksichtigen, dass diese je nach Bereitstellungskette und Endnutzung sehr unterschiedlich sind und zudem große Bandbreiten aufweisen. Ein direkter Vergleich der Werte bei insbesondere unterschiedlicher Versorgungsaufgabe (Strom, Wärme, Kraftstoff) ist nur bedingt möglich. Bei der Diskussion um und Bewertung von Emissionsminderungspotenzialen von Bioenergie spielt ebenso die Referenz eine Rolle. Zur Sicherstellung einer möglichst nachhaltigen Bioenergiebereitstellung sind (vorerst nur für die Biokraftstoffe) umfangreiche Nachhaltigkeitsanforderungen im Rahmen der EU RED (2009/28/EC) vorgegeben.

Abgesehen von der absoluten Einsparungen gibt es technologiespezifisch vielfältige Möglichkeiten für Optimierungen und damit weiteren spezifischen Treibhausgas-minderungen. Die folgende Abb. 3 verdeutlicht am Beispiel von Biodiesel das THG-Einsparpotenzial. Es können zum Beispiel durch die Wahl des Düngemittels in der Pflanzenproduktion und Veränderungen der Konversionsschritte (u.a. biogene Prozessenergiebereitstellung) die zukünftig geforderten THG-Mindesteinsparungen erreicht werden.

