

POTENZIALATLAS

Teilkapitel: **Einleitung**

BIOENERGIE

in den Bundesländern

POTENZIALE VOR ORT:
ENERGIEPFLANZEN,
ENERGIEHOLZ UND
RESTSTOFFE

FLÄCHENBEDARF
FÜR BIOENERGIE:
NUR NOCH MAIS UND
MONOKULTUREN?

AUSBLICK
BIS 2020:
STROM, WÄRME,
BIOKRAFTSTOFFE

POTENZIALATLAS **BIOENERGIE** in den Bundesländern



Keine Energiewende ohne Bioenergie

Ohne Bioenergie funktioniert die Energiewende nicht. Bioenergieträger leisten im Konzert der Erneuerbaren Energien nicht nur den größten Beitrag zur Energieversorgung, sondern sind als flexibel einsetzbare und leicht zu speichernde Energiequelle auch unverzichtbar zum Ausgleich der wetterabhängigen Wind- und Solarstromproduktion. Im Kraftstoffbereich sind sie bisher die einzige Alternative zum endlichen Erdöl mit nennenswertem Beitrag zur Versorgungssicherheit.

Als Alleskönner für Strom, Wärme und Kraftstoffe ist die Bioenergie zentraler Pfeiler einer Energieversorgung mit heimischen Erneuerbaren Energien. Mehr als zwei Drittel der Erneuerbaren Energien stammt heute aus Bioenergieträgern. Das heißt: Ohne Bioenergie wäre Deutschland längst nicht so weit beim Ausbau der Erneuerbaren Energien, bei der Vermeidung von Treibhausgasen und beim Ersatz von Importen fossiler Energieträger.

Dennoch: Die Vielfalt des Multitalents Bioenergie wird vor Ort gerade erst entdeckt. Nur ein Teil der heimischen Bioenergie-Potenziale wird bisher genutzt.

Dieser Potenzialatlas zeigt: Vielfältige Bioenergie-Potenziale sind in allen Regionen zu finden – ob Energiepflanzen, biogene Reststoffe oder Energieholz. Die weitere Nutzung von Bioenergie-Potenzialen ist ein Plus für Umwelt- und Naturschutz.

Der Anbau von Energiepflanzen ist besser als sein Ruf. Nur in wenigen Regionen ist ein bedeutender Anteil von Energiemais („Vermaisung“) festzustellen. Zahlreiche ökologisch sinnvolle Nutzungskonzepte bieten sich an. Es stehen z.B. mit Wildpflanzen oder der Silphie attraktive Alternativen zum Mais bereit – der aber auch heute weiterhin primär als Futtermittel angebaut wird.

Wenn die vielen guten Beispiele und Projekte, die dieser Potenzialatlas aufzeigt, weitere Früchte tragen und in Zukunft die vielfältigen Potenziale geerntet werden sollen, dann muss zuvor das Feld vernünftig bestellt werden: Vielerorts engagieren sich bereits Bürger, Land- und Forstwirte, Kommunen und Unternehmen für den Umstieg ihrer Gemeinde oder Region, hin zu Erneuerbaren Energien und mehr Wertschöpfung vor Ort.

Dieser Bundesländer-Potenzialatlas soll anregen, eigene Energiepläne und regional integrierte Bioenergie-Konzepte vor Ort zu entwickeln. Nur wenn die Bioenergie-Potenziale vor Ort differenziert betrachtet und unter breiter Beteiligung erschlossen werden, übersteht das bestellte Feld auch zukünftige Stürme!

Ich wünsche Ihnen eine informative Lektüre.
Ihr



Philipp Vohrer
Geschäftsführer der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) e.V.



Danksagung

Die in diesem Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern dargestellten Daten, Karten und Potenziale beruhen größtenteils auf wissenschaftlichen Studien und Erhebungen des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ). Der Auftrag des bundeseigenen DBFZ ist die angewandte, nachhaltigkeits- und technologieorientierte Forschung zur effizienten Integration von Biomasse als wertvolle Ressource für eine nachhaltige Energiebereitstellung. Wir danken Frau Prof. Dr. Thrän, ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Kompetenzfeldes Bioenergie Daten ganz herzlich für die umfassende Unterstützung der vorliegenden Publikation und die vertrauensvolle Zusammenarbeit.



POTENZIALATLAS BIOENERGIE in den Bundesländern

Einleitung

Grußwort	1
Was ist Bioenergie?	4
Was leistet Bioenergie?	6
Bioenergie-Potenziale	8
Bioenergie-Potenziale in Deutschland	10
Über diesen Potenzialatlas	16
Wie Bioenergie genutzt wird	18

Bundesländer

Baden-Württemberg	22
Bayern	28
Berlin	34
Brandenburg	36
Bremen	42
Hamburg	44
Hessen	46
Mecklenburg-Vorpommern	52
Niedersachsen	58
Nordrhein-Westfalen	64
Rheinland-Pfalz	70
Saarland	76
Sachsen	82
Sachsen-Anhalt	88
Schleswig-Holstein	94
Thüringen	100

Datenanhang

Nutzung von Bioenergie in Deutschland 2011	106
Bioenergie-Potenziale im Überblick	108

Quellen

Allgemeine Quellen	110
Bildnachweise	113
Impressum	114

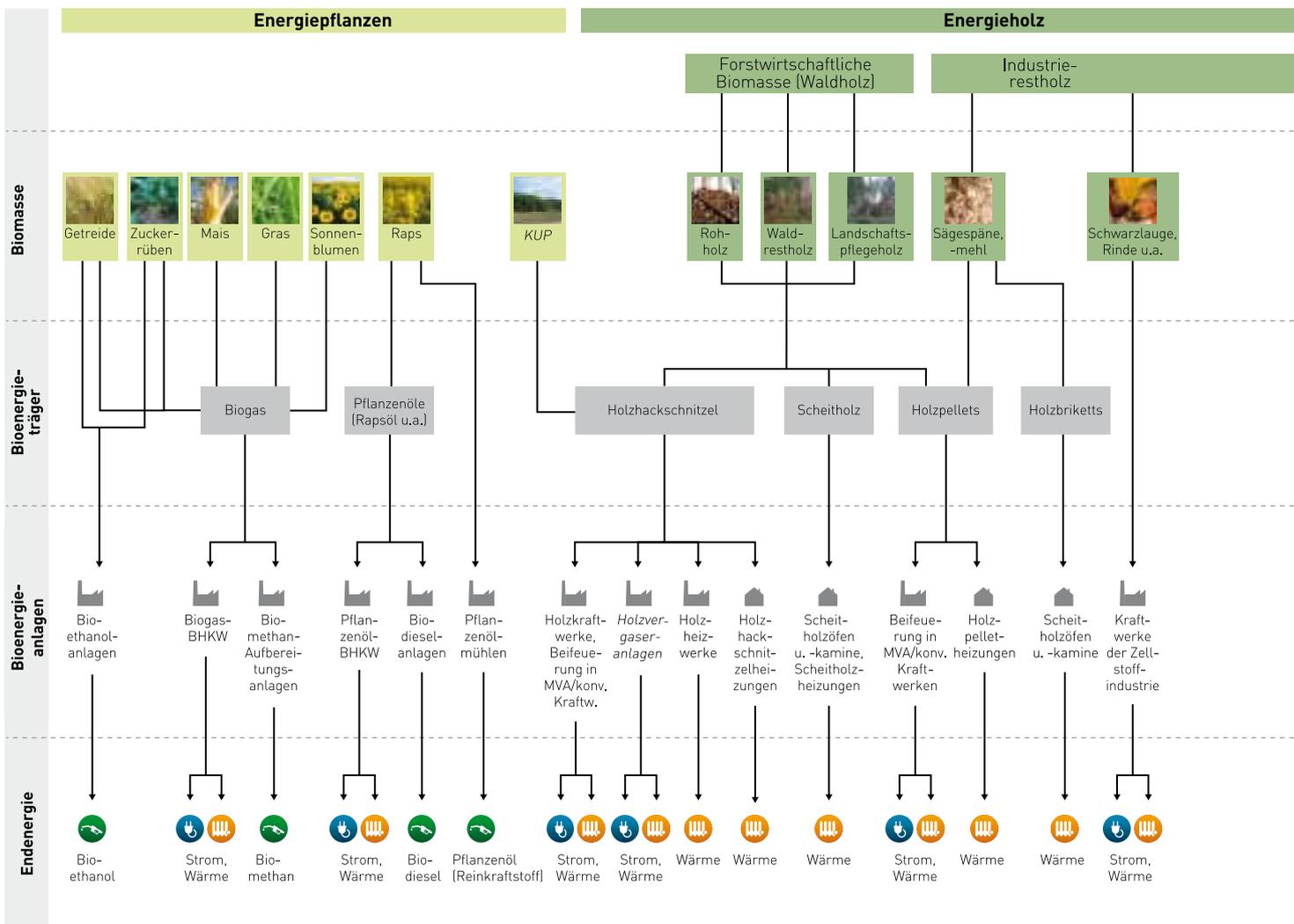


Bioenergie – die Energie der kurzen Wege

Die Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energien der Alleskönner: Strom, Wärme und Treibstoffe können aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse gewonnen werden. Die Vielfalt der Nutzungsmöglichkeiten wird in Deutschland gerade erst entdeckt.

Biomasse fällt vielerorts an, z.B. in Form von **Reststoffen** in der Landwirtschaft oder bei der Produktion von Lebensmitteln. Biomasse wird auch eigens angebaut, um sie für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffproduktion zu nutzen. Man spricht dann von **Energiepflanzen**. Nicht zuletzt stammt ein großer Teil der Biomasse, die energetisch genutzt wird, aus dem Wald bzw. aus der Holzverarbeitenden Industrie. Diese Biomasse wird unter dem Begriff **Energieholz** zusammengefasst bzw. die daraus bereitgestellte Energie als Holzenergie. Die geerntete oder als Reststoff anfallende **Biomasse** wird oft nicht unmittelbar in einer Bioenergieanlage eingesetzt, sondern zunächst zu diesem Zweck umgewandelt in einen **Bioenergieträger**. So wird z.B. aus geernteten Energiepflanzen nach der Vergärung im Fermenter einer Biogasanlage erst der Energieträger Biogas.

Nutzungspfade von der Ernte zum Endverbraucher



kursiv gesetzte Begriffe (z.B. „Heizkraftwerke“) = Nutzungspfade vor der breiten Markteinführung, die zukünftig jedoch an Bedeutung gewinnen werden

Einleitung | Was ist Bioenergie?

Dieser Bioenergieträger kann anschließend in **Bioenergieanlagen**, z.B. in einem Biogas-Blockheizkraftwerk zu Strom und Wärme umgewandelt werden. Damit wird die letzte Stufe des Nutzungspfades erreicht: die Bereitstellung von **Endenergie** in Form von Strom, Wärme oder Kraftstoffen (Biodiesel, Bioethanol, Biomethan, Pflanzenöl) für Endverbraucher.

Biomasse und Bioenergieträger wechseln innerhalb der Nutzungspfade möglicherweise mehrmals ihren Aggregatzustand. Sie lassen sich sowohl fest, flüssig als auch gasförmig nutzen.

Welche Nutzungspfade die unterschiedlichen Arten von Biomasse von der Ernte bis zum Endverbraucher typischerweise durchlaufen, zeigt die folgende Übersicht.

