

# NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

Natürliche Alternativen



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# IMPRESSUM

## **Herausgeber**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)  
OT Gülzow, Hofplatz 1  
18276 Gülzow-Prüzen  
info@fnr.de  
www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

## **Text**

Dörthe Hiddemann, corporate writing; Nicole Paul, FNR

## **Redaktion**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR),  
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

## **Gestaltung/Realisierung**

WPR COMMUNICATION, Berlin

## **Bildnachweise**

Titel: Mikko Lemola/Shutterstock.com; S.6+7 FNR/Dr. Dietmar Peters;  
S.7 FNR/Wenke Stelter; S.20 FNR/Hardy Mueller

## **Druck**

MEDIA COLOGNE GMBH

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier  
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 245  
1. Auflage  
FNR, August 2018

# NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

Natürliche Alternativen



# VORWORT

CLEMENS NEUMANN

*Eine nachhaltig ausgestaltete Bioökonomie als Chance für den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland.*

”

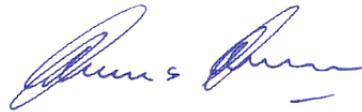
Weltweit steigt die Nachfrage nach Rohstoffen und Energie. Gleichzeitig sind fossile Ressourcen endlich, und ihre intensive Nutzung trägt zum Klimawandel bei. Vor diesem Hintergrund verabschiedete die Bundesregierung 2013 die Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Ein Ziel war, die Rolle der Rohstoffe vom Acker und aus dem Wald für Ernährung, Industrie und Energie weiter auszubauen.

Die Bundesregierung hat mit der Strategie verschiedene Leitgedanken für eine nachhaltige Bioökonomie formuliert. Dazu zählen unter anderem der Vorrang der Ernährungssicherung („Food first“) und die Nutzung von Synergien zwischen dem Erhalt der Biodiversität und dem Rohstoffanbau. Die modernen Verfahren der biobasierten Wirtschaft sorgen dabei oftmals selbst für ein Mehr an Nachhaltigkeit, weil sie konventionellen Prozessen in ökologischer, aber auch ökonomischer Hinsicht häufig überlegen sind.

Land- und Forstwirte und weitere Akteure, die über größere Mengen biogener Reststoffe verfügen wie zum Beispiel Kommunen oder Papierfabriken, sind die wichtigsten Rohstofflieferanten der Bioökonomie. Sie treffen auf die Lebensmittel-, Chemie-, Automobil-, Baustoff- oder Pharmabranche und damit vielfach auch auf neue Abnehmer. Das erfordert Lern- und Anpassungsprozesse auf beiden Seiten. Eine nachhaltig ausgestaltete Bioökonomie ist eine große Chance für den ländlichen Raum, für die Industrie und insgesamt für den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland. „Deutschland ist ein rohstoffarmes Land, dessen Kapital in Kreativität und Innovation besteht“ – diese oft getroffene Aussage gilt

nicht mehr uneingeschränkt. Denn arm an biologischen Ressourcen sind wir als Land in einer gemäßigten Klimazone mit fruchtbaren Böden und hohem Waldanteil gewiss nicht. Neuen Wissens bedarf es aber tatsächlich, um diesen Ressourcen-Reichtum effizient und nachhaltig zu nutzen. Daran arbeiten wir mit Erfolg – Im Ergebnis belegt Deutschland schon heute im internationalen Vergleich Spitzenplätze bei Forschung, Innovation und Unternehmen im Bioökonomie-Bereich.

Mit dieser Broschüre geben wir Ihnen einen kleinen Überblick über die Bandbreite der Nutzung nachwachsender Rohstoffe als wichtigem Teilbereich der Bioökonomie. Wir informieren Sie über die Rohstoffproduktion, über Energieträger und Produkte aus Biomasse – und wollen damit Ihnen als Verbraucherinnen und Verbraucher die Bioökonomie begreifbarer machen.



Clemens Neumann  
Vorstand der Fachagentur  
Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)



# INHALT

Vorwort	4
Inhalt	6
Editorial	7
Natürlich nachhaltig	8
Die kommen vom Land	10
Rohstoffquelle Wald	12
Vom Keller bis zum Dach	14
Wenn die Chemie stimmt	16
Die Kraft der (Heil-)Pflanzen	18
Leicht gemacht	20
Energiegeladen: Alleskönner Biomasse	22
Ausblick – Nachhaltig in die Zukunft	26



# EDITORIAL

## DR.-ING. ANDREAS SCHÜTTE

Nachwachsende Rohstoffe avancierten hierzulande in den letzten 25 Jahren zu einem wichtigen Standbein nicht nur für Landwirte. Auch in der Forstwirtschaft steigt die Nachfrage durch die zunehmende Beliebtheit des Holzbaus und die Renaissance der Holzbrennstoffe weiter an. Dabei muss eine steigende Nutzung nicht im Widerspruch zu Nachhaltigkeit und Naturschutz stehen. So wären unsere getreidebetonten Fruchtfolgen zum Beispiel ohne den Rapsanbau für Biodiesel deutlich ärmer, und Honigbienen ebenso wie vielen anderen Insekten würde vielerorts eine wichtige Tracht fehlen. Auch andere pflanzenbaulich und ökologisch wertvolle Kulturen wie Sonnenblumen, Öllein, schnellwachsende Baumarten, Riesenweizengras, Durchwachsene Silphie oder Arzneipflanzen erhalten eine Chance. Im Wald belegt die letzte Bundeswaldinventur die nachhaltige Bewirtschaftung: Der Holzvorrat hat in den vergangenen Dekaden weiter zugenommen. Und nicht zuletzt ersetzt Biomasse fossile Rohstoffe und trägt damit zum Klimaschutz bei. So käme die Energiewende ohne Biomasse deutlich langsamer voran: Immerhin rund zwei Drittel aller erneuerbaren Energien stammen derzeit aus Holz, Biogas, Bioabfall & Co.

Aber nicht nur die Produzenten und die Energiewende profitieren, auch die Abnehmer gewinnen durch das heimische Rohstoffangebot. Die Chemische Industrie in Deutschland etwa bezieht rund 13 Prozent ihrer organischen Rohstoffe in Form von Biomasse und verringert

damit ihre Abhängigkeit vom Erdöl. Nachwachsende Rohstoffe bringen Arbeitsplätze und Wertschöpfung in den ländlichen Raum; sie gehören zu den effizientesten Strategien gegen die Abwanderung aus den Dörfern. Und: uns Verbrauchern steht ein wachsendes biobasiertes Angebot zur Verfügung. Mit einer aktiven Entscheidung für diese nachhaltigen Produkte können wir den Wandel weg von fossilen Rohstoffen und Energieträgern unterstützen.

Letztlich ist das biobasierte Wirtschaften angesichts der früher oder später einsetzenden Verknappung fossiler Ressourcen alternativlos. Die vorliegende Broschüre informiert über die Notwendigkeit dieses Wandels, über den Stand des Erreichten und nennt viele konkrete Beispiele. Sie spricht insbesondere auch Menschen an, die sich bislang wenig oder gar nicht mit dem Thema befasst haben.