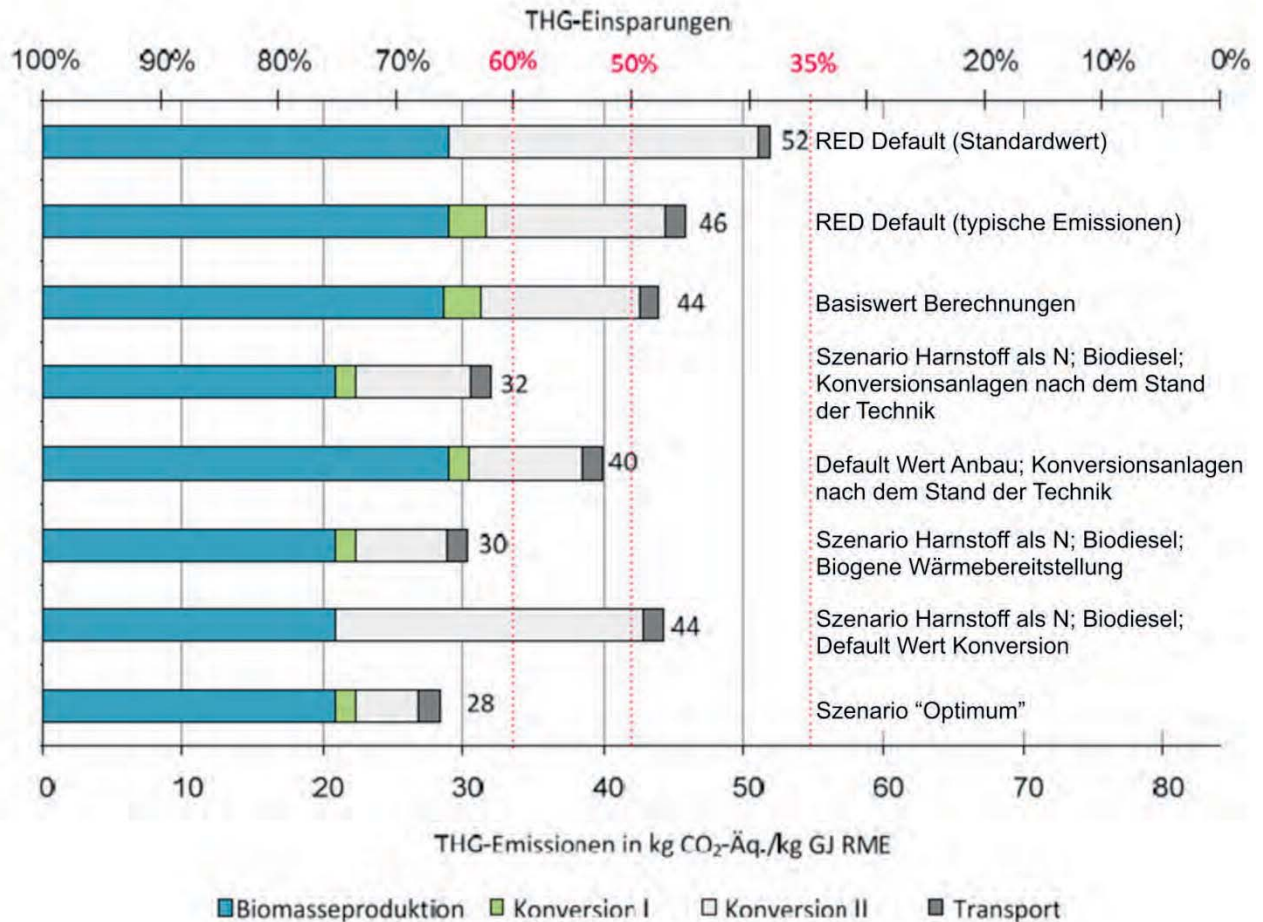


Abb. 3: Optimierungspotenziale für Einsparungen an Treibhausgasen am Beispiel von Biodiesel (adaptiert aus: Majer/Oehmichen 2010)

Rohstoffversorgung

Zum Themenfeld der Rohstoffversorgung ist festzuhalten, dass der Charme der Bioenergie in der Möglichkeit sowohl der regionalen Biomassebereitstellung als auch der anschließend dezentralen Bioenergiebereitstellung liegt. Für kleine (landwirtschaftliche Biogasanlage, Kamin, dezentrale Ölmühle) und mittlere Anlagen (Biogasanlage, Heizwerk, Heizkraftwerk) ist die Rohstoff bzw. Brennstoffversorgung über Eigenversorgung in der Regel unproblematisch beziehungsweise kann durch etwa regionale Lieferverträge sichergestellt werden. Bei großen und sehr großen Anlagen (zum Beispiel zentrale Biokraftstoffanlagen, Bioraffinerien, Mitverbrennung von Biomasse in Kohlekraftwerken) nehmen Transporte, Logistik (z.B. Zwischenlagerung) und damit auch die Kosten zu. Die Rohstoffversorgung kann unter Umständen regional nicht dargestellt werden, die Anlagen werden tendenziell überregional bzw. durch Importe versorgt. Ein direkter Import von Endprodukten, insbesondere bei Biokraftstoffen, ist dann ebenfalls eine Option. Der Standortauswahl größerer Bioenergieanlagen kommt dann eine hohe Bedeutung zu.

Zur Verdeutlichung ist in folgender Abbildung 4 am Beispiel verschiedener Stohnutzungskonzepte eine räumliche Komponente der Bioenergie aufgezeigt. Kann zum Beispiel ein kleineres Heizwerk mit einem Strohbedarf von 228 t/a noch in einem Einzugsgebiet von 9 km² regional versorgt werden, benötigen große Anlagenkonzepte wie Bio-SNG (zu Erdgasqualität aufbereitetes Synthesegas aus z.B. Holz) oder Ethanolanlagen

große Einzugsgebiete mit starker Zunahme der Transportdistanzen. Eine Voraussetzung ist zudem bei derartigen Anlagen die Bereitschaft einer Vielzahl an Landwirten, ihr Stroh auch längerfristig für einen bestimmten Preis zu verkaufen.