Abkürzungen

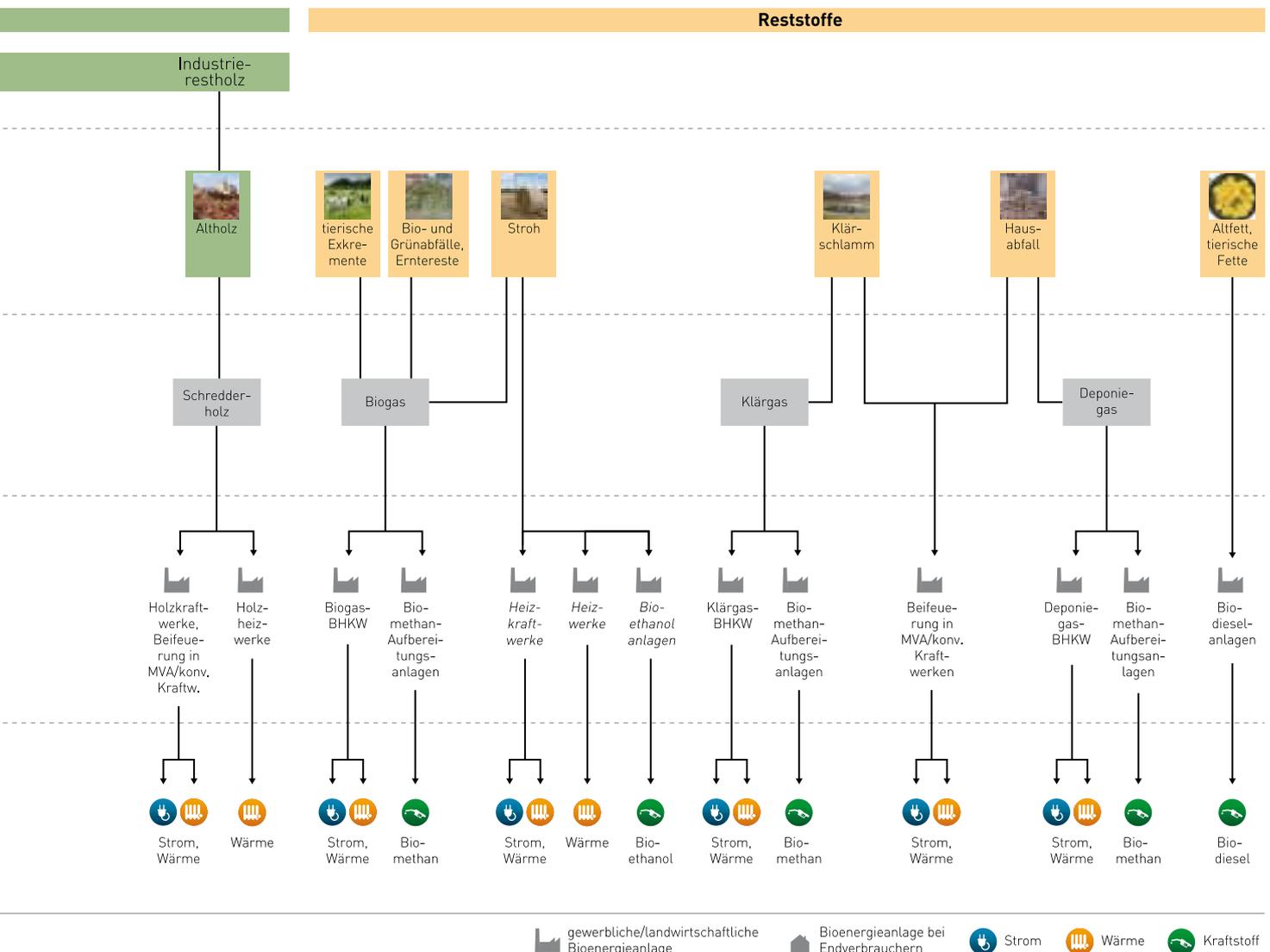
BHKW – Blockheizkraftwerk, dient der kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Konv. Kraftw. – konventionelle Kraftwerke, z.B. Kohlekraftwerke, in denen Biomasse als zusätzlicher Brennstoff mitverbrannt werden kann

KUP – Kurzumtriebsplantagen (Pappeln, Weiden und andere schnellwachsende Hölzer aus Kurzumtriebsplantagen)

MVA – Müllverbrennungsanlage

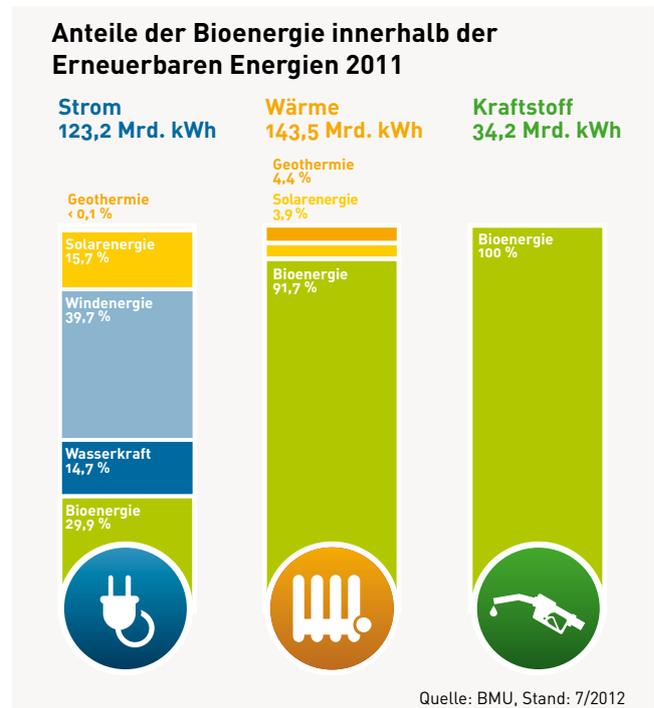
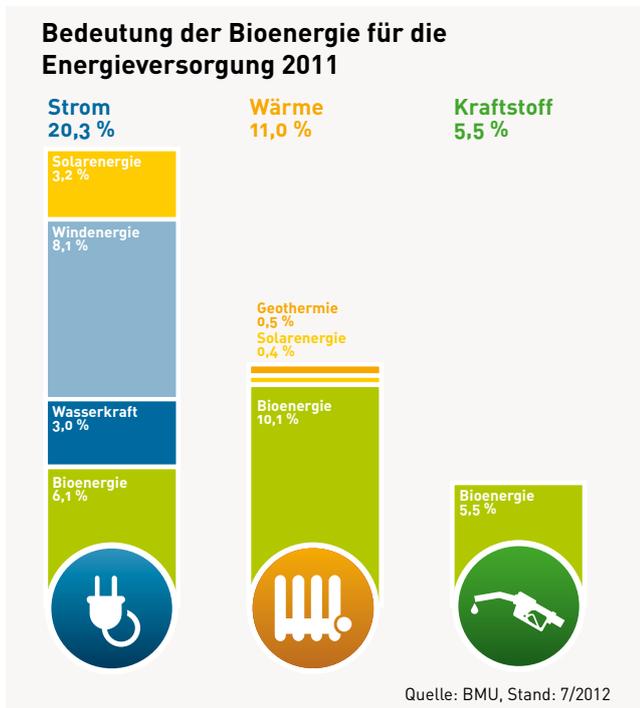
Die unterschiedlichen Bioenergieanlagen werden im Kapitel „Wie Bioenergie genutzt wird“ ab S. 18 detailliert vorgestellt.





Bioenergie bedeutet Versorgungssicherheit

Bioenergie kann sowohl Strom, Wärme als auch Kraftstoffe zur Verfügung stellen. Heimische Bioenergieträger lieferten daher den mit Abstand größten Anteil zum Angebot Erneuerbarer Energien in Deutschland 2011.



Bioenergie deckt 6,1 Prozent des Bruttostromverbrauchs (7,6 Prozent des Nettostromverbrauchs). 10,1 Prozent des deutschen Wärmeverbrauchs werden durch Bioenergie gedeckt. 5,5 Prozent des Kraftstoffverbrauchs sind Biokraftstoffe. Wenn über Erneuerbare Energien gesprochen wird, dann steckt dahinter größtenteils Bioenergie. Wird der gesamte Energieverbrauch Deutschlands betrachtet, also nicht nur Strom, sondern auch Wärme und Kraftstoffe, dann stammen zwei Drittel des Anteils

der Erneuerbaren Energien aus Biomasse. Bei der Wärme- und Kraftstoffversorgung ist Bioenergie bisher die mit Abstand wichtigste bzw. einzige erneuerbare Energiequelle. Durch den Beitrag von Bioenergie zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffversorgung mussten weniger fossile Energieträger nach Deutschland importiert werden. Insgesamt vermied Bioenergie im Jahr 2011 Importkosten in Höhe von rund 7 Mrd. Euro für Erdgas, Erdöl und Steinkohle.

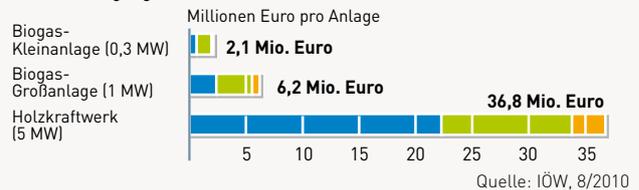
Mit Bioenergie gewinnen die Regionen

Ein dezentraler Ausbau der Bioenergienutzung kann insbesondere die regionale Wertschöpfung stärken: Die Bioenergie bietet der Landwirtschaft ein zusätzliches Standbein. Statt die Energierechnung bei russischen Erdgas-Konzernen und arabischen Ölscheichs zu bezahlen, bleiben die Ausgaben für Energie dann in der Region. Werden lokale Synergien erschlossen und Kreisläufe geschlossen, kann die Nutzung von Bioenergie zum Motor der ländlichen Entwicklung werden und gleichzeitig zur Senkung der Energiekosten beitragen. Immer mehr Bioenergiedörfer und -Regionen machen es vor.

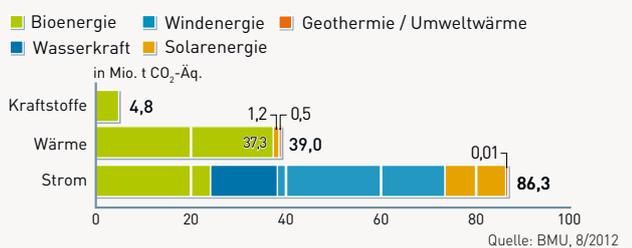
Wertschöpfungseffekte typischer Bioenergieanlagen zur Stromerzeugung

während 20 Jahren Anlagenbetrieb

■ Einkommen durch Beschäftigung ■ Gewinne ■ Steuern an die Kommune



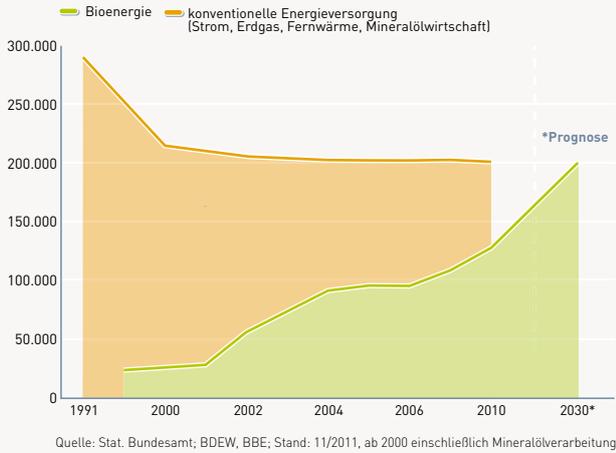
Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland 2011



Klimaschützer Bioenergie

Bioenergie – einschließlich der verschiedenen Formen von Biokraftstoffen – macht heute mehr als die Hälfte des Klimaschutzbeitrags der Erneuerbaren Energien in Deutschland aus. Bioenergie hat 2011 bei uns 66,2 Mio. Tonnen Treibhausgase vermieden – mehr als die gesamten Emissionen Schwedens. Allein Biokraftstoffe reduzierten 2011 die Treibhausgas-Emissionen um 4,8 Mio. Tonnen – etwa so viel wie Hannover jährlich ausstößt. Wer die internationalen Klimaschutz-Ziele erreichen will, muss auch die Nutzung der Bioenergie massiv voranbringen.

Beschäftigte in den Bereichen Bioenergie und konventionelle Energieversorgung



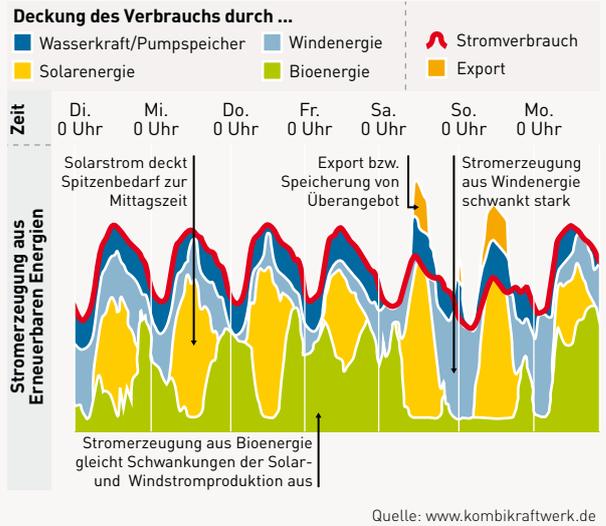
Beschäftigung durch Bioenergie

Die Nutzung von Bioenergie schafft Arbeitsplätze und sichert Beschäftigung in der Land- und Forstwirtschaft. Die Bruttobeschäftigung durch die Produktion und Errichtung von neuen Bioenergieanlagen, durch Betrieb und Wartung der Anlagen sowie aus der Brenn- und Kraftstoffbereitstellung belief sich im Jahr 2011 auf insgesamt rund 124.000 Beschäftigte. Damit konnte die Beschäftigtenzahl innerhalb eines Jahrzehnts mehr als vervierfacht werden, während in der konventionellen Energiewirtschaft die Beschäftigtenzahl stagniert. Jeder dritte landwirtschaftliche Betrieb hatte 2010 eine Einkommensalternative zur reinen landwirtschaftlichen Produktion aufgebaut, z.B. Fremdenverkehr, Forstwirtschaft oder Verarbeitung und Direktvermarktung eigener Erzeugnisse. Das mit Abstand wichtigste zusätzliche Standbein bildeten Bioenergie und andere Erneuerbare Energien. Bundesweit nannten 37.370 landwirtschaftliche Betriebe Einkommen im Zusammenhang mit Erneuerbaren Energien als wichtigstes „Zubrot“.