Dr.-Ing. Andreas Schütte  
Geschäftsführer der Fachagentur  
Nachwachsende Rohstoffe e. V.



*Die weltweite Nachfrage nach Rohstoffen und Energie steigt stetig, gleichzeitig sind fossile Ressourcen, auf denen die moderne Wirtschaft basiert, endlich und ihre Nutzung trägt zum Klimawandel bei. Nachwachsende Rohstoffe als Basis einer zukunftsweisenden und nachhaltigen Wirtschaftsform – der Bioökonomie – gewinnen zusehends an Bedeutung. Nicht zuletzt wegen ihrer Vielseitigkeit.*

# NATÜRLICH NACHHALTIG

Fossile Rohstoffe sind seit Jahrzehnten ein fester Bestandteil der industriellen Wirtschaftsweise: Sie liefern einen Großteil unserer Energie und sind die Basis für viele Produkte des täglichen Bedarfs. Doch fossile Rohstoffe sind endlich. Öl, Kohle und Gas werden zunehmend knapper und ihre Nutzung belastet die Umwelt und das Klima. Einen anderen Weg schlägt deshalb die Bioökonomie ein. Ihr Ziel ist es, Rohstoffversorgung und Nachhaltigkeit so zusammenzuführen, dass eine Alternative zur erdölbasierten Wirtschaft entstehen kann. Anstelle von endlichen Rohstoffquellen setzt die Bioökonomie auf die Erzeugung und wirtschaftliche Nutzung erneuerbarer biologischer Ressourcen, wie Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen.

Nachwachsende Rohstoffe, also land- und forstwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel Verwendung finden, sowie organische Reststoffe und Nebenprodukte spielen in der Bioökonomie eine wichtige Rolle. Diese geht weit über den einfachen Ersatz für Erdöl und Co. hinaus: Nachwachsende Rohstoffe sind die

Basis für innovative Zukunftslösungen. Sie können zu völlig neuen Verfahren und Produkten führen, die vielfältige Vorteile haben können, wie etwa bei der Energiebilanz, beim Klimaschutz, bei den Produktionsbedingungen sowie in den Bereichen Gesundheit und Entsorgung.

In vielen Produkten des täglichen Lebens stecken schon heute nachwachsende Rohstoffe. So verarbeitet etwa die chemische Industrie Pflanzenöle zu Farben und Lacken und verwendet stärke- und zuckerhaltige Pflanzen für Waschmittel und biobasierte Kunststoffe. Automobilhersteller nutzen Flachs für Teile der Karosserie und Holz ist der natürliche Baustoff Nummer eins. Bedeutung hat Biomasse auch im Energiebereich. Bioenergie ist eine wichtige Säule im Energiemix der Zukunft. Im Fokus der Entwicklung steht hier die effiziente Nutzung von Pflanzenreststoffen. So will man die Konkurrenz mit der Lebensmittelproduktion vermeiden.

In Deutschland werden derzeit über 100 Millionen Tonnen an nachwachsenden

### BIOÖKONOMIE IN DER POLITIK

Die Bundesregierung hat 2013 die Nationale Politikstrategie Bioökonomie beschlossen. Ziel ist ein Strukturwandel hin zu einer ressourceneffizienten und nachhaltigen Wirtschaft. Dafür wurden Maßnahmen definiert und Prioritäten gesetzt. So hat beispielsweise die Ernährungssicherheit stets Vorrang vor der Erzeugung von Rohstoffen für Industrie oder Energie. Die Strategie zur Bioökonomie ist eng verzahnt mit der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“.

den Rohstoffen genutzt, unter denen das Holz mengenmäßig der wichtigste Rohstoff ist. Nachwachsende Rohstoffe leisten einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz, indem sie zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen vermeiden, und stützen die Energieversorgung vor Ort. Darüber hinaus sind sie ein wichtiger Wirtschaftsfaktor in ländlichen Regionen. Der Anbau von Industrie- und Energiepflanzen bietet eine Einkommensalternative für Landwirte, schafft Wertschöpfung und Arbeitsplätze. ■

### NACHWACHSENDE ROHSTOFFE IM ALLTAG



Schuhe



Kosmetik



Waschmittel



Arzneimittel



Farben



Schmierstoffe



Reinigungsbedarf



Verpackungen



Spielsachen



Bürobedarf



Möbel



Elektronik



Autoteile



Kraftstoffe



Wärme



Strom



Baustoffe



Häuser



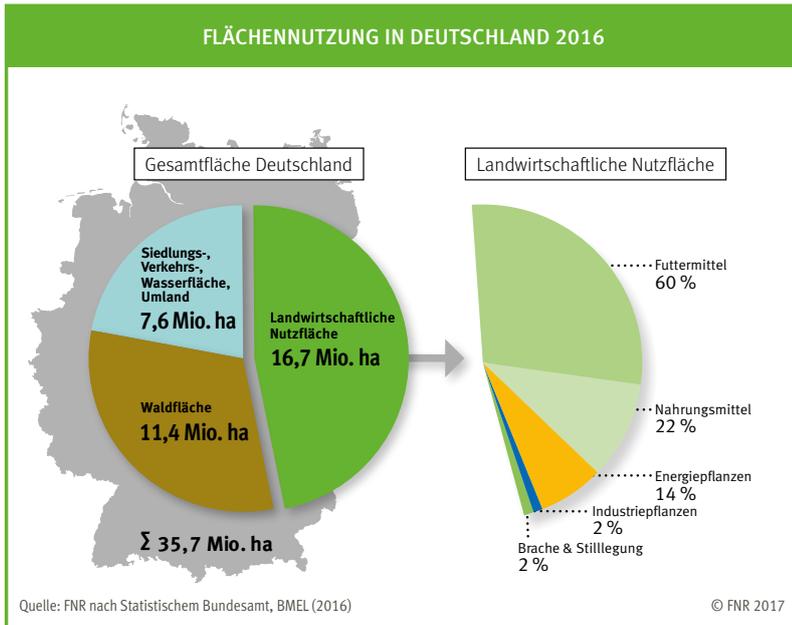
Kleidung

*In viele Bereiche des täglichen Lebens haben nachwachsende Rohstoffe bereits Einzug gehalten: ob beim Bauen, Autofahren oder Heizen.*

# DIE KOMMEN VOM LAND

*Heimische Äcker sind die Quellen für die stoffliche oder energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Sie liefern Öle für die chemische Industrie, Kohlenhydrate für Biokunststoffe, Fasern für die Textil- und Automobilindustrie oder Pflanzen für die Energieerzeugung. Auf gut 16 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland werden heute nachwachsende Rohstoffe angebaut, das sind knapp 2,7 Millionen Hektar. Zum Vergleich: 1994 lag ihr Anteil noch bei 0,4 Millionen Hektar.*





Der weitaus überwiegende Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche dient dem Futtermittelanbau, gefolgt vom Nahrungsmittelanbau. Energie- und Industriepflanzen nehmen nur gut 16 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein.