Anlagentyp	Rohstoffbedarf	Jährlicher Strohverbrauch (inkl. Lagerverluste)	Einzugsgebiet	Durchschnittl. Transportdistanz
	(t TM)	(t TM)	(km ²)	(km)
Heizwerk	228	245	9	2,9
Biogasanlage	2 168	2 740	101	8,4
Heizkraftwerk	13 199	14 347	531	23
Pelletierwerk	34 400	37 391	1 385	37
Bio-SNG-Anlage	48 390	52 598	1 948	43,9
Pyrolyseanlage	172 000	186 957	6 924	83,1
Ethanolanlage	258 000	280 435	10 386	101,8

SNG: Synthetic Natural Gas, t TM: Tonnen Trockenmasse

Abb. 4: Zunahme von Rohstoff- und Logistikanforderungen verschiedener Anlagen zur Energiebereitstellung aus Stroh (aus: Zeller et al. 2011)

Herausforderung Markt- und Systemintegration (Strom)

Die bereits in Thrän und Ponitka (2014) angeführten Möglichkeiten der stromsystemseitigen Integration von Bioenergieanlagen werden zunehmend wichtiger und sind teilweise im Biogasanlagenbestand vorbereitet. Zum einen nehmen die Diskrepanzen zwischen Strombedarf und Einspeisung mit einem höheren Anteil an fluktuierenden erneuerbaren Energien im Stromsystem zu und die Zeitpunkte und Höhe der Leistungserbringung verändern sich. Zum anderen ist ein weiterer Aspekt die sich zukünftig verändernden Erlösmöglichkeiten sowohl für Neuanlagen im EEG, als auch die Vermarktungsmöglichkeiten des Stromes aus Bioenergieanlagen unter sich verändernden Strommarktdesigns (vgl. BMWi (Hrsg.) 2014)).

5. Perspektiven und Synergieeffekte integrierter Bioenergiebereitstellung

Die Vision einer zukünftigen Bioenergienutzung (vgl. Abb. 5) beinhaltet zum einen eine nachhaltige Rohstoffbasis, welche zunehmend in möglichst modernen und effizienten beziehungsweise hochintegrierten Anlagen und Verbundsystemen zum Einsatz kommt. Zum anderen ist die bestmögliche Integration der Anlagen in zukünftige Energie- und Stoffsysteme unter größtmöglicher Ausnutzung von Synergien voranzutreiben. Hierfür sind weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen notwendig.

Integrierte Konzepte können unter anderem sein:

- CO₂-Nutzung (Power-to-gas, Power-to-liquid) aus Biogasanlagen
- Reststoffnutzung (Schlempevergärung, Nebenprodukte holzbasierter Bioraffinerien)
- Bioraffineriekonzepte (Produktion von Chemikalien + Biowerkstoffe + Brenn- und Kraftstoffe aus Biomasse)

Der Weg zu anpassungsfähigen Systemen („smart bioenergy“) kann insbesondere sowohl im Wärmebereich (smarte Strom- und Wärmebereitstellungskonzepte wie Mikro-KWK) als auch im Strombereich (z.B. flexible Strombereitstellung oder regionale Direktvermarktung und Deckung von Eigenbedarf) beschriftet werden.