Der zuverlässige Teamplayer

Wer auf Erneuerbare Energien setzt, muss keine Stromausfälle befürchten. Wind- und Solarstromerzeugung sind zwar wetterabhängig, doch können ihre Schwankungen mit meteorologischen Berechnungen sehr präzise prognostiziert werden. Übernehmen Erneuerbare Energien den Großteil der Stromversorgung, steigt der Bedarf an Anlagen, die schnell und über einen größeren Zeitraum Schwankungen ausgleichen können. Traditionell übernehmen Wasserkraftanlagen und Pumpspeicherkraftwerke diese Aufgabe. Sie speichern Strom, wenn zeitlich befristet ein Überangebot auftritt bzw. erzeugen genau dann Strom, wenn es gilt, Lücken zwischen Angebot und Nachfrage zu schließen. Eine Vielzahl von dezentralen, regional breit gestreuten Bioenergieanlagen kann ebenso zuverlässig rund um die Uhr einspringen. So lässt sich z.B. Biogas optimal vor Ort oder in den vorhandenen Gasnetzen speichern. Das Regenerative Kombikraftwerk, ein Projekt von Forschungseinrichtungen und Erneuerbare-Energien-Branche, zeigt, wie jederzeit eine bedarfsgerechte Stromversorgung mit 100 Prozent Erneuerbaren Energien möglich ist. Über Deutschland verteilte Wind- und Solaranlagen werden zusammenschaltet. Biogas-BHKW und Pumpspeicher springen dann ein, wenn Windflaute herrscht und keine Sonne scheint.

Erneuerbare Stromversorgung benötigt die flexibel einsetzbare Bioenergie



Umsätze deutscher Hersteller von Bioenergieanlagen



Die Bandbreiten zukünftiger Gesamtumsätze deutscher Hersteller von Bioenergieanlagen ergeben sich aus unterschiedlichen Annahmen: Das Minimum bezieht sich auf die Ausbauziele der Bundesregierung (Minimum, Quelle: EW/Prognos 2010), das Maximum auf die Ausbauziele der Erneuerbare-Energien-Branche (Maximum, Quelle: BEE 2011).

Quelle: EuPD/DCTI/Wuppertal-Institut, Stand: 2/2012

Investitions- und Exportmotor Bioenergie

Vor allem Privatpersonen, Landwirte und kommunale Energieversorger haben in den vergangenen Jahren in Biogasanlagen, Holzkraftwerke und Holzcentralheizungen investiert. Mit dem Anlagenpark konnte auch eine Branche von Anlagenherstellern wachsen, die vor allem von kleinen und mittelständischen Unternehmen geprägt ist. In Zukunft können sich die Investitionen in Bioenergieanlagen und deren industrielle Produktionskapazitäten in Deutschland nach optimistischen Schätzungen bei anhaltendem Zuwachs auf bis zu 6,3 Mrd. Euro im Jahr 2020 annähernd verdoppeln. Die Umsätze deutscher Hersteller von Bioenergieanlagen werden im Jahr 2020 in einer Bandbreite von 2,1 bis 4,7 Mrd. Euro liegen (nur Biogasanlagen, Holzkraftwerke und Holzcentralheizungen, ohne Biokraftstoffanlagen u.a.). Ein Viertel bis ein Drittel des Gesamtumsatzes erwirtschaften die Hersteller durch Exporte. Deutsche Anbieter profitieren als Vorreiter von einem starken Heimatmarkt und können daher auch im Ausland große Marktanteile gewinnen.



Was sind Bioenergie-Potenziale?

Seitdem Deutschland und die Europäische Union sich für eine stärkere Nutzung von Bioenergie einsetzen, versuchen Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit abzuschätzen, welche Bedeutung diese erneuerbare Energiequelle in Zukunft für unsere Energieversorgung einnehmen kann. Zu Recht wird die Frage gestellt, ob und wie viel Biomasse vorhanden ist, um die wachsende Nachfrage zu bedienen. Denn im Gegensatz zu Sonne und Wind, die praktisch unbegrenzt zur Verfügung stehen, greifen die Nutzungspfade der Bioenergie stets auf nachwachsende Biomasse zurück. Dieser erneuerbare Brennstoff muss zunächst durch Anbau, Ernte oder Einsammeln gewonnen und als Bioenergieträger aufbereitet werden.

Angesichts der Vielfalt unterschiedlicher Biomassen fällt es im Vergleich zu Sonne und Wind umso schwerer, das Potenzial der Bioenergie räumlich und zeitlich abzuschätzen. Es kann nicht das Bioenergie-Potenzial schlechthin geben. Bioenergie-Potenziale haben ihre Grenzen, doch sind diese schwer zu definieren – schließlich muss eine Vielzahl von Abhängigkeiten geklärt werden:

Wie viel Biomasse kann geerntet werden?

Schon am Beginn des Nutzungspfades gibt es zahlreiche Variablen, die Einfluss auf die Menge der Biomasse haben. Am offensichtlichsten ist die Frage nach dem Umfang der Anbaufläche für Energiepflanzen: Inwiefern können und wollen Landwirte in welchen Regionen und in welchem Zeithorizont neben ihren Flächen für die Futter- und Nahrungsmittelproduktion Anbauflächen für Energiepflanzen bereitstellen? Sind diese Annahmen geklärt, können sich wiederum große Unterschiede ergeben in Abhängigkeit vom Energiepflanzenmix, der dort in Zukunft wachsen soll – schließlich gibt es je nach Region und Anbaukonzept sehr große Unterschiede bei den Erträgen von Mais, Sonnenblumen & Co. Um das Potenzial zu erweitern, muss nicht zwangsläufig mehr Anbaufläche bereitgestellt werden. Es kann in vielen Fällen auch mehr Biomasse vom selben Hektar gewonnen werden.

Ebenso komplex ist die Abschätzung der Potenziale von Energieholz: Zu welchen Kosten wird die Nutzung von welchen Mengen Industrierestholz attraktiv? Wie entwickelt sich der Zuwachs von Waldholz unter welchen klimatischen Bedingungen? In welchem Umfang schränken Naturschutzgebiete die Holznutzung ein? Wird der Wald nachhaltig genutzt?

Soll das Potenzial von Reststoffen ermittelt werden, müssen ebenso umfangreiche Rahmenbedingungen geklärt werden: Wo wird Bioabfall getrennt gesammelt, wie stark sinkt das Bioabfallaufkommen mit dem Bevölkerungsrückgang? Wo fällt wie viel Gülle an und wie entwickeln sich die Viehbestände in der Landwirtschaft?

Welche Biomasse wofür einsetzen?

Aus der geernteten oder eingesammelten Biomasse können unterschiedliche Bioenergieträger für unterschiedliche Bioenergieanlagen gewonnen werden, um Endenergie in Form von Strom und/oder Wärme bzw. Kraftstoff bereitzustellen. Wenn das Potenzial der Bioenergie abgeschätzt wird, ist auch die Frage entscheidend, wie die Biomasse auf die verschiedenen Nutzungsformen Strom, Wärme und Kraftstoffe aufgeteilt wird: Sollen z.B. die Rapssamen, nachdem aus ihnen in der Ölmühle Pflanzenöl gewonnen wurde, zur Strom- und Wärmeproduktion in einem Pflanzenöl-BHKW eingesetzt werden oder zu Biodiesel weiterverarbeitet werden?

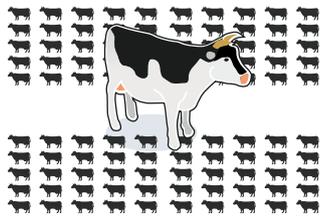
Auch die Nutzung der beim Produktionsprozess anfallenden Koppelprodukte wie Rapsschrot muss berücksichtigt werden. Dieses dient z.B. als hochwertiges Futtermittel in der Viehzucht. Glycerin, das bei der Biodieselproduktion anfällt, wird als Rohstoff in der chemischen Industrie weiterverwendet.

Wie effizient wird Biomasse eingesetzt?

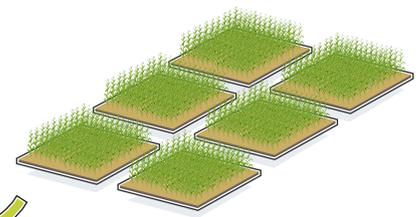
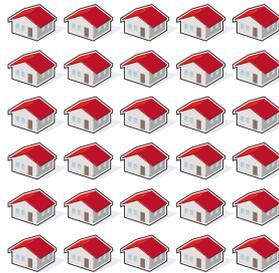
Wenn das Potenzial der Bioenergie abgeschätzt wird, muss geklärt werden, welche Verluste zunächst bei der Gewinnung von Bioenergieträgern und anschließend bei deren Nutzung in den unterschiedlichen Bioenergieanlagen anfallen. Ob durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Blockheizkraftwerken gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt wird, ist für den Beitrag von Biogas zur Energieversorgung sehr wichtig. Wird die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme nicht genutzt, wird ein großer Teil des Potenzials verschwendet.

Ein Terajoule entspricht 277.778 Kilowattstunden

Das entspricht dem Energiegehalt der jährlichen Gülleproduktion von **100 Rindern**.



Das entspricht dem Energiegehalt von **6 Hektar Mais**.



Wird die Gülle genutzt, um Biogas zu gewinnen, können damit knapp **30 Durchschnittshaushalte** ein Jahr lang mit Strom versorgt werden.

Wird Mais genutzt, um Biogas zu gewinnen, können damit knapp **30 Durchschnittshaushalte** ein Jahr lang mit Strom versorgt werden.

Welchen Verbrauch soll die Biomasse decken?

Wie hoch dann der Anteil der Bioenergie am Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch ausfällt, wird wiederum beeinflusst von der angenommenen Verbrauchsmenge: Unter der Voraussetzung, dass z.B. ein Großteil der Wohngebäude vorbildlich gedämmt ist, kann Bioenergie im Wärmebereich umso höhere

Anteile des Gesamtverbrauchs abdecken. Wenn auf den Straßen immer mehr Fahrzeuge mit hohem Kraftstoffverbrauch rollen, wird es umso schwerer, größere Anteile des Gesamtverbrauchs durch ein gleichbleibendes oder gesteigertes Angebot von Bio-kraftstoffen abzudecken.

Wie Bioenergie-Potenziale abgegrenzt werden können

Wenn über die Bedeutung der Bioenergie diskutiert wird, kommt es auf den jeweiligen Bezugsrahmen an. Die unten eingefügte Tabelle macht deutlich, auf welcher Stufe des jeweiligen Nutzungspfades welches Bioenergie-Potenzial dargestellt werden kann. Um Verzerrungen und Fehlannahmen zur Bedeutung der Bioenergie ausschließen zu können, muss klar sein, welche Potenziale auf welcher Ebene diskutiert werden.

Anschließend werden, dann jedoch in Bezug auf das jeweilige Bundesland, die technischen Brennstoffpotenziale nochmals anhand von Karten präsentiert. Damit lässt sich nachvollziehen, in welchen Regionen im jeweiligen Bundesland welche Potenziale bereitstehen.

Dieser Potenzialatlas stellt zunächst die Frage, wie viel Biomasse geerntet bzw. gesammelt werden kann. Im folgenden Kapitel „Bioenergie-Potenziale in Deutschland“ werden daher auf den Seiten 10-15 die unterschiedlichen Biomassen dargestellt sowie die sich daraus ergebenden technischen Brennstoffpotenziale, d.h. wie viel Energie in den (teilweise aufbereiteten) Bioenergeträgern steckt. Dieser Energiegehalt wird in der Größeneinheit Terajoule (TJ) angegeben und bezieht sich auf ganz Deutschland.

Die Bundesländer-Kapitel geben abschließend den möglichen Anteil der Bioenergie am Endenergieverbrauch des Bundeslandes im Jahr 2020 an. Dazu wird angenommen, dass die landeseigenen technischen Brennstoffpotenziale in vier Szenarien in unterschiedlichen Bioenergieanlagen unter bestimmten Wirkungsgradverlusten zu Strom und/oder Wärme und/oder Biokraftstoffen umgewandelt werden. Die zu nutzende Endenergie, d.h. das technische Bioenergiepotenzial, wird hier nur im Verhältnis zum modellierten Endenergieverbrauch in Prozentwerten ausgewiesen.

Nutzungspfad	Potenzialbegriff	Definition	Fragen
Erdoberfläche	theoretisches Potenzial = Obergrenze	(innerhalb einer Region physikalisch theoretisch nutzbares Energieangebot der gesamten vorhandenen Biomasse)	
Biomasse (Ertrag von Flächen mit Energiepflanzen, von Reststoffen und Energieholz)	technisches Potenzial = Obergrenze abzüglich Restriktionen	(theoretisches Potenzial der Biomasse abzüglich der gesellschaftlichen, ökologischen und strukturellen Begrenzungen)	Wie viel Biomasse kann geerntet werden?
Bioenergeträger	technisches Brennstoffpotenzial = technisches Potenzial nach Aufbereitung	(Energiegehalt der als Bioenergeträger aufbereiteten Biomasse)	Welche Biomasse soll wofür eingesetzt werden?
Bioenergieanlagen		(Bei Einsatz von Bioenergeträgern in Bioenergieanlagen kommt es zu Wirkungsgradverlusten, die das technische Brennstoffpotenzial reduzieren.)	Wie effizient wird Biomasse eingesetzt?
zu nutzende Endenergie	technisches Bioenergiepotenzial = technisches Brennstoffpotenzial abzüglich Wirkungsgradverluste	(Strom, Wärme und Kraftstoffe aus Bioenergeträgern abzüglich Verluste bei der Umwandlung der Bioenergeträger in den Bioenergieanlagen)	Welchen Verbrauch soll die Biomasse decken?