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland basiert – wie auch der Anbau von Nahrungs- und Futterpflanzen – auf den Grundsätzen der Nachhaltigkeit. Zum Erhalt der Artenvielfalt wird intensiv an Alternativen zu den dominierenden Energiepflanzen Mais und Raps geforscht. Und nicht zuletzt werden die Flächen in Deutschland so genutzt, dass der Anbau nachwachsender Rohstoffe möglichst wenig in Konkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln steht.

### Wahre Energiebündel

Auf gut 14 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche wuchsen in Deutschland im Jahr 2017 Energiepflanzen – also Pflanzen, die gezielt ganz oder überwiegend für die Erzeugung von Strom, Wärme oder Kraftstoffen angebaut werden. Dazu zählen vor allem Mais, Raps, Gräser, Getreide und Zuckerrüben, sie kommen zur Biogaserzeugung ebenso wie für die Herstellung von Biodiesel oder Bioethanol zum Einsatz. Darüber hinaus werden zunehmend auch

andere Energiepflanzen angebaut, um die Artenvielfalt zu erhöhen. Eine vielversprechende Alternative ist die Durchwachsene Silphie. Sie nimmt bisher zwar nur einen kleinen Teil der Anbaufläche ein, die Tendenz ist jedoch steigend. Denn sie wächst rasant und gedeiht zehn bis 15 Jahre in Folge. Die von Juli bis September blühende Staude dient den Bienen außerdem als hervorragende Bienenweide.

### Der Stoff, aus dem die Zukunft ist

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche Nutzung lag 2017 bei rund zwei Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Die wichtigsten einheimischen Industriepflanzen sind Ölsaaten – allen voran Raps – sowie Stärke- und Zuckerpflanzen. Pflanzenöle werden vor allem von der chemischen Industrie zu Schmierstoffen verarbeitet. Stärke- und Zuckerpflanzen werden beispielsweise als Tenside in Waschmitteln genutzt oder bilden die Grundlage für biobasierte Kunststoffe. ■

### MIT BIOMASSE KLIMAZIELE ERREICHEN

Deutschland verfügt über vergleichsweise große Bioenergiepotenziale, die erst zum Teil genutzt werden. Reststoffe wie Waldrestholz, Stroh, Gülle und Mist gehören dazu. Studien gehen davon aus, dass bis 2050 bis zu 26 Prozent des Primärenergieverbrauchs in Deutschland aus Biomasse bereitgestellt werden können. Damit ist die Bioenergie in der Lage, einen erheblichen Beitrag zu den langfristigen Klimazielen der Bundesregierung zu leisten.



# ROHSTOFF- QUELLE WALD

*Rund 30 Prozent der Fläche Deutschlands nimmt der Wald ein. Er ist Heimat für Tiere und Pflanzen und leistet einen wesentlichen Beitrag zum Schutz von Klima, Wasser und Boden. Gleichzeitig bietet der Wald Raum für Erholung und sportliche Aktivitäten und liefert den mengenmäßig bedeutendsten nachwachsenden Rohstoff: Holz. Im Wirtschaftscluster Forst und Holz sind in Deutschland rund 1,2 Millionen Menschen beschäftigt – deutlich mehr als in der Automobilindustrie.*



Holz erfüllt als nachwachsender Rohstoff die vielfältigsten Aufgaben. Das Holz ist sowohl Roh- als auch Baustoff, Werkstoff und Energieträger. So kommt es beim Haus- und Möbelbau zum Einsatz, liefert Zellstoff für Papier, Pappe und Textilien und wird beispielsweise in Form von Industrie- oder Waldrestholz in Kraftwerken zu Strom und Wärme umgewandelt.

Jährlich wachsen in den Wäldern Deutschlands rund 122 Millionen Kubikmeter Holz. Schonend und nachhaltig erzeugt, werden bundesweit rund 76 Millionen Kubikmeter Holz pro Jahr geerntet. Demnach wächst deutlich mehr Holz nach als genutzt wird. Dadurch verfügt Deutschland, trotz hohen Bedarfs, über zunehmende Holzvorräte.

### Schutz durch Nutzung

Nicht mehr Holz einschlagen als im Wald wieder nachwächst – dieses Prinzip der Nachhaltigkeit hat in Deutschland seit 300 Jahren Tradition. Nachdem die kursächsische Forstordnung bereits im 16. Jahrhundert vorgab, dass nicht mehr Holz genutzt werden dürfe, als auf Dauer nachwächst, prägte der sächsische Berghauptmann Hans Carl von Carlowitz 1713 den Begriff „Nachhaltigkeit“. In seinem Buch „Sylvicultura oeconomica“ formulierte er erstmalig das Konzept einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung, deren Kern „Schutz durch Nutzung“ lautet.

Seitdem wurde das Prinzip der forstlichen Nachhaltigkeit kontinuierlich weiterentwickelt, umfasst heute sämtliche Leistungen und Funktionen des Waldes und wird auf viele weitere Bereiche übertragen. Die nachhaltige Nutzung unserer Wälder trägt auch unmittelbar zum Schutz der Wälder weltweit bei. Denn je mehr wir unseren Holzbedarf aus eigener nachhaltiger Forstwirtschaft decken, desto weniger Holz muss aus anderen Teilen der Welt importiert werden. Mit der nachhaltigen Holzproduktion leistet die Forstwirtschaft zudem einen wesentlichen Beitrag zu Beschäftigung und Wertschöpfung, insbesondere im ländlichen Raum. ■

### OPTIMIERTE RESSOURCEN-VERWENDUNG

Erst (mehrfach) stofflich, dann energetisch verwerten – das ist das Prinzip der sogenannten Kaskadennutzung, für die Holz ideal geeignet ist. Wird Holz vor der Verbrennung stofflich genutzt, lassen sich fossile und nachwachsende Rohstoffe einsparen, Treibhausgasemissionen vermindern und die Wertschöpfung steigern. Zunächst kann das Holz etwa für Möbel, als Baumaterial oder für die Holzwerkstoffindustrie eingesetzt werden, ehe es am Ende der Nutzungskette in Holzheizungsanlagen oder Holzheizkraftwerken in Strom und Wärme umgewandelt wird.



# VOM KELLER BIS ZUM DACH

*Ob für die Außenhaut oder das Innenleben – die Natur hält jede Menge nachwachsende Rohstoffe als ideale Zutaten für umweltfreundliches Bauen bereit: Baumaterialien aus der Natur leisten einen Beitrag zu Klimaschutz, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit. Sie schaffen ein angenehmes Raumklima und bieten vielfältige gestalterische Möglichkeiten.*



Jahrhundertlang haben die Menschen vor allem Holz für den Hausbau genutzt – eine Tradition, die heute ihre Renaissance erlebt. Denn gesundes und umweltverträgliches Bauen ist zunehmend mehr Menschen ein Anliegen. Im städtischen Raum sind mehrgeschossige Holzbauten mittlerweile eine interessante Option. Auch wenn Holz der erneuerbare Baustoff Nummer eins ist, hat sich die Palette an Baumaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen erheblich erweitert. Heute lässt sich ein ganzes Gebäude aus natürlichen Baumaterialien errichten: angefangen bei der Grundkonstruktion über die Fassade und die Dämmung bis zu den Wänden, Böden, der Wandgestaltung und Inneneinrichtung.

Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen speichern das Kohlendioxid, das die Pflanzen ursprünglich im Wachstum aufgenommen haben, für einen langen Zeitraum und tragen so zum Klimaschutz bei. Zudem benötigen sie in der Regel nur wenig Energie zu ihrer Herstellung und können am Ende des Lebenszyklus annähernd CO<sub>2</sub>-neutral in Energie umgewandelt werden.

## Holz

Mit Holz bauen ist klima- und ressourcenschonend. Fassaden, Dachstühle, Fenster, Türen und Böden lassen sich aus Holz herstellen. Auch in der Konstruktion sind moderne und innovative Bauteile, Bauelemente und Bausysteme aus Holz möglich und erfüllen höchste Anforderungen bei Luftdichtigkeit, Feuchtigkeits- und Wärmeschutz, Schall- und Brandschutz.

## Dämmstoffe

Naturdämmstoffe werden aus Flachs, Hanf, Holzfasern, Schafwolle, Schilfrohr, Strohballen, Zellulose u. v. m. hergestellt. Die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen entspricht in etwa den Wer-

ten der konventionellen Dämmstoffe, außerdem sorgt ihre hohe spezifische Wärmekapazität im Sommer für eine Verminderung und zeitliche Verschiebung des Wärmeeintrags in den Wohnbereich. Das Feuchteverhalten von Naturfaserdämmstoffen ist als überdurchschnittlich gut zu bewerten, da sie in der Lage sind, Feuchtigkeit zu transportieren oder zeitweise zu binden, ohne an Dämmkraft einzubüßen.

## Böden

Bodenbeläge haben einen großen Einfluss auf das Innenraumklima. Naturböden sind ebenso gesundheits- und umweltverträglich wie strapazierfähig und haben eine feuchteausgleichende Wirkung. Bodenbeläge gibt es aus Holz, Linoleum oder Kork, Teppiche bestehen aus Naturfasern (Kokos, Sisal u. a.), Schafwolle oder Ziegenhaar.

## Farben

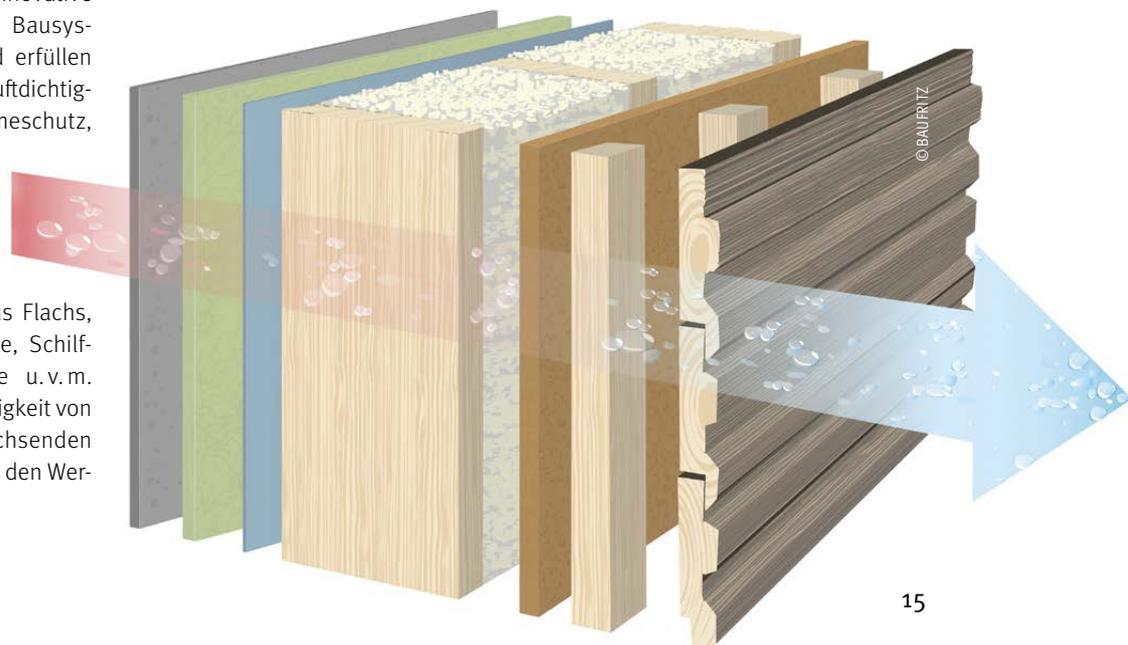
Pflanzenfarben, Naturharzlacke oder Öle und Wachse konservieren und schaffen schöne Oberflächen. Die Farbtonungen entstehen bei diesen Produktgruppen durch Erd- und Mineralpigmente bzw. organische Tier- und Pflanzenfarbstoffe. Die Bindemittel bestehen z. B. aus Leinöl, Kasein, natürlichen Harzen oder Schellack. ■

### BEISPIELHAFTER ÖKOLOGISCHER WANDAUFBAU IN EINEM HOLZHAUS

Von innen nach außen

- Naturgips (grau)
- Installationsebene (grün)
- Abschirmplatte gegen Elektrosmog (blau)
- Luftdichtigkeitseinlage aus technischem Papier
- Holztafelbauweise, Hohlräume gefüllt mit Hobelspandämmung (beige)
- Dampfdiffusionsoffene Winddichtigkeitsebene – Holzfaserverleichte bauplatte (braun)
- Fassaden-Hinterlüftung
- Klima- und feuchtigkeitsregulierende Außenfassade aus Holz

Die gesamte Wand ist diffusionsoffen. Luftfeuchtigkeit wird nach außen abgegeben.



# WENN DIE CHEMIE STIMMT

*Alltagshelfer, die nachwachsende Rohstoffe enthalten, sind längst keine Ausnahme mehr – das zeigen Waschmittel auf Basis natürlicher Tenside ebenso wie Kugelschreiber oder Verpackungen aus Bioplastik. Mit über 2,5 Millionen Tonnen sind bereits rund 13 Prozent der Rohstoffe in der chemischen Industrie nachwachsend.*



Im Vergleich zu fossilen Rohstoffen ist der Anteil nachwachsender Rohstoffe in der Industrie zwar noch relativ klein, wächst aber stetig. Vor allem werden Öle und Fette in der chemischen Industrie für Schmierstoffe genutzt, aber auch Chemiezellstoffe aus Holz sowie Stärke und Zucker sind wichtige Produktzutaten, die als Alternative zu fossilen Rohstoffen und Grundlage für die Entwicklung einer biobasierten Wirtschaft immer mehr an Bedeutung gewinnen.