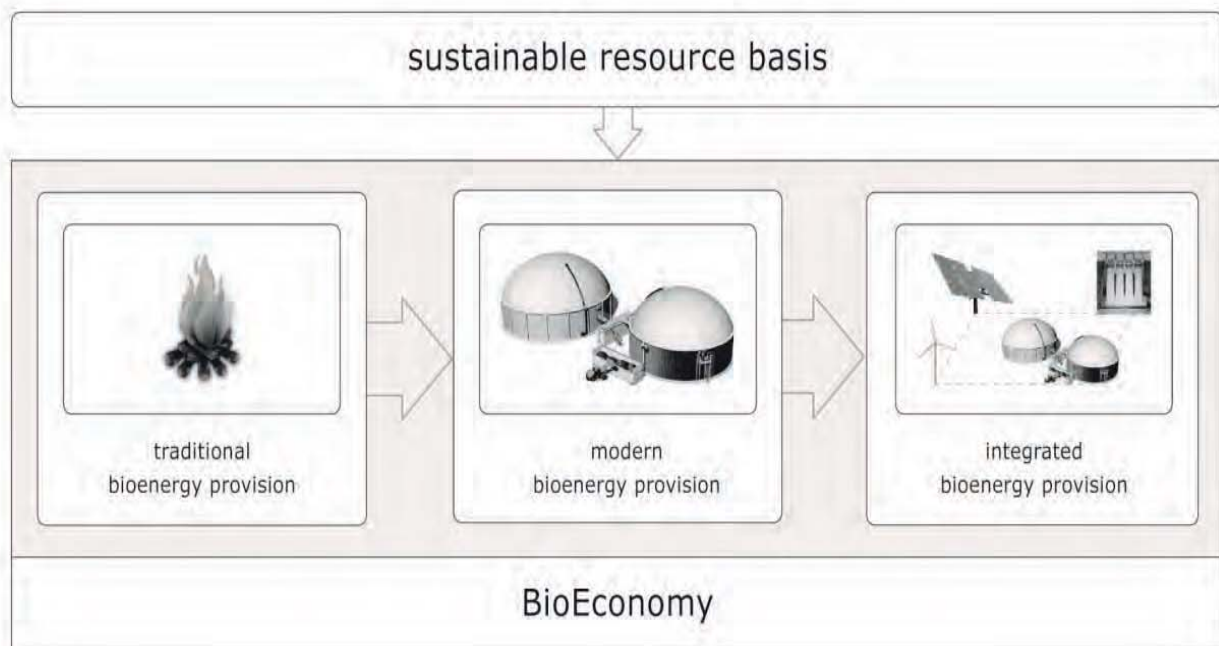


Abb. 5: Der Weg zu einer nachhaltigen, integrierten Bioenergiebereitstellung (aus: Thrän (Hrsg.) 2015)

Um bestehende Bioenergiekonzepte zu optimieren, neue Konzepte zu entwickeln und auch am Markt etablieren zu können, besteht neben dem Forschungsbedarf auch die Notwendigkeit sicherer Rahmenbedingungen und aufgrund der angesprochenen Konkurrenzen der Bedarf nach einer möglichst ganzheitlichen Bioenergiestrategie. Eine nationale Bioenergiestrategie mit Blick auf 2030/2050 ist unter Berücksichtigung vielfältiger Aspekte zu erarbeiten und sollte u.a. folgende Elemente (vgl. Thrän et al. 2015) beinhalten:

- Global nachhaltige Landnutzung und Schutz sensibler Flächen als Voraussetzung für nachhaltige Biomassenutzung.
- Entwicklungsstrategien (Flexibilisierung, Biomethan als Kraftstoff) für EEG-Anlagen und differenzierte Biokraftstoffstrategie (Bioraffinerie, KS 2. Generation)
- Innovative Konzepte (z.B. vergasungsbasierte Klein-KWK) für den Wärmesektor
- Weiterentwicklung von gekoppelten stofflichen und energetischen Konzepten

Die zentralen Elemente können im Abschlussbericht des Verbundvorhabens „Meilensteine 2030“ (Thrän et al. 2015) (<https://www.energetische-biomassenutzung.de/de/meilensteine-2030/ergebnisse.html>) im Detail nachvollzogen werden.

6. Fazit

Bioenergie leistet einen entscheidenden, aber auch begrenzten Beitrag zur Klimagasreduktion der Energieversorgung. Zukünftig zunehmend relevanter wird die zielgerichtete Nutzung sein, zum Beispiel zur Bereitstellung flexiblen Stroms in Zeiten, in denen die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht bzw. als Energieträger in Energiesystemen, wo absehbar (günstige) Alternativen fehlen. Damit werden auch Hochtemperaturindustrieprozesse oder Flugkraftstoffe ggf. wichtiger. Ergänzend ist bei der Rohstoffbereitstellung die Weiterentwicklung hin zu weniger risikobehafteten und in Kaskaden integrierten Biomassefraktionen notwendig. Hierzu zählt auch die konsequente Einbindung des Energiepflanzenanbaus in eine nachhaltige Landwirtschaft mit geringen Treibhausgasemissionen und/ oder Synergien mit dem Naturschutz. Nachhaltigkeitsanforderungen sind insbesondere in Richtung der Agrarproduktion auszuweiten und die Sicherstellung möglichst hoher Nutzungsgrade zu gewährleisten.