Bioenergie-Potenziale in Deutschland

Welche Biomasse kann in welchem Umfang in Deutschland als Bioenergie genutzt werden? Das folgende Kapitel stellt die Annahmen und Rahmenbedingungen vor, unter denen das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) in dem bisher umfangreichsten Forschungsprojekt die regionalen Biomasse-Potenziale für das Jahr 2020 in unterschiedlichen Szenarien berechnet hat. Die hier bundesweit angegebenen Daten werden für jedes Bundesland anschließend als Karten veranschaulicht.

Dieser Atlas unterscheidet Biomasse nach den drei Oberbegriffen Energiepflanzen, Energieholz und Reststoffe.

Energiepflanzen

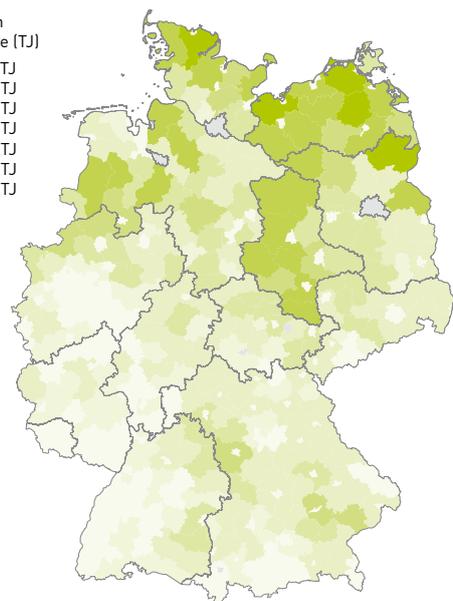
Das Potenzial der Energiepflanzen umfasst alle landwirtschaftlichen Kulturen, die zum Zweck der Strom-, Wärme- oder Biokraftstoffproduktion auf **Ackerflächen** angebaut werden. Energiepflanzen sind der wichtigste Einsatzstoff für Biogas-, Biodiesel- und Bioethanolanlagen. Außerdem kann auch der Ertrag von **Grünlandflächen**, d.h. Gras, in Biogasanlagen genutzt oder verbrannt werden. Entscheidend für das Potenzial der Energiepflanzen sind der Umfang der dafür zur Verfügung stehenden Acker- und Grünlandflächen und deren Bodenqualität. Werden auf diesen Flächen vor allem ertragreiche Energiepflanzen angebaut, kann das Bioenergie-Potenzial nochmals gesteigert werden. Bei der Abschätzung des Potenzials der Energiepflanzen wird von einem bestimmten Anbaumix ausgegangen. Neben sehr ertragreichen Energiepflanzen wie Mais und schnellwachsenden Hölzern aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) werden Getreide und Raps sowie in geringerem Umfang Zuckerrüben und Sonnenblumen angebaut.

Methodik und Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Bioenergie-Potenziale durch das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) werden detailliert dokumentiert im umfassenden Endbericht des Projektes: DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeit der Präzisierung. Anhang I – Regionale Biomassepotenziale. Leipzig, März 2010.

Die Ergebnisse der Studie können – wie dieser Potenzialatlas – über die Internetseite der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) heruntergeladen werden: www.unendlich-viel-energie.de

Energiepflanzen
2020 in Terajoule (TJ)

- unter 500 TJ
- unter 1.000 TJ
- unter 2.000 TJ
- unter 3.000 TJ
- unter 4.000 TJ
- unter 6.000 TJ
- unter 8.000 TJ
- keine / k.A.



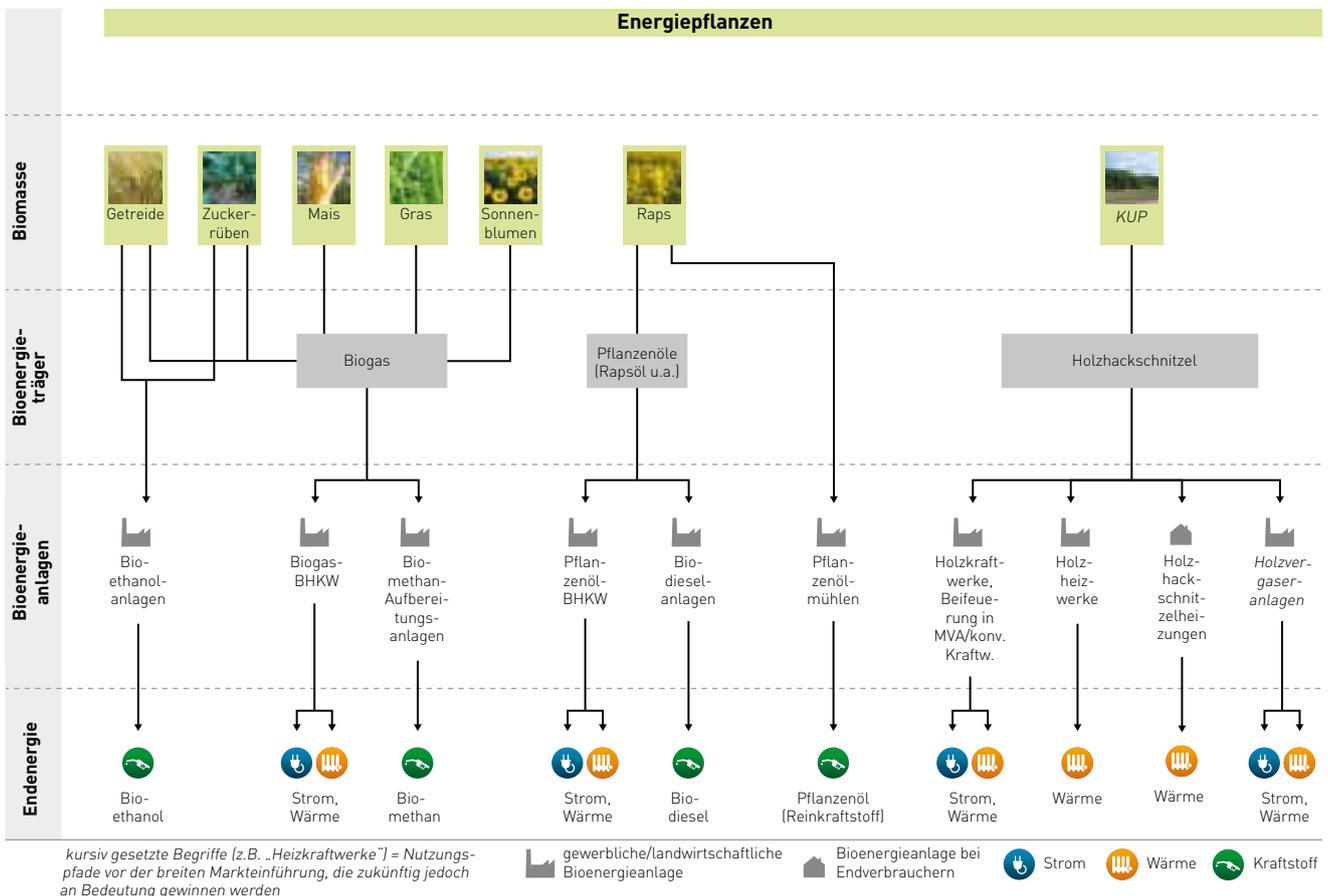
Technisches Brennstoffpotenzial von Energiepflanzen 2020 in Terajoule (TJ)

Ackerfläche	521.500 TJ
Grünlandfläche	+ 20.400 TJ
Fläche für den Anbau von Energiepflanzen	2,7 Mio. ha

Bei der Abschätzung der Energiepflanzen-Potenziale der Landkreise werden deren Anbaubedingungen berücksichtigt, d.h. ihre durchschnittlichen Ernteerträge, die örtliche Bodenqualität, Niederschläge, der spezifische Anbaumix und das Verhältnis von Acker- und Grünlandflächen. Für die Zukunft werden in Abhängigkeit von diesen Anbaubedingungen aufgrund von verbesserten Anbauverfahren und Fortschritten bei der Energiepflanzenzüchtung Ertragssteigerungen angesetzt. Grundsätzlich wird die Versorgung Deutschlands mit Nahrungs- und Futtermitteln durch den zusätzlichen Energiepflanzenanbau nicht in Frage gestellt. Insgesamt würden im Szenario des DBFZ bis zu 2,7 Mio. Hektar Anbaufläche für Energiepflanzen zur Verfügung stehen, was einem eher konservativen Ansatz entspricht. Andere Szenarien rechnen mit 4 Mio. Hektar Anbaufläche und mehr.

Die Fläche der Naturschutz- und Überschwemmungsgebiete kommt nicht für den Energiepflanzenanbau in Frage. Gibt es in einem Landkreis Wasserschutzgebiete oder Biosphärenreservate, so wird angenommen, dass auf diesen Flächen ein extensiver Anbau betrieben wird, der zu Ertragsminderungen führt.

Das Bioenergie-Potenzial aus dem Aufwuchs von Grünland wurde vom DBFZ abgeleitet und aktualisiert auf Grundlage von Ergebnissen des Projektes „Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen energetischer Biomassenutzung“. Damit kann auch eine detaillierte Abschätzung des technischen Brennstoffpotenzials von Grünlandaufwuchs, d.h. von Gras, auf der Ebene der Bundesländer gegeben werden. Die regional variierenden Potenziale werden durch die Nachfrage nach Tierfutter beeinflusst. In den Ländern Schleswig-Holstein und Niedersachsen ergeben sich theoretisch negative Potenziale des Grünlandaufwuchses. Aufgrund der relativ hohen Viehdichte ist hier der damit verbundene Futtermittelbedarf rechnerisch höher als die für die Futtermittelproduktion bereit stehende heimische Grünlandfläche. Tatsächlich decken hier – wie in anderen Bundesländern auch – Futtermittelimporte die Nachfrage der Viehzucht. Es wird davon ausgegangen, dass kein Umbruch von Grünland zu Ackerland stattfindet.





Energieholz

Energieholz ist der Oberbegriff für forstwirtschaftliche Biomasse (Waldholz, Waldrestholz und ungenutzter Holzzuwachs), die im Wald geerntet wird, sowie für Industrierestholz und Altholz, das während oder nach der stofflichen Nutzung von Holz anfällt, z.B. im Sägewerk.

Forstwirtschaftliche Biomasse

Das Potenzial der forstwirtschaftlichen Biomasse umfasst das energetisch nutzbare Waldholz, das nachhaltig von den Waldflächen des Bundeslandes gewonnen werden kann. Ein Teil der jährlichen Holzernte fließt neben der stofflichen Nutzung (z.B. für Baumaterialien, Möbel, Holzwerkstoffe, Papier) bereits jetzt in die Strom- und Wärmeerzeugung. Diese Menge, bereits energetisch genutztes Waldholz, bildet den Grundstock des Potenzials forstwirtschaftlicher Biomasse. Bei der Holzernte und bei der Durchforstung fällt regelmäßig Waldrestholz an. Darunter wird Schlagabraum, vor allem aus dem Ast- und Kronenbereich zusammengefasst, der aus Sicht der stofflichen Nutzung außen vor bleibt, weil Durchmesser und Krümmung nicht für eine höherwertige Aufarbeitung und Vermarktung ausreichen. Dieses Waldrestholz ergänzt das Potenzial forstwirtschaftlicher Biomasse, das aus Sicht der Bioenergie erschlossen werden kann.

Ein weiteres Potenzial ergibt sich aus dem ungenutzten Holzzuwachs, d.h. der Biomasse, die im Wald jährlich nachwächst, aber bisher weder stofflich noch energetisch genutzt wird. Der bisher ungenutzte Holzzuwachs kann nur unter bestimmten Bedingungen für die energetische Nutzung in Aussicht gestellt werden. So muss der Zuwachs von Holz auf Naturschutzflächen abgezogen werden, weil dort keine oder nur eine eingeschränkte Nutzung möglich ist. Zur Sicherstellung einer nachhaltigen Forstwirtschaft muss ein Anteil von 10 Prozent des jährlichen Holzzuwachses ungenutzt bleiben. Außerdem wird angenommen, dass ein Teil des gewachsenen Holzvorrats jährlich als Totholz im Wald verbleibt. Um den Nährstoffhaushalt und die Biodiversität des Ökosystems Wald zu erhalten, kann ein bestimmter Anteil von Bäumen bzw. Teile von Bäumen absterben und zu Humus zersetzt werden.

Altholz

Altholz ist bereits stofflich genutztes Holz, das am Ende seines Nutzungsweges steht. Altholz fällt z.B. im Bausektor an (Renovierungen, Abriss), als Verpackungsmaterial oder als Altmöbel, die in den Sperrmüll gegeben werden. Altholz wird bereits zu großen Teilen in Holzkraftwerken für die Strom- und Wärmeproduktion verwendet oder zur Beifuerung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) oder konventionellen Kraftwerken genutzt.