### Erdöl-Plastik ade!?

Mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen, finden Biowerkstoffe heute bereits vielfach Verwendung, etwa in Verpackungen, Spielzeug, in supersaugfähigen Windeln oder in Musikinstrumenten – und ersetzen damit die herkömmlichen, erdölbasierten Materialien. Dabei lassen sich Biowerkstoffe in zwei Hauptgruppen unterteilen: Neben den kompostierbaren, biologisch schnell abbaubaren Biokunststoffen gibt es zunehmend langlebige Biowerkstoffe, die chemisch mit klassischen Kunststoffen identisch sind.

### Für weniger Reibungsverluste

Schmierstoffe aus Raps- oder Sonnenblumenöl helfen, begrenzt vorhandene fossile Ressourcen zu schonen, sind ungiftig und schnell biologisch abbaubar. Diese Eigenschaften sind bei der Bewirtschaftung land- und forstwirtschaftlicher Flächen, bei Arbeiten an und in Gewässern oder in umweltsensiblen Gebieten immens wichtig, da Schmierstoffe durch Unfälle oder Leckagen in die Umwelt gelangen können. Rund 35.000 Tonnen der in Deutschland jährlich in Industrie und Haushalt eingesetzten Schmierstoffe bestehen aus nachwachsenden Rohstoffen. Zum Einsatz kommen sie als Sägekettenöle oder als Hydrauliköle für Industrie- und

Windkraftanlagen. Fahrradenthusiasten nutzen sie natürlich auch zur Kettenpflege.

### Weiche Waschkraft

Wasch- und Spülmittel mit überwiegend biobasierten Tensiden stehen heute in fast jedem Drogerieregal. Gewonnen aus Kokos- oder Palmkernöl, aus Zuckerrohr oder Rübenzucker, haben sie ihre schmutzlösende Kraft längst unter Beweis gestellt. Biobasierte Tenside bauen sich im Abwasser vollständig ab und sind damit nicht nur umweltfreundlich, sondern meist auch sehr hautverträglich. Derzeit arbeiten Forscher daran, Tenside künftig vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen.

### Unbeschriebene Blätter

Ob Briefpapier, Zeitungen, Taschentücher oder Pappe: Papierprodukte bestehen aus Zellstoff, der aus Holz gewonnenen Cellulose. In Deutschland wurden 2017 22,9 Millionen Tonnen Papier, Pappe und Karton produziert. ■

#### DAS NACHWACHSENDE BÜRO

In Deutschland verbringen rund 17 Millionen Menschen einen Großteil ihres Tages an einem Büroarbeitsplatz – in geschlossenen Räumen, umgeben von zahlreichen Produkten, die meist aus erdölbasierten Rohstoffen hergestellt wurden. „Das nachwachsende Büro“ präsentiert modell- und beispielhaft die Bandbreite einer innovativen und nachwachsenden Bürowelt: Fast 100 verschiedene biobasierte Produkte – angefangen bei den Bodenbelägen aus Holz, Linoleum und Ziegenhaar bis hin zu den Wandflächen und den Arbeitsmaterialien wie Locher, Folien, Tastaturen – sind hier auf 12 m<sup>2</sup> zu finden.

➔ [das-nachwachsende-buero.de](http://das-nachwachsende-buero.de)



# DIE KRAFT DER (HEIL-)PFLANZEN



*Seit Jahrtausenden wissen die Menschen um die Kraft bestimmter Pflanzen und ihrer Wirkungen. Auch heute sind pflanzliche Arzneimittel, Kräutertees und Salben nicht aus unserem Alltag wegzudenken. Selbst wissenschaftliche Studien weisen nach, dass Inhaltsstoffe von Arzneipflanzen auf den menschlichen Stoffwechsel wirken und sich somit dazu eignen, Krankheiten, Befindlichkeitsstörungen und Verletzungen vorzubeugen oder zu heilen.*

Bei über 30 Prozent der rezeptfreien Medikamente, die in Deutschland umgesetzt werden, handelt es sich um Arzneimittel mit pflanzlichen Wirkstoffen, die so genannten Phytopharmaka und Homöopathika (BAH 2017). Das spiegelt die Bedeutung dieser Präparate bei der Behandlung von Befindlichkeitsstörungen und Erkrankungen wider. Zu den typischen Anwendungsgebieten zählen Erkrankungen der Atemwege, Angst-, Spannungs- und Unruhezustände, Herz- und Kreislaufbeschwerden, Venenerkrankungen, Magen-Darm-Beschwerden und Hauterkrankungen. Häufig können pflanzliche Präparate die Therapie mit chemisch-synthetischen Arzneimitteln sinnvoll ergänzen.

### Fenchel, Kamille und Co.

Fenchel und Kamille zählen zu den in Deutschland bekanntesten Arzneipflanzen. Beide sind für ihre Wirkung bei Magen-Darm-Beschwerden bekannt. Die Kamille wirkt zudem entzündungshemmend und Fenchel als Schleimlöser. Gegen Stress, bei nervösen Unruhezuständen oder zur Wundbehandlung ist das Johanniskraut – als Alternative zu chemischen

Substanzen – vielseitig einsetzbar. Als wertvolle Vitamin-C-Quellen können die heimischen Sanddorn-Beeren importierte Zitronen ideal ersetzen, enthalten sie doch bis zu zehnmal so viel Vitamin C. Hierzulande angebaut, aber weniger bekannt sind die Mariendistel und ihre Früchte. Als pflanzliche Arznei kommen sie bei Verdauungsbeschwerden und entsprechend aufbereitet bei der Therapie von Leberschäden zum Einsatz.

### Anbau und Nutzen heimischer Arzneipflanzen

Mehrere hundert Arzneipflanzenarten sind in Deutschland heimisch. Kommerziell angebaut werden zurzeit 120 Arten auf etwa 12.000 Hektar. Das sind aber nur etwa 15 Prozent der eigentlich benötigten pflanzlichen Rohstoffe für die pharmazeutische, kosmetische und Nahrungsergänzungsmittelindustrie. Der Rest entstammt Importen oder Wildsammlungen. Dabei sprechen der Bedarf der Weiterverarbeiter, die hohe Wertschöpfung und gute Absatzchancen für den Ausbau des heimischen Arzneipflanzenanbaus. Er steigert zudem die Biodiversität auf dem Acker und bereichert die Kulturlandschaft. ■

### WIN-WIN-SITUATION FÜR ARZNEIPFLANZEN UND INSEKTEN

Was im kommerziellen Obst- und Gemüseanbau schon länger Praxis ist, will die Universität Bonn in einem seit 2017 vom BMEL geförderten Projekt auch für den Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen entwickeln: ein Management-System zur gezielten Bestäubung durch Insekten. So wie Gärtner Hummelkolonien per Versandhandel fürs Gewächshaus bestellen können, so ist Ähnliches auch beim Anbau von Fenchel, Thymian & Co. denkbar. Die Forscher erwarten höhere und womöglich qualitativ hochwertigere Erträge, mehr Biodiversität und Vorteile für benachbarte Kulturen und damit für ganze Agrarökosysteme.