Für die konsequente Technologieentwicklung hin zu flexiblen, emissionsarmen und effizienten Konzepten sind zusätzlich planbare Rahmenbedingungen notwendig. Hierzu stellt eine klarer definierte, nationale Bioenergiestrategie eine wichtige Voraussetzung dar. Diese muss sowohl im Kontext einer zunehmend auf erneuerbaren Energien basierenden Energieversorgung als auch unter Beachtung der Koppel- und Kaskadenansätze einer nachhaltigen Bioenergie erfolgen. Dabei kann die nachhaltige Beitrag der begrenzten Biomasse zu einer nachhaltigen Energieversorgung nur erfolgreich sein, wenn Energieeinsparung und Energieeffizienz parallel einen hohen Stellenwert erhalten.

Literatur

- BMWi (Hrsg.) (2014): Ein Strommarkt für die Energiewende. Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Grünbuch)
- BMWi (2014): Erneuerbare Energien in Deutschland - Das Wichtigste im Jahr 2013 auf einen Blick (ZSW nach AGEE-Stat)
- Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dhamija, H. Dong, B. Gabrielle, A. Goss Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. Masera Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa, K. Pingoud (2011): Bioenergy. In: Edenhofer, O. (Hrsg.): IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Finkbeiner, M. (2013): Indirekte Landnutzungsänderungen in Ökobilanzen – wissenschaftliche Belastbarkeit und Übereinstimmung mit internationalen Standards
- IEA (Hrsg.) (2013): World Energy Outlook 2013. International Energy Agency. Paris. ISBN: 978-92-64-20130-9
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (Hrsg.) (2009): Energie aus Biomasse - Grundlagen, Techniken und Verfahren
- Majer, S., Oehmichen, K. (2010): Mögliche Ansätze zur Optimierung der THG-Bilanz von Biodiesel aus Raps
- Naumann, K., Zeymer, M., Oehmichen, K. (2014): Monitoring Biokraftstoffsektor, DBFZ Report 11, 2014

