

Biokonversion in Mitteldeutschland – zentraler Baustein für eine postfossile, biobasierte Wirtschaft

Biowasserstoff-Gewinnung mit Verwertung
biogener Reststoffe zu Biokunststoffen
Eine deskriptive Studie zum aktuellen
Diskussionsstand



Ein Projekt von:



Gefördert von:



in Kooperation mit:



M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

M · D · E · G

Biokonversion in Mitteldeutschland – zentraler Baustein für eine postfossile, biobasierte Wirtschaft

Biowasserstoff-Gewinnung mit Verwertung biogener Reststoffe zu Biokunststoffen

Kurzstudie mit Überblick der Akteure in den mitteldeutschen Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen

Autorinnen und Autoren:

Katharina Kolb, Master of Science (M. Sc.), Universität Leipzig

Maren Springsklee, Bachelor of Science (B.Sc.), Universität Leipzig

Prof. Rayan Abdullah, Markenbau, Leipzig | Katar

Dr. Christian Abendroth, Technische Universität Dresden, Robert Boyle Institut e. V., Jena

Stefan Bergander, MBA., HYPOS e. V., Leipzig

André Horn, Staatsexamen law, BDO AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Hamburg

Dr.-Ing. Christian Huck, BioEnergie Verbund e. V., Jena

Dipl.-Math. Rainer Otto, Vi-Strategie GmbH, Erfurt

Philipp Pylla, M.Eng., Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH (ThEGA), Erfurt

Dr. rer. pol. Oliver Rottmann, KOWID Kompetenzzentrum Öffentliche Wirtschaft, Infrastruktur und Daseinsvorsorge e. V. an der Universität Leipzig sowie KOMKIS Sachsen

André Rückert, Master of Science (Ms. Sc.), Technische Universität Dresden

Dipl.-Ing. MCom Ina Stevens, EBISUblue – Büro für internationale Ingenieurdienstleistungen, Kassel

Ann-Christin Stück, Bachelor of Arts (B.A.), Vi-Strategie GmbH, Leipzig

KOWID Kompetenzzentrum Öffentliche Wirtschaft, Infrastruktur und Daseinsvorsorge e. V. an der Universität Leipzig

Verlag Vi-Strategie

August 2021

M · D · E · G

M · D · E · G

Inhalt

	Abkürzungsverzeichnis	8			
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	9			
	Symbolverzeichnis	10			
1.	Vorwort	11			
2.	Thematische Einordnung im Gesamtkontext	12			
3.	Grüner Wasserstoff: Status quo in Deutschland und der EU	16			
3.1.	Nationale und europäische Wasserstoffstrategien	16			
3.2.	Anwendungsgebiete	18			
3.3.	Übersicht der Herstellungsverfahren	20			
3.4.	Aktuelle Herausforderungen und Potenziale in Mitteldeutschland	21			
4.	Biokonversion: Biowasserstoff-Erzeugung und Reststoffverwertung	22			
4.1.	Das Potenzial von Rest- und Abfallstoffen in der Kreislaufwirtschaft	22			
4.2.	Biowasserstoff: Energetische Verwertung biogener Rest- und Abfallstoff	25			
4.3.	Ansätze zur Effizienzsteigerung in der biochemischen Wasserstoffproduktion	26			
4.4.	Biobasierte Produkte: Stoffliche Verwertung von biogenen Abfall- und Reststoffen	31			
4.5.	Bewertung aus ökologischer und ökonomischer Perspektive	32			
5.	Akteurslandkarte: Biowasserstoff und Biokonversion im mitteldeutschen Raum	33			
5.1.	Sachsen	56			
5.2.	Sachsen-Anhalt	63			
5.3.	Thüringen	69			
5.4.	Gesamtheitliche Einordnung: Mitteldeutsche Hindernisse und Entwicklungspotenziale	77			
6.	Schlussbemerkung	81			
	Literaturverzeichnis	82			
	Internetquellenverzeichnis	89			
	Glossar	100			

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

BECCS	(engl. Biomass with Carbon Capture and Storage) Biomasse mit CCS	NWS	Nationale Wasserstoffstrategie
CCS	Carbon Capture and Storage	OTUs	(engl. operational taxonomic units) Operationale taxonomische Einheit
CCU	Carbon Capture and Utilization	ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
CO _{2e}	(engl. CO ₂ -equivalent) CO ₂ Äquivalent	PtX	Power-to-X
DIET	(engl. direct interspecies electron transfer) direkter Interspezies-Elektronentransfer		
ct	Cent		
EE	Erneuerbare Energien		
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe		
GWP	(engl. global warming potential) Treibhaus(gas) potential		
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen		
MEC	(engl. microbial electrolysis cells) Mikrobielle Elektrolysezelle		
Mio.	Millionen		
Mrd.	Milliarden		
NET	(engl. Negative Emission Technologies) Negativ-Emissionstechnologien		