Ein kleiner Teil des Altholzes wird wiederum stofflich genutzt in der Holzbe- und verarbeitenden Industrie. Nach Abzug dieser Mengen kann das Potenzial von Altholz im Bundesland geschätzt werden. Dabei wird angenommen, dass sich das Aufkommen von Altholz bis 2020 weitgehend stabil bleibt. Wie

Waldfläche



Technisches Brennstoffpotenzial von forstwirtschaftlicher Biomasse in Terajoule (TJ)

	511.400 TJ
davon:	
... bereits energetisch genutztes Waldholz:	245.600 TJ
... Waldrestholz:	164.700 TJ
... ungenutzter Holzzuwachs:	101.100 TJ

Bei der Abschätzung der Potenziale forstwirtschaftlicher Biomasse werden die spezifischen Baumarten- und deren Altersklassenverteilungen in den Bundesländern berücksichtigt. Somit lassen sich auf Basis laufender und prognostizierter Holzzuwächse bzw. Holzeinschläge die länderspezifischen Potenziale für die energetische Nutzung berechnen. Für jedes Bundesland werden spezifische Nutzungseinschränkungen (z.B. Fläche der Naturschutzgebiete, technisch schwer erschließbare Waldflächen) von den ermittelten Potenzialen abgezogen. Da einige Faktoren für die Abschätzung der Potenziale nur auf Ebene des Bundeslandes vorliegen, wird auf die Darstellung auf Ebene der Landkreise verzichtet.

beim Potenzial von Industrierestholz ergeben sich starke regionale Ungleichheiten, da ein Im- und Export über die Grenzen von Bundesländern verbreitet ist. Da die Datengrundlage im Fall von Altholz teilweise lückenhaft ist und die Stoffströme sich nur schwer abschätzen lassen, ist das ermittelte Potenzial mit großen Unsicherheiten verbunden.

Technisches Brennstoffpotenzial von Altholz in Terajoule (TJ)

Altholz	116.600 TJ
---------	------------

Industrierestholz

Waldholz fließt – falls es nicht direkt energetisch genutzt wird – üblicherweise zunächst in die stoffliche Nutzung. Sägewerke und anderen nachfolgenden Betrieben verarbeiten das Waldholz weiter z.B. zu Baumaterialien, Möbeln, Holzwerkstoffen oder Papier. Dabei fallen in den Sägewerken, in der Zellstoffindustrie und bei der Möbelproduktion zahlreiche Reststoffe an. Sägespäne und Sägemehl, Holzhackschnitzel, aber auch Schwarzlauge, Rinde und sonstige Reststoffe der Papierherstellung können für die Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden, z.B. in den Kraftwerken der Zellstoffindustrie, die selbst einen hohen Wärmebedarf hat, oder z.B. in Holzkraftwerken und Holzpelletheizungen.

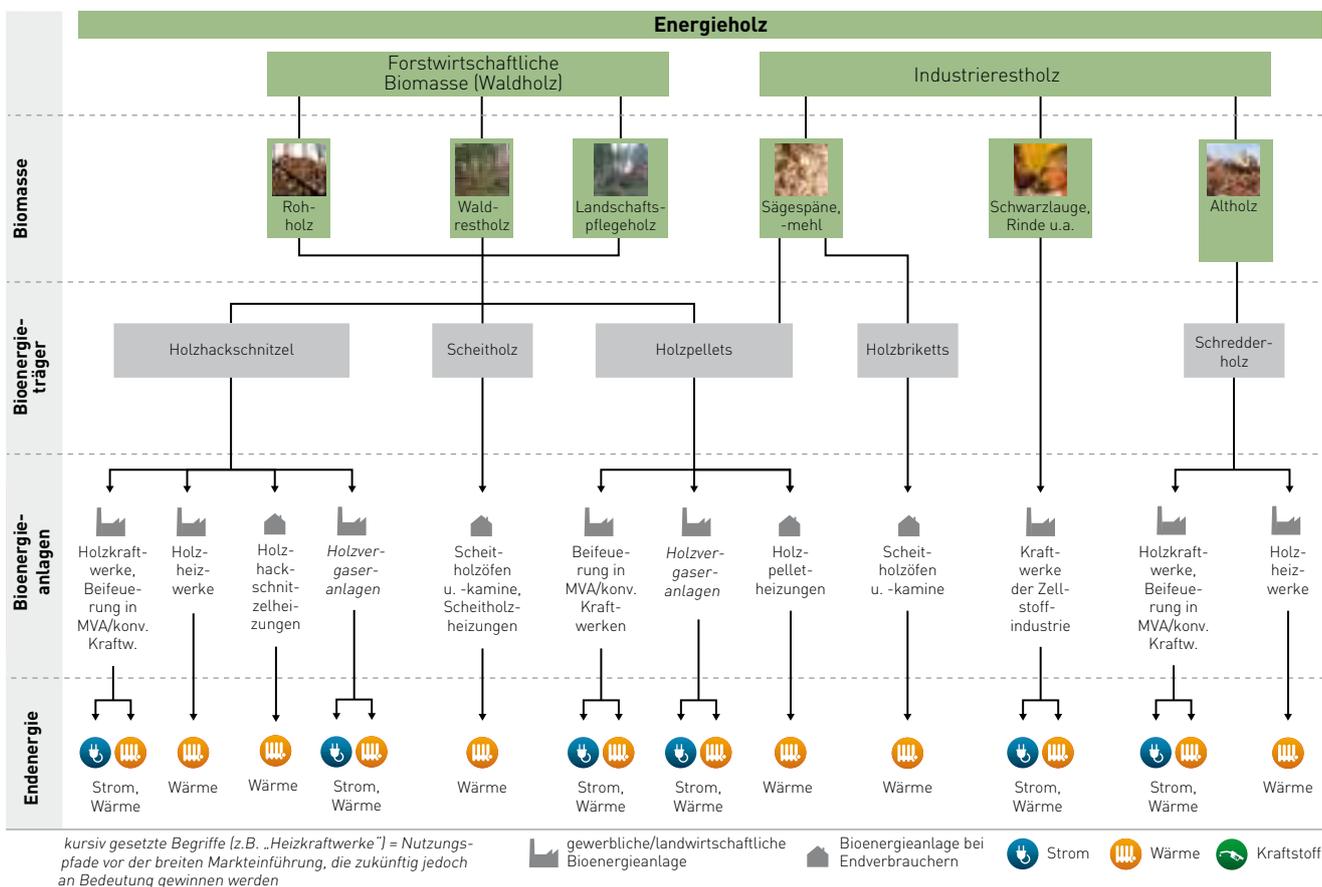
Entscheidend für die Abschätzung des Potenzials von Industrierestholz ist der Rohstoffbedarf der holzbe- und verarbeitenden Industrie im Bundesland. Für die unterschiedlichen Zweige der Säge-, Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie werden spezifische Anteile von Restholz angenommen, das während des jeweiligen Produktionsprozesses zurückbleibt. Rund zwei Drittel dieses

Industrierestholzes werden wiederum weiter stofflich genutzt, z.B. für die Herstellung von Spanplatten. Der nach Abzug dieses stofflichen Verbrauches verbleibende Anteil an Industrierestholz bildet das energetisch zu nutzende Potenzial im Bundesland. Da die holzbe- und verarbeitenden Betriebe das Wald- und Industrierestholz auch über die Grenzen ihres Bundeslandes hinweg im- und exportieren, können sich in einzelnen Bundesländern rechnerisch negative Potenziale von Industrierestholz ergeben.

Altholz ist zwar ebenfalls als Industrierestholz einzuordnen, wird jedoch im Folgenden separat hinsichtlich seines Potenzials in den Bundesländern untersucht. Das Potenzial von Altholz wird daher stets getrennt dargestellt.

Technisches Brennstoffpotenzial von Industrierestholz in Terajoule (TJ)

Industrierestholz	57.000 TJ
-------------------	-----------





Reststoffe

Unter dem Oberbegriff der Reststoffe wird hier höchst unterschiedliche Biomasse zusammengefasst. Gemeinsam ist allen Reststoffen, dass sie als Nebenprodukt in einem Nutzungspfad anfallen, der ursprünglich nicht auf die Bereitstellung von Energie abzielt. Die Berechnungsgrundlagen des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) berücksichtigen allerdings nur Stroh, tierische Exkrememente sowie Bio- und Grünabfälle. Reststoffe wie Klärschlamm, Hausabfall, Altfett und tierische Fette wurden in der zugrunde gelegten Studie des DBFZ nicht erfasst und können daher in diesem Potenzialatlas nicht dargestellt werden. Diese Reststoffe können aktuell und in Zukunft einen Beitrag zur Energieversorgung leisten, der je nach den regionalen Potenzialen zusätzlich in Betracht zu ziehen wäre.

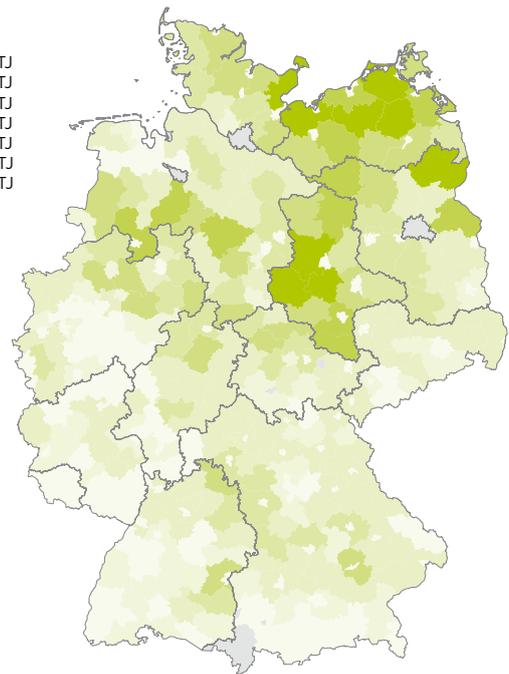
Stroh

Beim Anbau von Getreide und Raps fällt als Ernterückstand Stroh an. Stroh kann in Heizkesseln und Heizkraftwerken für die Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden sowie in Biogasanlagen eingesetzt werden. Verfahren zur Nutzung von Stroh für die Produktion von Bioethanol sind in der Markteinführung. Das Potenzial von Stroh wird maßgeblich durch den Umfang der Ackerflächen und deren Bodenqualität bestimmt.

Wie bei der Abschätzung der Energiepflanzen-Potenziale der Landkreise werden deren Anbaubedingungen für Getreide und Raps berücksichtigt, d.h. ihre durchschnittlichen Ernteerträge, Niederschläge und der spezifische Anbaumix von Raps, Weizen, Roggen, Gerste, Hafer und Triticale. Für die Zukunft werden in Abhängigkeit von diesen Anbaubedingungen aufgrund von verbesserten Anbauverfahren und Fortschritten bei der Energiepflanzen-

Stroh 2020
in Terajoule (TJ)

- unter 100 TJ
- unter 200 TJ
- unter 400 TJ
- unter 600 TJ
- unter 800 TJ
- unter 1.000 TJ
- unter 1.500 TJ
- keine / k.A.



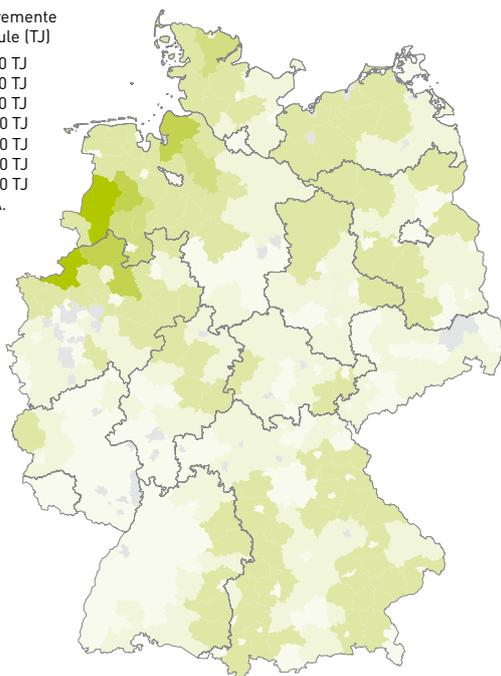
Technisches Brennstoffpotenzial von Stroh 2020 in Terajoule (TJ)

Stroh	103.100 TJ
-------	------------

züchtung wiederum Ertragssteigerungen angesetzt. Das daraus ermittelte Potenzial von Stroh kann jedoch nur zu 20 Prozent energetisch genutzt werden. Es wird angenommen, dass der größte Anteil als Einstreu in der Tierhaltung zum Einsatz kommt oder auf dem Feld verbleibt. Auch in Zukunft soll der Landwirt eine ausreichende Menge von verbleibendem Stroh unterpflügen können, um die Humus- und Nährstoffqualität des Ackerbodens zu sichern.

Tierische Exkrememente
2007 in Terajoule (TJ)

- unter 100 TJ
- unter 250 TJ
- unter 500 TJ
- unter 1.000 TJ
- unter 1.500 TJ
- unter 2.000 TJ
- unter 2.500 TJ
- keine / k.A.



Technisches Brennstoffpotenzial von tierischen Exkrementen 2007 in Terajoule (TJ)

Tierische Exkrememente	87.700 TJ
------------------------	-----------

Tierische Exkrememente

Tierische Exkrememente bilden ein wichtiges Potenzial für die Strom- und Wärmeproduktion von Biogasanlagen. Neben Gülle von Rindern, Schweinen und Hühnern zählt auch Mist zu diesem Potenzial. Die Anzahl der in den Landkreisen gehaltenen Nutztierarten beeinflusst maßgeblich den Umfang des Potenzials. Die Abschätzung des Potenzials beruht auf den Viehbeständen des Jahres 2007. Erst 10 bis 15 Prozent des ermittelten Potenzials werden im Jahr 2011 in Biogasanlagen verwertet. Je nach zukünftiger Entwicklung der Viehbestände kann das Potenzial tierischer Exkrememente zu- oder abnehmen.