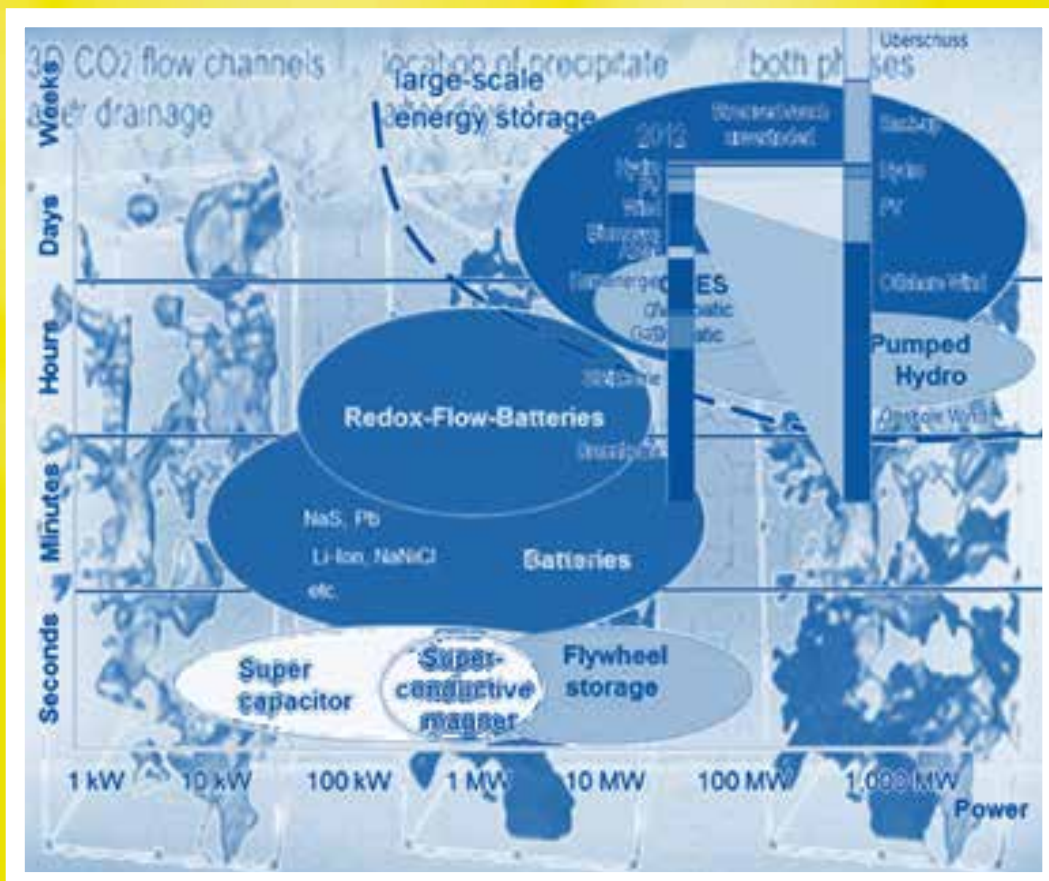
- NOVA (2013): Nachhaltig nutzbare Potenziale für Biokraftstoffe in Nutzungskonkurrenz zur Lebens- und Futtermittelproduktion, Bioenergie sowie zur stofflichen Nutzung in Deutschland, Europa und der Welt. Workshop des nova-institutes GmbH in Berlin
- Thrän, D.; Pfeiffer, D.; Brosowski, A.; Fischer, E.; Herrmann, A.; Majer, S.; Oehmichen, K.; Schmersahl, R.; Schröder, T.; Stecher, K.; Stinner, W.; Zeller, V.; Zeymer, M.; Ciroth, A.; Zschunke, T.; Fritsche, U.R.; Hennenberg, K.; Gödeke, K. (2013): Methodenhandbuch Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte. Leipzig DBFZ. ISBN 2192-1806.
- Thrän, D., Ponitka, J. (2014): Die Rolle der Bioenergie in einer nachhaltigen Energieversorgung. In: Bruhns, H. (Hrsg.): Energie - Forschung und Konzepte. Tagungsband der DPG-Frühjahrstagung in Berlin 2014, Bad Honnef, 2014 pp. 20 – 32 (ISBN 978-3-9811161-6-8)
- Thrän, D. (Hrsg.) (2015): Smart Bioenergy - Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems.
- Thrän, D., Arendt, O., Ponitka, J., Braun, J., Millinger, M., Wolf, V., Banse, M. Schaldach, R., Schüngel, J., Gärtner, S., Rettenmaier, N., Hünecke, K., Hennenberg, K., Wern, B., Baur, F., Fritsche, U., Gress, H.-W. (2015): Meilensteine 2030 – Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie. In: Thrän, D.; Pfeiffer, D. (Hrsg.): Schriftenreihe des BMWi-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Band 18. Leipzig 2015. – ISSN: 2199-2762
- UN (2013): World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Working Paper No. ESA/P/WP.228.
- WBGU (Hrsg.) (2011): Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation
- Zeller V., Weiser, Ch., Hennenberg, K., Reinicke, F., Schaubach, K., Thrän, D., Vetter, A., Wagner, B. (2011): Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung. Schriftenreihe „Förderprogramm Energetische Biomassenutzung“: Band 2

Jens Ponitka¹ und Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän^{1,2}

¹Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Str. 115
D-04347 Leipzig

²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Dept. Bioenergie
Permoser Str. 15
D-04318 Leipzig