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung einer Kreislaufwirtschaft	13
Abbildung 2:	Schematische Darstellung einer Kreislaufwirtschaft mit Fokus auf biogene Rest- und Abfallstoffe.	23
Abbildung 3:	Technisches Potenzial biogener Rest- und Abfallstoffe.	24
Abbildung 4:	Stoffliche Märkte und Marktsegmente für nachwachsende Rohstoffe	31
Tabelle 1:	Akteurslandkarte Mitteldeutschland.	34

Symbolverzeichnis

Symbolverzeichnis

°C	Grad Celsius
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
H ₂	Wasserstoff
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
Mg	Megagramm (siehe auch t)
MWh	Megawattstunden
mV	Millivolt
Nm ³	Normkubikmeter
PJ	Petajoule
t	Tonnen ¹
TWh	Terrawattstunden

¹ In der Abfallwirtschaft wird auch die Einheit Mg (Megagramm) verwendet: 1 Mg = 1 t.

1. Vorwort

Mit der hier vorgelegten Studie „**Biokonversion in Mitteldeutschland – zentraler Baustein für eine postfossile, biobasierte Wirtschaft**“ wurde ein wichtiges Ergebnis aus der Arbeit im Innovationsforum „BioH2BK - Aufbau eines Clusters BioWasserstoff + Biokonversion Mitteldeutschland“ erreicht. Dem vorausgegangen war die Initiierung dieses Innovationsforums zur ganzheitlichen, sowohl energetischen als auch stofflichen Biomasseverwertung, mit dem Ziel, eine nachhaltige CO₂-neutrale Kreislaufwirtschaft zu befördern. Dafür, dass dieses Forum so etabliert werden konnte, gab es mehrere positive Ausgangsbedingungen, so wie die langjährigen Erfahrungen zur Biomasseverwertung innerhalb der Vereinstätigkeit des BioEnergie Verbundes e. V. Anfänglich nur mit der Nutzung von Biomasse zur dezentralen Energieversorgung mittels Biogasanlagen in Thüringen befasst, hier war Herr Olaf Luschnig einer ihrer Begründer, liegen die Schwerpunkte im Verein zukünftig in der Biokonversion als Umwandlung von Biomasse in energetisch und stofflich nutzbare Produkte z. B. durch Mikroorganismen in biotechnologischen Kreislaufprozessen, um auch biogene Grundstoffe, wie z. B. Grasfaserzelluloseschaum als möglichem Grundstoff für nachhaltiges Bauen zu gewinnen.

Mit 20,86 Millionen Mg theoretischem Grüngutpotenzial (Gras, Laub, Strauchschnitt, etc.) steht in Deutschland pro Jahr umfängliche Biomasse zur Verfügung, die bisher nur zu ca. 45 % weiter verwertet wird, sei es durch Kompostierung, Vergärung, Verbrennung, die Biotonne oder durch die Restmülltonne. Dieses konkret vorhandene Potenzial war weiterer Ausgangspunkt zum Aufbau des Innovationsforums. Unterstützt wurde die Forumsgründung durch die Nutzung der Förderinitiative „Innovationsforen Mittelstand“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zum Auf- und Ausbau interdisziplinärer, regionaler und überregionaler Netzwerke, um neue oder im Umbruch befindliche Themenfelder gerade auch in Ostdeutschland weiterzuentwickeln, gesteuert durch den Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., DLR.

Die weiteren Initiatoren des Forums, wie die im BioEnergie Verbund e. V. wirksame wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung Robert Boyle Institut e. V. und die Vi-Strategie GmbH Erfurt, waren Garanten für die Wirksamkeit dieses Innovationsforums. So konnten über die Verknüpfung des Vi-Formates „Mitteldeutsches Energiegespräch“ mit Veranstaltungen des Innovationsforums weitere kommunale Spitzenunternehmen Mitteldeutschlands, politische Vertreter, als auch neu am Markt agierende Energieversorgungsunternehmen erreicht werden.

Damit konnte eine Plattform geschaffen werden, die als zentrale Schnittstelle zwischen Biomasseproduzenten, Entsorgungsunternehmen, kommunalen Einrichtungen, Unternehmen der mittelständischen Wirtschaft und Forschungseinrichtungen fungiert. In der Weiterführung des Innovationsforums sollen jetzige und zukünftige Partner die Biokonversion weiter vorantreiben. Dafür soll diese Studie eine wissenschaftliche Grundlage bilden. Aktuellste Forschungsergebnisse des Robert Boyle Institutes zu zweistufigen Biogasprozessen und zu mikrobiellen Elektrolyse Zellen sind dazu unter Punkt 4.3 aufgeführt. Dort wird die Kopplung beider Einzelverfahren als innovativer Biogasprozess beschrieben, der bisher vermehrt auch als „Biologische Elektrolyse“ bezeichnet wird.