Einschränkend wird angenommen, dass erst ab einem Bestand von 50 Rindern bzw. 100 Schweinen die Sammlung und Nutzung von Gülle wirtschaftlich betrieben werden kann. Tierische Exkrememente von landwirtschaftlichen Betrieben mit kleineren Viehbeständen bleiben ebenso unberücksichtigt wie die Exkrememente von Schafen, Ziegen und Pferden.

Bio- und Grünabfälle

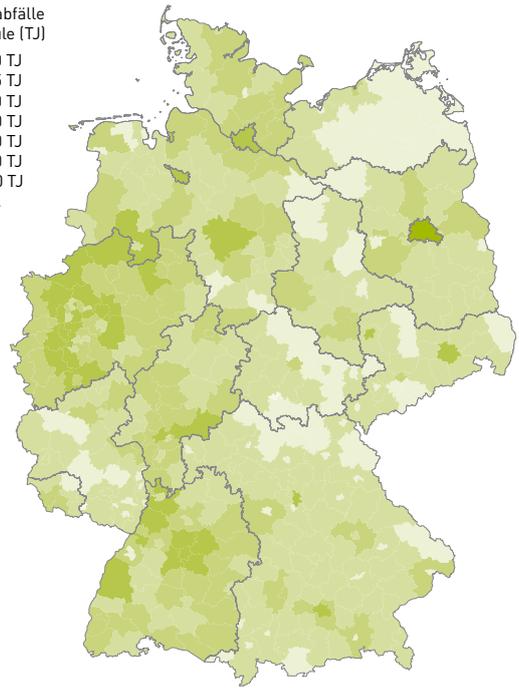
Das Potenzial von Bio- und Grünabfällen umfasst eine Vielzahl von Reststoffen, die für die Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden können, z.B. in Biogasanlagen oder durch Beifeuerung in Müllverbrennungsanlagen und konventionellen Kraftwerken. Bioabfälle umfassen alle Reststoffe im Sinne der Bioabfallverordnung aus Haushalten und Gewerbe wie z.B. Küchenabfälle und Reststoffe der Lebensmittelindustrie. Grünabfälle umfassen Grünschnitt aus der Garten-, Landschafts- und Parkpflege.

Um das Potenzial der Bio- und Grünabfälle abzuschätzen, wird ein durchschnittliches Bio- und Grünabfallaufkommen pro Kopf berechnet. Auf Grundlage der jeweiligen Energiegehalte der angenommenen Abfallbestandteile kann das Potenzial auf Ebene der Landkreise ermittelt werden. Je nach örtlicher Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2020 steigt oder fällt auch das Aufkommen von Bio- und Grünabfällen in den Landkreisen. Nicht berücksichtigt werden können die spezifischen Sammelquoten in den Landkreisen, d.h. ob und in welchem Umfang Bio- und Grünabfälle getrennt eingesammelt werden und damit direkt für die energetische Nutzung bereit stehen.

Die Abfallverordnung schreibt ab 2015 eine getrennte Erfassung von Bioabfällen vor. Bioabfälle können für die energetische Nutzung damit besser erfasst werden, was möglicherweise positive Auswirkungen auf die Mobilisierung des Potenzials von Bio- und Grünabfällen hat.

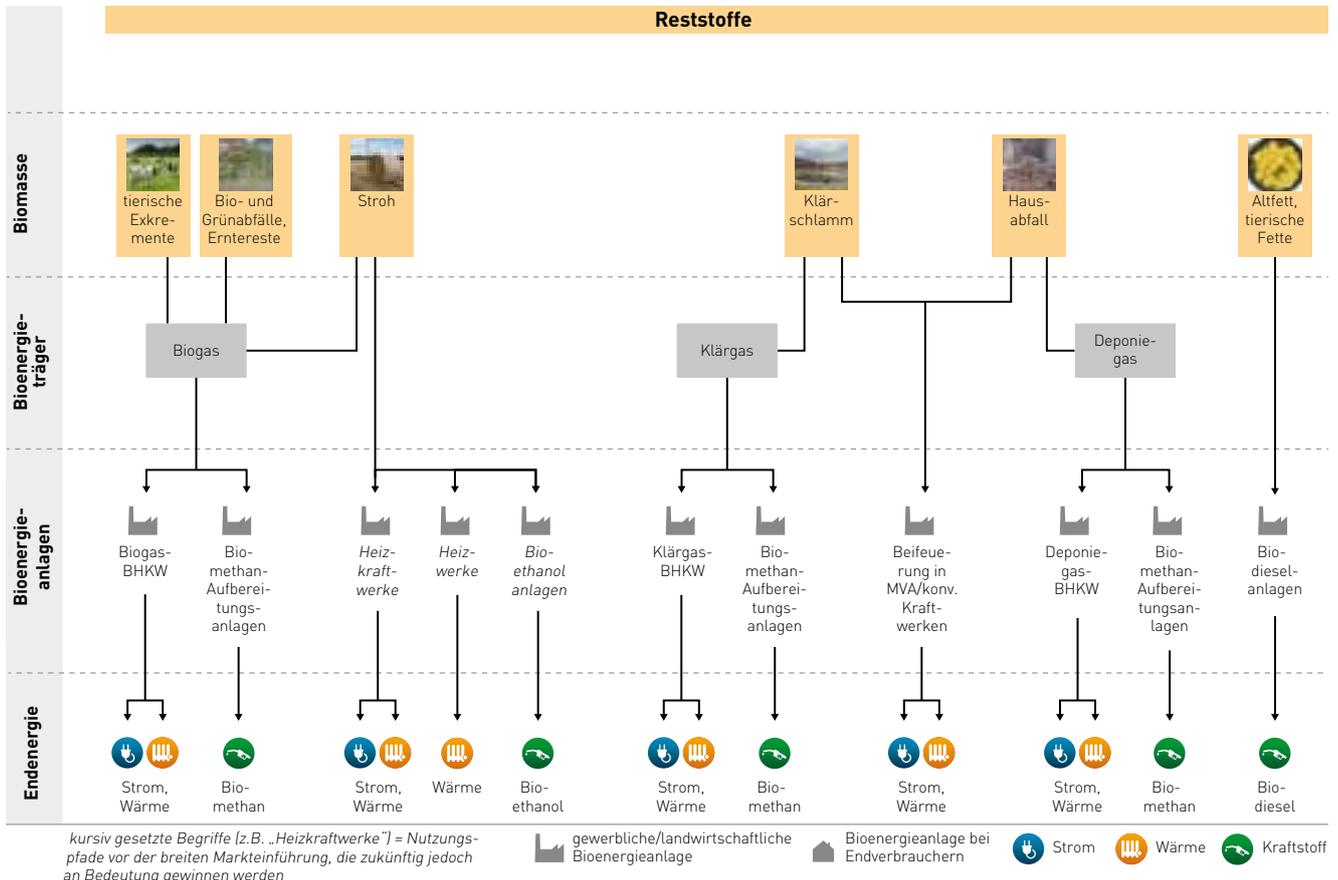
Bio- und Grünabfälle 2020 in Terajoule (TJ)

- unter 10 TJ
- unter 25 TJ
- unter 50 TJ
- unter 100 TJ
- unter 200 TJ
- unter 400 TJ
- unter 1.000 TJ
- keine / k.A.



Technisches Brennstoffpotenzial von Bio- und Grünabfällen 2020 in Terajoule (TJ)

Bio- und Grünabfälle	22.500 TJ
----------------------	-----------





Welche Antworten gibt der Atlas, welche nicht?

Dieses Kapitel erklärt, welche Annahmen, Quellen und Rechenwege gewählt wurden um bestimmte Aussagen treffen zu können.

Wie unterscheiden sich Bioenergie-Potenziale?

Dieser Potenzialatlas unterscheidet Biomasse systematisch nach Energiepflanzen, Energieholz und Reststoffen. Er stellt die unterschiedlichen Bioenergieträger vor und erläutert, in welchen Bioenergieanlagen diese zu welcher Endenergie (Strom, Wärme, Kraftstoffe) umgewandelt werden (siehe Kapitel „Was ist Bioenergie?“, Seite 4-5). Nutzungspfade oder Anlagentechnologien, die noch in der Markteinführung sind oder über nur wenige kommerzielle Referenzanlagen in Deutschland verfügen, konnten jedoch nicht ausführlich berücksichtigt werden.

Wie viele Bioenergieanlagen stehen in einem Bundesland?

Jedes Bundesland wird in einem eigenen Kapitel portraitiert. Der Potenzialatlas gibt zunächst an, wie viele der unterschiedlichen Bioenergieanlagen bereits in einem Bundesland errichtet wurden. Während die Datenlage für Strom erzeugende Bioenergieanlagen sowie für Biokraftstoffanlagen überwiegend gut ist, sind für die Vielzahl von dezentralen Bioenergieanlagen, die Wärme erzeugen, häufig keine Angaben oder nur grobe Schätzungen möglich. Die ausführlichen Quellenangaben finden Sie am Ende dieses Potenzialatlas.

Eine Verortung konkreter Einzelanlagen und ihrer Betriebsergebnisse ist nicht möglich. Die Anonymisierung und Aggregation ist nicht nur aus Datenschutzgründen geboten, sondern auch, um eine grafisch unübersichtliche Darstellung zu vermeiden.

Wie viel Prozent des Energiebedarfs der Bundesländer wird durch Bioenergie gedeckt?

Der Beitrag von Bioenergie zur Deckung des Endenergiebedarfs, d.h. des Strom-, Wärme- und Kraftstoffbedarfs der Bundesländer, kann für das Jahr 2011 lediglich auf Grundlage von bundesweiten Durchschnittswerten grob abgeschätzt werden. Zugrunde gelegt wird jeweils die installierte elektrische bzw. thermische Leistung von Bioenergieanlagen im Bundesland. Mangels landesspezifischer Erhebungen wird diese mit der bundesweiten durchschnittlichen Volllaststundenzahl multipliziert, um die jeweils erzeugten Strom- und Wärmemengen abzuschätzen. Die Schätzungen für Wärme aus Bioenergieanlagen beruhen auf Daten, die freundlicherweise durch den Länderarbeitskreis (LAK) Energiebilanzen bereitgestellt wurden. Bei der Produktion von Biokraftstoffen wird jeweils die bundesweite durchschnittliche Anlagenauslastung angenommen und nur der Einsatz von heimischer Biomasse berücksichtigt. Die Ergebnisse weisen daher eine große Ungenauigkeit auf. Aufgrund mangelnder Datenbasis wurde auf eine ausführliche Darstellung für die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg verzichtet.

Wie groß sind die Bioenergie-Potenziale der Bundesländer?

Es gibt nie das eine, endgültige Potenzial. Aussagen zum zukünftigen Umfang von Bioenergie-Potenzialen sind abhängig von einer Vielzahl von Variablen:

- Bevölkerungsentwicklung
- angenommene Nachfrage konkurrierender Nutzungspfade wie Futter- und Nahrungsmittelproduktion oder stoffliche Nutzung z.B. der Holzwerkstoffindustrie
- angenommene Ertragssteigerungen und Anbaumix in der Landwirtschaft
- Einfluss des Klimawandels auf Land- und Forstwirtschaft
- Fleischkonsum und Flächenbedarf der Futtermittelproduktion
- Flächenbedarf von Naturschutzflächen

Der Potenzialatlas kann daher immer nur ein mögliches Szenario als Modell der Zukunft entwerfen. Die wichtigsten Annahmen, die die Berechnung der unterschiedlichen Bioenergie-Potenziale in den Bundesländern maßgeblich beeinflussen, wurden im vorherigen Kapitel beschrieben. Einschränkungen und Unsicherheiten, z.B. im Zusammenhang mit der Abschätzung des Potenzials von Altholz, wurden dabei benannt. Schon kleinere Variationen der Annahmen können große Unterschiede bei den Bioenergie-Potenzialen der Bundesländer zur Folge haben.

Liegen in den Bundesländern möglicherweise weitere und detailliertere Erhebungen zu Bioenergie-Potenzialen vor, so wird eine Auswahl dieser landesspezifischen Quellen zusätzlich genannt. Damit können Leser mögliche Bandbreiten der Potenziale besser abschätzen. Möchten Leser regionale Potenziale erheben, so liefert dieser Potenzialatlas erste Anhalts- und Vergleichspunkte als Grundlage. Eine detaillierte Erhebung unter Berücksichtigung der örtlichen Rahmenbedingungen ist jedoch unverzichtbar, um zuverlässige Aussagen auf regionaler Ebene treffen zu können. Aufgrund mangelnder Datenbasis wurde auf eine ausführliche Darstellung für die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg verzichtet.

In welchem Umfang kann Bioenergie in Zukunft zur Energieversorgung der Bundesländer beitragen?

Die geerntete oder eingesammelte Biomasse kann in einer Vielzahl von Nutzungspfaden in einer Vielzahl von Bioenergieanlagen unterschiedlich verwertet werden, um am Ende Strom, Wärme oder Kraftstoffe bereitzustellen. Darum variiert jede Aussage über zukünftige Anteile der Bioenergie an der Energieversorgung notwendigerweise. Die Entscheidung, welche Biomasse zukünftig in welchen Anlagen eingesetzt wird, kann das Ergebnis stark beeinflussen.