Exzerpt aus Tagungsband des AKE, DPG-Tagung 2015 Berlin, (ISBN 978-3-9811161-7-5)
home: http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/AKE_Archiv/DPG2015-AKE_Berlin/Links_DPG2015.htm
Urquelle: <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/ake-tagungsband.html>



Energie

Erzeugung - Netze - Nutzung

Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung in Berlin 2015

Herausgegeben von Hardo Bruhns

Arbeitskreis Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Direkter Link zum AKE - Archiv:

<http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/index.htm>

Direkter Link zum AKE - Archiv, Tagung 2015 -Berlin:

http://www.uni-saarland.de/fak7/fze/AKE_Archiv/DPG2015-AKE_Berlin/Links_DPG2015.htm

Zur Sammlung der Tagungsbände des AKE auf dem DPG - Server:

<https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/ake-tagungsband.html>

Vorträge auf der Berliner DPG-Tagung (2015)

Herausgeber:
Arbeitskreis Energie (AKE) in der DPG
Prof. Dr. Hardo Bruhns
Meliesallee 5
40597 Düsseldorf
E-Mail: ake@bruhns.info

Die Grafik des Einbandes wurde
mit freundlicher Genehmigung der
Autoren unter Verwendung von
Abbildungen aus den Beiträgen von
H. Milsch, M. Waidhas und F.
Wagner gestaltet.

Energie

Erzeugung - Netze - Nutzung

Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung in Berlin 2015

Arbeitskreis Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Herausgegeben von Hardo Bruhns

Bad Honnef, September 2015

Frühjahrstagung des Arbeitskreises Energie
in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
Berlin, 16. bis 18. März 2015

Haupt- und Fachvorträge

Inhaltsverzeichnis / Table of Contents

Introduction	7
Fachsitzungen / Sessions	8
Abstracts	9
Organic Photovoltaics: Status and Perspectives - presented by J. Widmer	28
Concepts for Cost Reduction in CSP Power Plants - presented by R. Pitz-Paal	42
Optionen und Trends der Biomassenutzung – Perspektiven für die Bioenergie 2050 - vorgetragen von J. Ponitka	53
Deep Geothermal Fluid Resources: Energetic Use and Beyond - presented by H. Milsch	63
Geological Carbon Storage: Processes, Risks and Opportunities - presented by H. Ott	77
„Fracking“ – Routine oder Risikotechnologie? - vorgetragen von M. Kosinowski	94
Power to Gas – an Economic Approach for Energy Storage? - presented by M. Waidhas	107
Nuclear Fission Energy: New Build, Operation, Fuel Cycle and Decommissioning in the International Perspective - presented by S. Nießen	113

Wendelstein 7-X – Ein Konzept für ein stationäres Fusionsplasma - vorgetragen von R. C. Wolf	122
Neue Materialien und Komponenten für energieeffiziente Gebäudehüllen - vorgetragen von U. Heinemann	131
Eigenschaften einer Stromversorgung mit intermittierenden Quellen - vorgetragen von F. Wagner	138
Transient Stability of Conventional Power Generating Stations during Times of High Wind Penetration - presented by M. Zarifakis	156
Ganzheitliche Bewertung von Energiesystemen - vorgetragen von R. Friedrich	168
Impressum	183

Der vorliegende Band versammelt schriftliche Ausarbeitungen von Vorträgen auf der Tagung des Arbeitskreises Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft des Jahres 2015 in den Räumen der Technischen Universität Berlin. Leider ist es nicht gelungen, von allen Vortragenden Manuskripte zu erhalten. Die Präsentationsfolien der meisten Hauptvorträge können auf der Webseite des Arbeitskreises über:

<http://www.dpg-physik.de/dpg/organisation/fachlich/ake.html>

(von dort gelangt man zum Archiv des AKE) eingesehen werden. Allen, die zu diesem Sammelband beigetragen haben, sei an dieser Stelle sehr herzlich gedankt.