Das Projektteam untersucht zudem, welche Insekten die etwa 125 in Deutschland angebauten Arznei- und Gewürzkräuter-Arten bestäuben und wie wichtig sie für diese Aufgabe sind. Dass Insekten grundsätzlich von den Kräutern profitieren, ist dabei so gut wie sicher. Denn auf dem Acker dominieren heute – mit Ausnahme des Raps – Kulturen, deren Blüten für nektar- und pollensuchende Insekten uninteressant sind.



# LEICHT GEMACHT

*Aus dem Automobilbau sind naturfaserverstärkte Kunststoffe nicht mehr wegzudenken, sie stecken inzwischen in nahezu jedem Neuwagen. Die Konstrukteure schätzen vor allem die problemlose Verarbeitung der biegsamen und stabilen Fasern sowie ihre starke Belastbarkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht.*



Um den Kraftstoffverbrauch zu verringern, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Verbrennungsmotoren zu reduzieren und die international vereinbarten Klimaschutzziele zu erreichen, arbeiten die Fahrzeugbauer vor allem daran, das Gewicht der Automobile zu reduzieren: Bauteile aus naturfaserverstärkten Kunststoffen glänzen hier mit guten Leistungen. Sie sind biegsam und zugleich stabil, sie splintern nicht, dämmen gut Geräusche und sind schon heute wirtschaftlich konkurrenzfähig.

### Stabil dank Naturfasern

Naturfaserverstärkte Kunststoffe bestehen aus einem (idealerweise biobasierten) Kunststoff, der seine Stabilität durch eingearbeitete Naturfasern wie Cellulose, Hanf, Flachs oder Jute erhält. Gerade im Premium-Segment greifen Autobauer schon seit Jahren auf Naturfasern als Verstärkungsmittel zurück: Kein Armaturenbrett, keine Kofferraumauskleidung oder Tür- und Säulenverkleidung ohne Naturfaser. Nur im Außenbereich haben sich die naturfaserverstärkten Kunststoffe noch nicht durchgesetzt, werden hier jedoch intensiv erforscht und erprobt.

### Innovation und Entwicklung

In einem Forschungsprojekt entwickelten Wissenschaftler ein Gewebe aus Pflanzenfasern und Bioharzen, das die geforderten Eigenschaften für Karosserien wie etwa Härte, Viskosität oder eine schnelle Aushärtungszeit erfüllt und den Baustoff Stahl im Streit

um das Höchstgewicht um Längen schlägt: Der Prototyp eines Autos – das sogenannte Bioconcept-Car – mit Heckklappe, Motorhaube und Türen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen wog 67 Kilogramm weniger als dasselbe Fahrzeug aus Stahlbauteilen. Unter härtesten Bedingungen – bei Autorennen beispielsweise auf dem Nürburgring – bewiesen die Bauteile ihre Eignung. Angetrieben wird das Bioconcept-Car natürlich mit Biokraftstoffen.

### Alternative Kraftstoffe

Biokraftstoffe sind meist flüssige Energieträger, die aus pflanzlicher oder – in seltenen Fällen – tierischer Biomasse gewonnen werden. Um den Verbrauch von Erdöl zu mindern und die künftige Mobilität klimaschonend zu sichern, sind sie unerlässlich. 2017 konnten Biokraftstoffe knapp fünf Prozent (bezogen auf den Energiegehalt) von den in Deutschland im Verkehrssektor verbrauchten 57 Millionen Tonnen Otto- und Dieselmotoren ersetzen.

Alle in der EU abgesetzten Biokraftstoffe müssen seit 2011 besondere Anforderungen in Bezug auf ihre nachhaltige Erzeugung erfüllen. So dürfen etwa beim Biomasseanbau weltweit keine wertvollen Lebensräume für seltene Pflanzen und Tiere – wie Moore oder Regenwälder – verloren gehen. Zudem müssen Biokraftstoffe über die gesamte Wertschöpfungskette wenigstens 50 Prozent Treibhausgas gegenüber fossilen Kraftstoffen einsparen. ■

### AUTOREIFEN AUS LÖWENZAHN

Naturkautschuk wird aufgrund seiner elastischen Eigenschaften in zahlreichen Produkten verarbeitet, etwa in Haushaltsartikeln und in der Medizintechnik, vor allem aber in Autoreifen. Die Nachfrage nach Naturkautschuk steigt weltweit, weil immer mehr Autos und LKWs produziert werden – und ein LKW-Reifen enthält bis zu 25 kg Naturkautschuk. Doch die Ressourcen sind begrenzt: Der Kautschukbaum *Hevea brasiliensis*, die Hauptquelle, wächst nur in einem engen Gürtel nahe des Äquators. Synthetische Alternativen erreichen bisher nicht die Eigenschaften des Originals. Forscher suchen deshalb nach neuen Quellen.

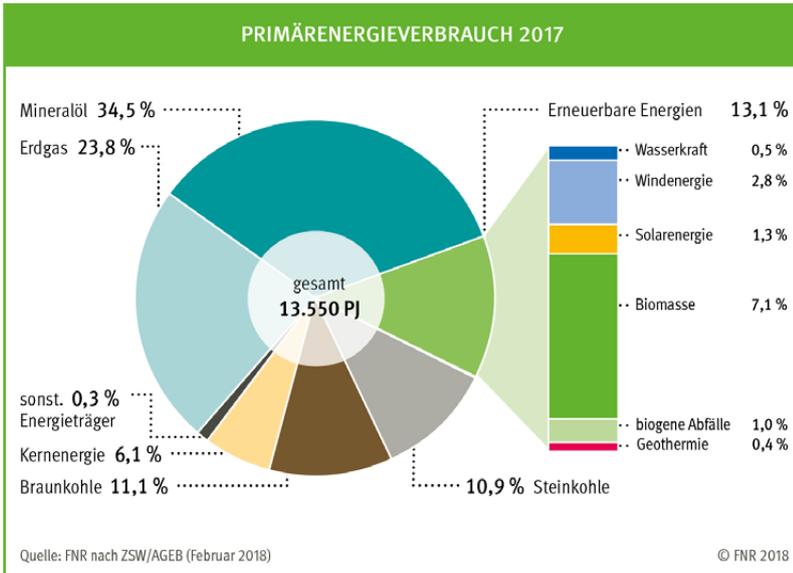
Vielversprechend erscheint der Russische Löwenzahn, der schon im ersten oder zweiten Jahr Ertrag bringen und unter mitteleuropäischen Bedingungen wachsen kann. Baut man ihn neben dem Reifenwerk an, schrumpft zudem der Transportweg drastisch und es entstehen zugleich Arbeitsplätze im ländlichen Raum. Bis dahin ist es jedoch noch ein langer Weg. Geforscht wird entlang der gesamten Wertschöpfungskette: von der Züchtung über den Anbau bis zur Verwertung des Pflanzensaftes als Kautschuk oder Latex. Es gilt, den Kautschuk- bzw. Latexertrag der Pflanzen deutlich zu steigern, damit Anbau und Verwertung ökonomisch tragfähig werden.