Um für jedes Bundesland (mit Ausnahme der Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg) einen zukünftig möglichen Anteil der Bioenergie am Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch angeben zu können, wird angenommen, dass die Bioenergie-Potenziale eines Bundeslandes schwerpunktmäßig auf bestimmte Nutzungspfade und Anlagen aufgeteilt werden.

- **1. Szenario:** „Strom aus Biomasse“: In einem ersten Szenario wird die landeseigene Biomasse vollständig für die Stromerzeugung genutzt. Auf die Wärme- und Kraftstoffproduktion wird verzichtet. Damit wird lediglich ein maximaler Wert für den Beitrag der Bioenergie zur Deckung des berechneten Strombedarfs des Bundeslandes im Jahr 2020 angegeben. Realistischer ist, dass auch in Zukunft Biomasse sowohl für die Wärme- als auch für die Biokraftstoffproduktion eingesetzt wird.
- **2. Szenario:** „Wärme aus Biomasse“: In einem zweiten Szenario wird die Biomasse des Bundeslandes ausschließlich in Bioenergieanlagen eingesetzt, die Wärme produzieren. Eine Strom- und Biokraftstoffproduktion wird hier nicht angenommen, um den maximalen Beitrag der landeseigenen Potenziale zur Wärmeversorgung des Bundeslandes im Jahr 2020 anzugeben.
- **3. Szenario:** „KWK mit Biomasse“: In einem dritten Szenario wird die Biomasse schwerpunktmäßig für die kombinierte

Strom- und Wärmeerzeugung in Bioenergieanlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) eingesetzt. Die Nutzung von Biomasse in Biokraftstoffanlagen entfällt hier.

- **4. Szenario:** „Biokraftstoffe“: Im vierten Szenario fließen jene Potenziale, die dafür technisch in Frage kommen, in die Biokraftstoffproduktion, während die übrigen Potenziale in Bioenergieanlagen mit KWK genutzt werden. Damit lässt sich ein maximaler Wert für den Beitrag zur Deckung des zukünftigen Kraftstoffbedarfs des Bundeslandes ausweisen.

Der Potenzialatlas kann und will keine Empfehlung für Auswahl oder Ausschluss bestimmter Nutzungspfade geben. Sinnvoll erscheint eine nachhaltige Nutzung der landeseigenen Potenziale, um Anteile des Strom-, Wärme- und Kraftstoffbedarfs abdecken zu können.

Der Potenzialatlas bietet damit eine fundierte Orientierung, welche Beiträge die Bioenergie im Bundesland maximal im Jahr 2020 leisten kann. So werden die Bandbreiten der zukünftigen Bedeutung von Bioenergie deutlich – unter der Voraussetzung, dass die dargestellten Bioenergie-Potenziale vollständig in einem bestimmten Park von Bioenergieanlagen eingesetzt werden. Die weiteren Schritte für den ausgewogenen Einsatz ihrer Potenziale müssen die Bundesländer selbst unternehmen.

Welche Bioenergie-Potenziale können die Bundesländer zu welchen Kosten erschließen?

Der Potenzialatlas kann keine konkreten Aussagen treffen, inwieweit die Bioenergie-Potenziale in den Bundesländern bereits erschlossen sind. Ebenso sind keine Aussagen zu den Kosten möglich, die mit dem Erschließen der Bioenergie-Potenziale entstehen.

Der Potenzialatlas gibt keine Empfehlungen zur Nutzung oder Vernachlässigung bestimmter Bioenergie-Potenziale oder Nutzungspfade. Für eine möglichst weitgehende Versorgung mit Erneuerbaren Energien und einen hohen Beitrag zum Klimaschutz ist grundsätzlich eine nachhaltige Nutzung aller Bioenergie-Potenziale wünschenswert – in Abhängigkeit der jeweiligen regionalen Potenziale und Rahmenbedingungen. Bürger und Verantwortliche vor Ort müssen selbst planen und entscheiden.

Erfüllen die Bundesländer ihre selbstgesteckten Ausbauziele für Bioenergie?

Diese Frage kann der Atlas nicht beantworten. Die ermittelten aktuellen und zukünftigen Anteile der Bioenergie an der Energieversorgung eines Bundeslandes lassen sich nicht mit politischen Ausbauzielen von Landesregierungen oder Landesenergieprogrammen vergleichen, da davon auszugehen ist, dass diese Ausbauziele mit unterschiedlichen Annahmen, Zeithorizonten und Bezugsgrößen gewählt wurden.



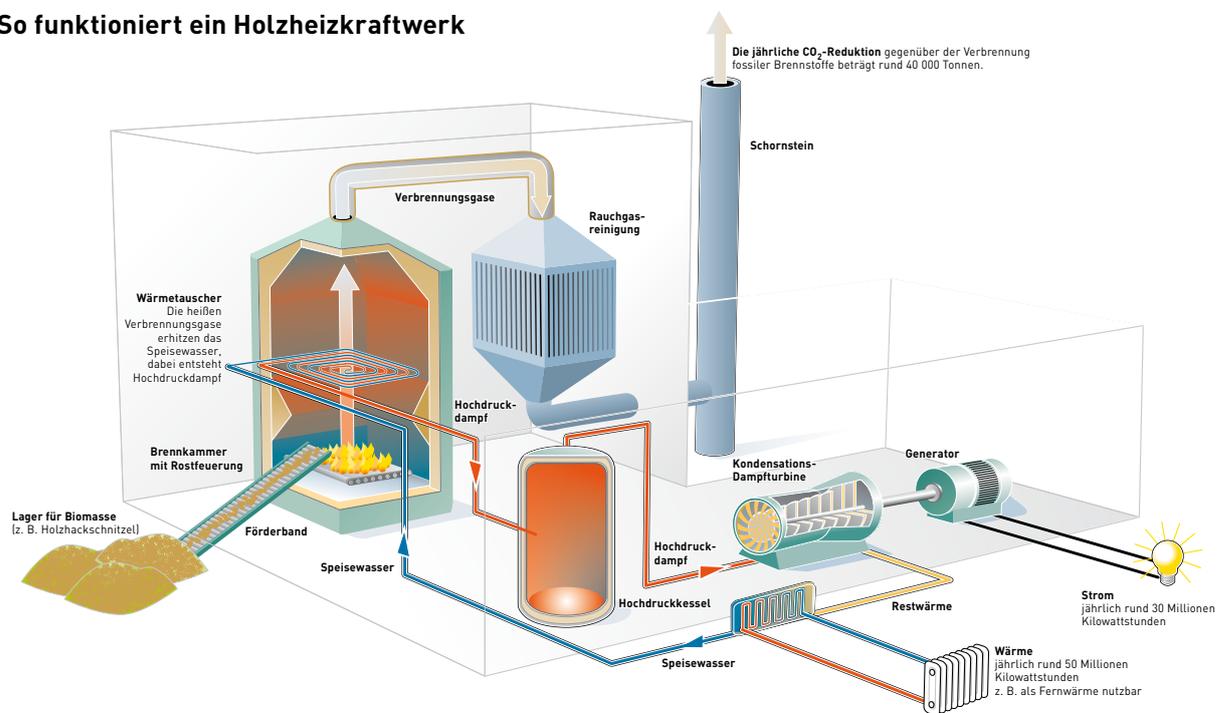
Bioenergieanlagen in Deutschland

Dieses Kapitel erklärt, welche Bioenergieanlagen wie Strom, Wärme oder Kraftstoff aus Biomasse erzeugen.

Der Bundesländer-Potenzialatlas zeigt den Stand der Nutzung von Bioenergie in jedem Bundesland und die Potenziale für eine zukünftige Nutzung von Bioenergie. Dabei werden neben der aktuellen Anzahl auch die Standorte von Anlagen dokumentiert. Diese setzen unterschiedliche Bioenergieträger ein, um Strom, Wärme oder Biokraftstoffe zu erzeugen.

Zur Bedeutung der folgenden, typischen Bioenergieanlagen finden Sie die wichtigsten Kennzahlen in jedem der folgenden Bundesland-Kapitel.

So funktioniert ein Holzheizkraftwerk



Holz(heiz-)kraftwerke

Holz(heiz-)kraftwerke sind Anlagen, die Holz zur Stromerzeugung nutzen. Wird neben Strom gleichzeitig Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugt, spricht man von Holzheizkraftwerken. Es handelt sich dabei um Anlagen mit mehreren Megawatt (MW) installierter elektrischer Leistung, die üblicherweise im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) Strom in das Stromnetz einspeisen. Holzvergaseranlagen erzeugen häufig in gewerblichen Anwendungen Strom und Wärme und können hier auf Grundlage einer nicht vollständigen Zuordnung teilweise berücksichtigt werden. Kleinst-KWK-Anlagen (unter 10 kW) wurden nicht berücksichtigt. Wenn in einem Bundesland auch Kraftwerke der Zellstoffindustrie in Betrieb sind, die Schwarzlauge, Rinde oder andere Reststoffe der Papierherstellung zur Strom- und Wärmeerzeugung nutzen, so werden diese jeweils mit aufgeführt.

Holz(heiz-)kraftwerke in Deutschland 2011

360 Anlagen (ca. 440 Anlagen mit EEG-Vergütung einschl. kleiner Holzvergaseranlagen über 10 kW)

1.505 MW Leistung (elektrisch)

- davon ca. 220 MW Leistung von Kraftwerken der Zellstoffindustrie
- davon ca. 23 MW Leistung von Holzvergaseranlagen

8,9 Mrd. kWh Strom, 13,9 Mrd. kWh Wärme

+ 1,7 Mrd. kWh Strom aus Kraftwerken der Zellstoffindustrie

genutzte Bioenergieträger:

- Schredderholz aus Altholz
- Holzhackschnitzel aus Waldrestholz, Landschaftspflegeholz oder Kurzumtriebsplantagen
- Kraftwerke der Zellstoffindustrie: Schwarzlauge, Rinde, Reststoffe der Papierherstellung
- Holzpellets (kleinere Anlagen)

Einleitung | Wie Bionergie genutzt wird

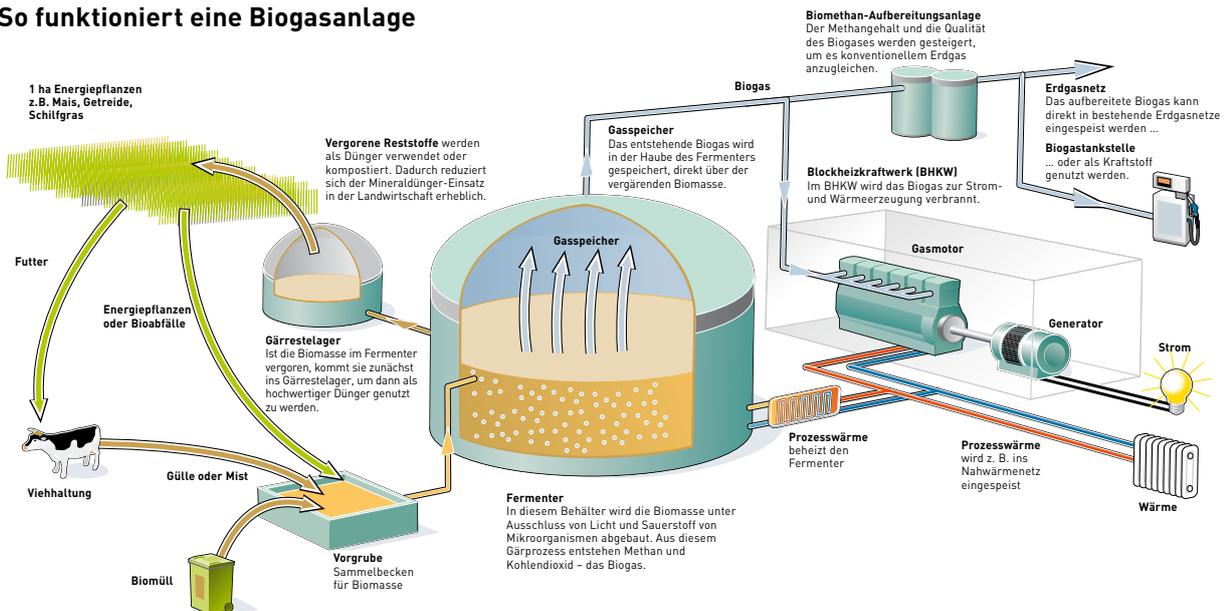
Biogasanlagen

Biogasanlagen sind Anlagen, die Energiepflanzen, tierische Exkremente und andere Reststoffe zu Biogas vergären, das vor Ort in der Regel in Blockheizkraftwerken (BHKW) zu Strom und Wärme umgewandelt wird. An einigen Anlagen wird Biogas auch zu Biomethan aufbereitet, das in das Erdgasnetz eingespeist wird, um es als Biokraftstoff für Fahrzeuge mit Gasmotor zu verwenden oder anderenorts zur Strom- und Wärmeerzeugung in BHKW zu entnehmen.

Biogasanlagen in Deutschland 2011

7.200 Anlagen
2.850 MW Leistung (elektrisch)
19,5 Mrd. kWh Strom, 8,3 Mrd. kWh Wärme
genutzte Bioenergieträger:
- Biogas aus ...
- Energiepflanzen (Mais, Getreide, Gras, Zuckerrüben, Sonnenblumen)
- tierischen Exkrementen (Gülle, Mist, Kot)
- sonstigen Reststoffen (Bio- und Grünabfälle, Stroh, Erntereste)

So funktioniert eine Biogasanlage



Pflanzenöl-BHKW

In Pflanzenöl-BHKW werden Pflanzenöle wie z.B. Rapsöl verbrannt und in Kraft-Wärme-Kopplung zu Strom und Wärme umgewandelt.

Pflanzenöl-BHKW in Deutschland 2011

560 Anlagen (in Betrieb), zahlreiche weitere Anlagen außer Betrieb
100 MW Leistung (elektrisch)
0,6 Mrd. kWh Strom, 1,3 Mrd. kWh Wärme
genutzte Bioenergieträger:
- Pflanzenöle (Rapsöl, Palmöl)

Klär- und Deponiegas-BHKW

Das in Kläranlagen bei der Abwasserreinigung entstehende Klär- oder Faulgas wird in BHKW in Kraft-Wärme-Kopplung zu Strom und Wärme umgewandelt. Ebenso können die an Mülldeponien entstehenden Gase gesammelt und in BHKW zur Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden. Auch eine Aufbereitung zu Biomethan ist möglich.

Klärgas- und Deponiegas-BHKW in Deutschland 2010

695 Anlagen
359 MW Leistung (elektrisch)
1,8 Mrd. kWh Strom, 1,4 Mrd. kWh Wärme (2010)
genutzte Bioenergieträger:
- Klärgas
- Deponiegas

Beifuerung von Biomasse

In Müllverbrennungsanlagen (MVA) und in einzelnen konventionellen Kraftwerken (z.B. in Kohlekraftwerken) wird anteilig Biomasse (z.B. Holz, Hausabfall, Klärschlamm u.a.) mit verbrannt, um Strom und/oder Wärme zu erzeugen.

Beifuerung von Biomasse in Deutschland 2011

87 Anlagen (Müllverbrennung und konventionelle Kraftwerke)
1.700 MW Leistung (elektrisch, nur Müllverbrennung)
5,0 Mrd. kWh Strom, 7,6 Mrd. kWh Wärme aus Müllverbrennung + ca. 2 Mrd. kWh Strom aus Mitverbrennung von Biomasse in konventionellen Kraftwerken
genutzte Bioenergieträger bzw. Biomasse:
- Schredderholz aus Altholz
- Holzpellets
- Holzhackschnitzel
- Hausabfall
- Klärschlamm

Holzheizwerke

Holzheizwerke sind Anlagen ab ca. 100 kW installierter thermischer Leistung, die große Gebäudekomplexe, Nahwärmenetze oder Industriebetriebe mit Wärme versorgen.

Holzheizwerke in Deutschland 2011

Anzahl: keine Angabe möglich
Leistung: keine Angabe möglich
ca. 16,5 Mrd. kWh Wärme
genutzte Bioenergieträger:
- Holzhackschnitzel
- Schredderholz aus Altholz



Wie Bioenergie genutzt wird



Scheitholzöfen und -kamine

Scheitholzöfen und -kamine sind Einzelfeuerungsanlagen, die in ca. jedem vierten deutschen Haushalt zu finden sind. Die Anlagen unterstützen die Wärmeversorgung vor allem von Einfamilienhäusern, dienen jedoch in der Regel nicht als Zentralheizung. Nur in Ausnahmen werden diese Anlagen in den Bundesländern zentral erfasst.

Scheitholzöfen und -kamine in Deutschland 2011

ca. 15 Mio. Anlagen
Leistung: keine Angabe möglich
ca. 57,2 Mrd. kWh Wärme
genutzte Bioenergieträger:
- Scheitholz, Holzbriketts



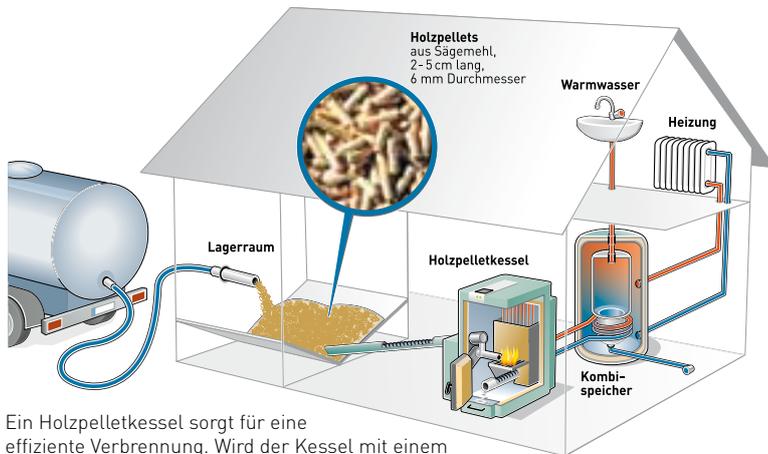
Biodieselanlagen

In Biodieselanlagen wird aus dem Pflanzenöl von Raps oder anderen ölhaltigen Energiepflanzen durch den chemischen Prozess der Umesterung der Biokraftstoff Biodiesel gewonnen. Biodiesel kann fossilem Dieselmotorkraftstoff beigemischt werden oder als Reinkraftstoff in dafür geeigneten Fahrzeugen genutzt werden.

Biodieselanlagen in Deutschland 2011

51 Anlagen (davon ca. die Hälfte nur teilweise ausgelastet oder außer Betrieb)
ca. 4,8 Mio. t Produktionskapazität
Verbrauch: 2,4 Mio. t Biodiesel
genutzte Bioenergieträger bzw. Biomasse:
- Pflanzenöle (Rapsöl)
- Altfett
- tierische Fette

So funktioniert eine Holzpellettheizung



Ein Holzpelletkessel sorgt für eine effiziente Verbrennung. Wird der Kessel mit einem Pufferspeicher gekoppelt, können Emissionen weiter gesenkt und besonders hohe Wirkungsgrade erreicht werden.



Holzpellettheizungen

Holzpellettheizungen sind automatisch befeuerte Zentralheizungen mit bis zu 100 kW Leistung, die Ein- und Mehrfamilienhäuser und Gebäudekomplexe mit Wärme versorgen. Große Holzpelletkessel für Nahwärmenetze oder Industriebetriebe über 100 kW Leistung werden hier nicht betrachtet. Es können nur Anlagen berücksichtigt werden, die über das Marktanzreizprogramm (MAP) seit 2001 gefördert wurden. Der tatsächliche Anlagenbestand dürfte etwas höher liegen.

Holzpellettheizungen in Deutschland 2011

ca. 155.000 Anlagen (bis 100 kW)
ca. 2.900 MW Leistung (thermisch)
ca. 4,9 Mrd. kWh Wärme
genutzte Bioenergieträger:
- Holzpellets



Holz hackschnitzelheizungen

Holz hackschnitzelheizungen sind automatisch befeuerte Zentralheizungen, die Ein- und Mehrfamilienhäuser und Gebäudekomplexe mit Wärme versorgen. Es können hier nur Anlagen berücksichtigt werden, die über das MAP seit 2001 gefördert wurden. Der tatsächliche Anlagenbestand dürfte höher liegen. Heizwerke über 100 kW Leistung, die mit Hackschnitzeln befeuert werden und z.B. Nahwärmenetze oder Industriebetriebe mit Wärme versorgen, werden in der Anlagenkategorie Holzheizwerke betrachtet.

Holz hackschnitzelheizungen in Deutschland 2011

ca. 11.000 Anlagen (bis 100 kW)
ca. 565 MW Leistung (thermisch)
ca. 1,0 Mrd. kWh Wärme
genutzte Bioenergieträger:
- Holz hackschnitzel



Scheitholzheizungen

Scheitholzheizungen sind automatisch befeuerte Zentralheizungen mit bis zu 100 kW Leistung, die Ein- und Mehrfamilienhäuser und Gebäudekomplexe mit Wärme versorgen. Es können hier nur Anlagen berücksichtigt werden, die über das MAP seit 2001 gefördert wurden. Der tatsächliche Anlagenbestand dürfte deutlich höher liegen. Scheitholzöfen und -kamine, die keine Zentralheizungen sind, werden in der Anlagenkategorie Scheitholzöfen und -kamine betrachtet.

Scheitholzheizungen in Deutschland 2011

ca. 90.000 Anlagen (bis 100 kW)
ca. 2.650 MW Leistung (thermisch)
ca. 4,5 Mrd. kWh Wärme
genutzte Bioenergieträger:
- Scheitholz



Pflanzenölmühlen

Pflanzenölmühlen pressen Rapssamen, um aus diesen reines Pflanzenöl zu gewinnen. Pflanzenöl kann als Biokraftstoff direkt in dafür geeigneten Fahrzeugen genutzt werden oder durch den chemischen Prozess der Umesterung in Biodieselanlagen zum Biokraftstoff Biodiesel weiterverarbeitet werden.

Pflanzenölmühlen in Deutschland 2011

50 Anlagen (über 10.000 t Kapazität), 400 dezentrale Kleinanlagen (davon 126 vorübergehend stillgelegt)
ca. 0,6 Mio. t Produktionskapazität
Verbrauch: 20.000 t Pflanzenöl als Biokraftstoff
genutzte Biomasse:
- Rapssamen



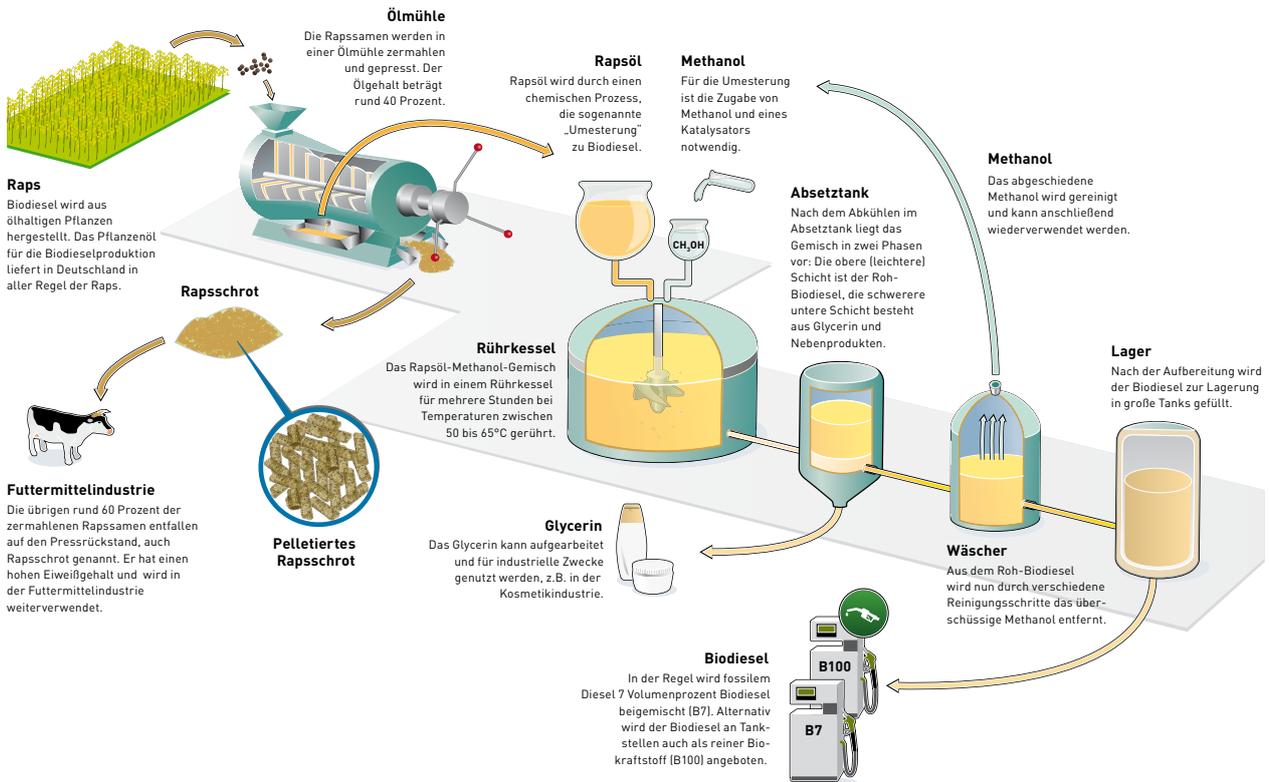
Bioethanolanlagen

In Bioethanolanlagen wird aus stärke- oder zuckerhaltigen Energiepflanzen durch alkoholische Gärung der Biokraftstoff Bioethanol produziert. Bioethanol kann fossilem Ottokraftstoff beigemischt werden (sog. E5- oder E10-Kraftstoff) oder mit nur 15 Prozent fossilem Anteil (E85) in geeigneten Fahrzeugen genutzt werden.

Bioethanolanlagen in Deutschland 2011

13 Anlagen
ca. 1,0 Mio. t Produktionskapazität
Verbrauch: 1,2 Mio. t Bioethanol
genutzte Biomasse:
- Getreide
- Zuckerrüben

So funktioniert eine Biodieselanlage



So funktioniert eine Bioethanolanlage

Die Herstellung von Bioethanol kann auf stärkehaltigen (z. B. Getreide, Kartoffeln, Mais) oder zuckerhaltigen (z. B. Zuckerrübe, Zuckerrohr) Pflanzen basieren. Deutsche Bioethanolproduzenten nutzen hauptsächlich Getreide und Zuckerrüben.