# ENERGIEGELADEN: ALLESKÖNNER BIOMASSE

*Als Bioenergie bezeichnet man Strom, Wärme und Kraftstoffe, die aus Biomasse gewonnen werden. Biomasse umfasst alle organischen Stoffe pflanzlichen und tierischen Ursprungs, also auch nachwachsende Rohstoffe wie Stroh, Holz, Mais und Raps oder auch Gräser. Gesetze sorgen für Nachhaltigkeit, etwa für den Schutz wertvoller Naturlandschaften.*





Noch dominieren fossile Energieträger den Primärenergieverbrauch. An den Erneuerbaren Energien hat die Biomasse den größten Anteil.

Holz ist derzeit der bedeutendste erneuerbare Energieträger. Dabei handelt es sich nicht nur um Scheitholz direkt aus dem Wald. Energieholz fällt auch als Altholz, Industrierestholz oder Agrarholz von schnellwachsenden Baumarten wie Pappeln und Weiden an. Im Biomasse(heiz)kraftwerk wird daraus Wärme und/oder Strom gewonnen. Energiepflanzen, landwirtschaftliche Reststoffe und Bioabfälle lassen sich zu Biokraftstoffen verarbeiten oder in Biogasanlagen zu Biogas vergären.

Bei der Nutzung fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl oder Erdgas wird vor Jahrmillionen gebundenes Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) freigesetzt und der Treibhauseffekt immer weiter verstärkt. Zudem sind die Vorräte endlich. Demgegenüber wächst Biomasse nach und ist als Bioenergie im Wesentlichen CO<sub>2</sub>-neutral: Biomasse setzt bei der Verbrennung also nur das CO<sub>2</sub> frei, das die Pflanze während ihres Wachstums aufgenommen hat. Die Nutzung von Bioenergie sparte in Deutschland 2017 über 64 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> ein.

Erneuerbare Energien hatten 2017 einen Anteil von 13,1 Prozent am Primärenergieverbrauch, Bioenergie aus Biomasse erreichte einen Anteil von 7,1 Prozent. Damit stellt Biomasse gut die Hälfte aller erneuerbaren Energien bereit.

#### INTERNET-TOOL "GLOBAL RISK ASSESSMENT SERVICES" (GRAS)

Für Akteure aus Politik und Wirtschaft war es bislang schwierig zu prüfen, wie nachhaltig ein Projekt zum Anbau von Biomasse ist: Viele Faktoren spielen dabei eine Rolle und zuverlässige Informationen mussten erst recherchiert werden. Die „Global Risk Assessment Services“ (GRAS) haben nun mit einem Internet-Tool Abhilfe geschaffen: GRAS stellt alle im Hinblick auf ökologische und soziale Nachhaltigkeit relevanten Informationen über Flächennutzung und deren Veränderungen im Netz bereit. Die Informationen reichen von Daten zu Schutzgebieten und Biodiversität über Kohlendioxidvorräte bis zur Situation von Menschenrechten. GRAS profitiert dabei u. a. vom Fortschritt in der Satellitentechnik: Die hochauflösenden Bilder aus dem All lassen erkennen, wie nachhaltig wir Flächen bewirtschaften.

➔ [www.gras-system.org](http://www.gras-system.org)



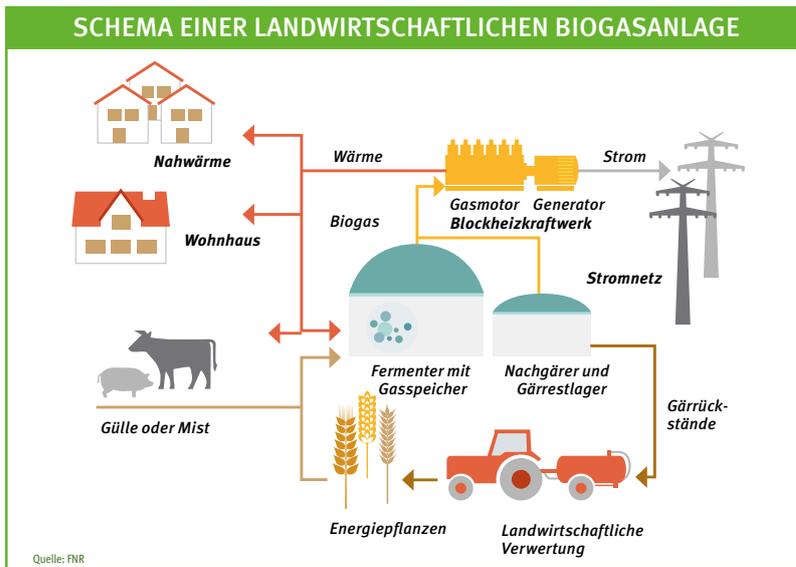
© smereka/Shutterstock.com

### Gülle, Gärung, Gas

*Doppelter Nutzen: Landwirte produzieren mit eigener Biogasanlage und Blockheizkraftwerk Strom, der in das Stromnetz eingespeist wird. Die im BHKW zusätzlich entstehende Wärme kann beispielsweise zum Beheizen von Stallungen genutzt werden.*

Beim Pflanzenbau und der Tierproduktion fallen organische Reststoffe wie Stroh, Mist und Gülle an, in denen jede Menge Energie steckt. Da diese biogenen Energieträger über lange Zeiträume lagerfähig und gut zu transportieren sind, kann man sie bedarfsgerecht einsetzen.

In Deutschland gibt es derzeit rund 9.000 Biogasanlagen. Das Prinzip ist einfach, die Technik ausgefeilt: Gülle, Reststoffe und Energiepflanzen werden in einem Gärbehälter zu Biogas vergoren, das direkt vor Ort für die Produktion von Strom und Wärme genutzt oder nach Aufbereitung als Bio-Erdgas in die bestehenden Gasnetze eingespeist wird. Zusätzlich entsteht dabei wertvoller Dünger.



Der Großteil der Stromproduktion aus Biomasse beruht auf Biogas. Sie unterliegt keinen jahres- oder tageszeitlichen oder witterungsbedingten Schwankungen und ist damit hervorragend zur Absicherung der Grundversorgung geeignet. Neue Anlagenkonzepte sind darüber hinaus auch in der Lage, den Strom genau dann zu produzieren, wenn Sonne und Wind ausfallen: So kann sogenannte Regelenergie aus Biogas als erneuerbarer Systemdienstleister im Strommarkt agieren. Sofern das Biogas gereinigt und als Bio-Erdgas in das Gasnetz eingespeist wird, lässt es sich auch privat oder von Kommunen und Unternehmen zur Wärme- und Stromgewinnung oder als Kraftstoff nutzen.



## Lokal statt global

Selbstversorger sind heute nicht mehr nur Menschen, die ihre Nahrungsmittel aus eigenem Garten und eigener Tierzucht beziehen. Auch mit Energie decken sie sich zunehmend selbst ein. Die Bioenergiedörfer machen es vor: Sie nutzen regionale Biomasse, um Wärme und Strom für ihre Dorfgemeinschaft und damit einen regionalen Mehrwert zu erzeugen. Etwa 190 Bioenergiedörfer sind in Deutschland bekannt. Neben der regionalen Wertschöpfung sprechen noch weitere Gründe dafür: Das Engagement der Bürgerinnen und Bürger stärkt die Gemeinschaft, die Abhängigkeit von importierten Brennstoffen und damit auch Preissteigerungen werden reduziert, Bioenergie leistet einen Beitrag zum Klimaschutz, die regionale Infrastruktur wird im Zuge der technischen Umbauten erneuert und im besten Fall entstehen Arbeitsplätze, die wiederum Familien zum Zuzug veranlassen, was dem demografischen Wandel entgegenwirkt.

Ein technisches Kernstück aller Bioenergiedörfer ist die Wärmeversorgung: In vielen Dörfern ersetzt

Biomasse, umgewandelt in Biogasanlagen und Blockheizkraftwerken, die konventionellen Energieträger. Während der erzeugte Strom ins öffentliche Netz eingespeist und bei Bedarf wieder entnommen wird, baut sich die Dorfgemeinschaft für die erzeugte Wärme oftmals ein Nahwärmenetz, das die angeschlossenen Gebäude versorgt.

## Bio-Wärme

Wärme aus Biomasse beheizt heute Wohnhäuser, kommunale Einrichtungen, Gewerbe- und Industriebetriebe ebenso wie landwirtschaftliche Ställe und Betriebsgebäude. Fast 90 Prozent der erneuerbaren Wärme stammt aus Biomasse. Dabei spielt Holz immer noch die bedeutendste Rolle, ob als Scheitholz, Pellets oder Hackschnittel im privaten Haushalt oder Industrierestholz in Holzheizkraftwerken. Wärme lässt sich aber auch aus flüssigen oder gasförmigen Bioenergieträgern wie Pflanzenöl oder Biogas bzw. Bio-Erdgas erzeugen. Immerhin: Wärme aus Biomasse sparte 2017 mehr als 30 Millionen Tonnen Treibhausgas-Emissionen ein. ■

### AUTARKES FELDHEIM

Im brandenburgischen Feldheim betreibt die Gemeinde sogar ein eigenes Stromnetz. Zudem steht hier einer der größten Energiespeicher Europas. Er gleicht Schwankungen zwischen Angebot und Nachfrage aus und hält so die Frequenz von 50 Hertz im Stromnetz stabil. Seit Ende 2010 ist das komplette Strom- und Wärmenetz fertiggestellt. Während die Energie vorher aus einem 170 Kilometer entfernten Kohlekraftwerk stammte, liefert nun die Biogasanlage der Agrargesellschaft die Wärme und ein naher Windpark den Strom. Flaut der Wind ab, springt ein Generator der Biogasanlage ein, so dass die Stromversorgung gesichert ist.



© Neue Energien Forum Feldheim e.V.

# NACHHALTIG IN DIE ZUKUNFT

*Eine nachhaltige Bioökonomie mit nachwachsenden Rohstoffen als Alternative zu endlichen Ressourcen wird zukünftig in vielen Bereichen weiter an Bedeutung gewinnen. Verbraucher können – sei es für das Bauen und Wohnen, im Büro, in der Freizeit, für den Haushalt oder bei der Mobilität – immer mehr Produkte einsetzen, die teilweise oder sogar vollständig „made of plants“ sind. Und auch in der Industrie und Energieversorgung spielt Biomasse eine zunehmend wichtige Rolle.*

Entscheidend für eine biobasierte Wirtschaft oder Bioökonomie ist, dass ihr Ausbau mit der Ernährungssicherung, dem Schutz der Umwelt, des Klimas und der Biodiversität einhergeht. Dies kann gelingen, wenn wir die Biomasse noch effizienter verwerten, die Kaskadennutzung weiter ausbauen, Rest- und Abfallstoffe stärker nutzen und damit Stoffkreisläufe schließen.

Allerdings gilt es auch, den land- und forstwirtschaftlichen Anbau zu wappnen für den Klimawandel, die breite Anbaupalette zugunsten von Biodiversität noch weiter auszuschöpfen und Erträge auf begrenzten Flächen nachhaltig zu sichern. Voraussetzung für eine solche Entwicklung sind verlässliche politische und sozioökonomische Rahmenbedingungen.

Dabei hat die Menschheit fast immer biobasiert gewirtschaftet, denn das fossile Zeitalter ist historisch betrachtet nur ein kurzer Augenblick in der langen Entwicklung des Homo sapiens. Heute nutzen wir Biomasse jedoch „wissensbasiert“ auf Basis naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Unser Wissen etwa über die Genetik, Züchtung und Biotechnologie ebenso wie über die verschiedenen Umwandlungswege von Biomasse ist um ein Vielfaches größer als in der vorindustriellen Zeit. Gleichzeitig haben wir aus den Erfahrungen mit der Begrenztheit natürlicher Ressourcen gelernt. So wurde in Folge der Holzverknappung im 18. Jahrhundert das Prinzip der Nachhaltigkeit „erfunden“ und von der Forstwirtschaft auf viele andere Lebensbereiche übertragen. Nun gilt es, dieses Prinzip beizubehalten, während die Weltbevölkerung wächst und wohlhabender wird. Diese Herausforderung werden wir nur mit smarten Konzepten meistern können, die Ressourcen einsparen und den verbleibenden Bedarf hocheffizient und in Kreisläufen decken. Ansätze wie Bioraffinerien, die diese Anforderungen erfüllen, bergen viel Potenzial, stehen aber erst am Anfang. Die wissensbasierte Bioökonomie hat also noch lange nicht ausgelernt, sie sammelt laufend neues Wissen. ■

Nachwachsende Rohstoffe bieten (nicht nur) Deutschland die Chance, sich auf einem innovativen Markt zu positionieren. Die neuen Entwicklungen, Produkte und Technologien lassen sich weltweit vermarkten. Gerade die stoffliche Nutzung, aber auch die Bioenergie gelten als Innovationsmotoren, deren Chancen wir schon heute nutzen. Deutschland gehört damit zu den führenden Ländern beim Ausbau des biobasierten Wirtschaftens. Als positive Folgen entstehen nicht nur Arbeitsplätze, vor allem im ländlichen Raum. Wir stellen zudem unsere Rohstoffversorgung auf ein breiteres Fundament, um unsere Energie- und Rohstoffversorgung zukunftsfähig zu machen.





Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e. V. (FNR)  
OT Gülzow, Hofplatz 1  
18276 Gülzow-Prüzen  
info@fnr.de  
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier  
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 245  
FNR 2018