Mit der Darstellung des wissenschaftlichen Istzustandes zur Biokonversion und der Erfassung der in Mitteldeutschland an diesem Thema tätigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen wird diese Studie zu einer fundierten Grundlage weiterer Netzwerktätigkeit in Fortsetzung des Innovationsforums BioH2BK Mitteldeutschland.

Dr.-Ing. Christian Huck
1. Vorsitzender BioEnergie Verbund e. V. Jena,
im August 2021

2. Thematische Einordnung im Gesamtkontext von Bioökonomie und postfossiler, biobasierter Wirtschaft

2. Thematische Einordnung im Gesamtkontext von Bioökonomie und postfossiler, biobasierter Wirtschaft

Eine der zentralen Aufgaben im 21. Jahrhundert ist die ökologische Transformation hin zu einem postfossilen, biobasierten Wirtschaftssystem. Diese Verbindung von Ökonomie und Ökologie wird auch Bioökonomie genannt und umfasst nach der Definition der Bundesregierung „die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Systeme, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen“². Als Wirtschaftsfaktor nimmt die Bioökonomie in Deutschland bereits heute eine substantielle Größe ein: Die deutsche Bioökonomie beschäftigte im Jahr 2017 insgesamt 4,4 Mio. Erwerbstätige und erwirtschaftete eine Bruttowertschöpfung von ca. 165-265 Mrd. Euro.³ In Anschluss an die Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 und die Nationale Politikstrategie Bioökonomie wurde 2020 die Nationale Bioökonomiestrategie vorgestellt, welche Ziele und Maßnahmen zum Ausbau der Bioökonomie definiert.⁴

Das Konzept der Bioökonomie zielt einerseits auf die Nutzung biogener anstelle fossiler Ressourcen ab. Ausgangsstoff bioökonomischer Kreisläufe ist somit die Biomasse, d. h. sämtliche biologisch abbaubare Erzeugnisse, Abfall- und Reststoffe, v. a. aus Land- und Forstwirtschaft, die biologischen Ursprungs sind. Dies umfasst nicht nur pflanzliche, sondern auch tierische Stoffe und biologisch abbaubare industrielle und private Abfallströme.⁵ Andererseits greift die Bioökonomie auch Wissen zu biologischen Verfahren und Prozessen auf, um Wertschöpfungsketten erweitern, ersetzen oder neu etablieren zu können.⁶ Zu den zentralen

Anwendungsfeldern der Bioökonomie zählen die Land- und Forstwirtschaft, die Lebensmittelindustrie, die Chemie- und Pharmaindustrie, die Energiewirtschaft, die Forschung und Entwicklung sowie die Verwertung biogener Rest- und Abfallstoffe.⁷

Eines der zentralen Prinzipien der Bioökonomie bildet die Kreislaufwirtschaft.⁸ Im Gegensatz zur Linearwirtschaft, in welcher der Rohstoff zum Produkt verarbeitet wird und sich dessen Lebenszyklus nach Abnutzung mit der Beseitigung des Produkts schließt, orientiert sich die Kreislaufwirtschaft am natürlichen Stoffkreislauf. Um den Lebenszyklus eines Produkts so weit wie möglich zu verlängern, sind neben einem nachhaltigen Design auch die Instandhaltung, Reparatur und Wiederverwendung essentiell. Gelangt ein Produkt ans Ende seines Lebenszyklus, werden die Rohstoffe idealerweise recycelt und weiterverwertet. In diesem Sinne schließt eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft auch die Kaskadennutzung ein, d. h. die mehrstufige stoffliche Verwendung biogener Rohstoffe von höheren zu niedrigeren Wertschöpfungsniveaus, bis schließlich im letzten Schritt eine energetische Verwertung stattfindet.⁹

Ein typisches Beispiel für dieses Prinzip ist die kaskadenartige Nutzung des Ausgangsrohstoffs Holz: Dieser kann zunächst als Möbelstück verarbeitet und als Neuware sowie anschließend als Gebrauchtware verwendet werden. Nach vollständiger Abnutzung folgt eine stufenweise Weiterverwertung zu spanbasierten, faserbasierten und schließlich chemischen Produkten, bis die Kaskade mit der energetischen Verwertung schließt.¹⁰ Zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft gehört auch die Verwendung der im Verarbeitungsprozess der biogenen Rohstoffe anfallenden

² Bundesministerium für Bildung und Forschung/Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020), S. 4.

³ Vgl. Bringezu et al. (2020), S. 9

⁴ Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung/Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020).

⁵ Vgl. Artikel 2 e) RICHTLINIE 2009/28/EG. Biobasierte fossile Stoffe wie Erdöl oder Kohle werden hingegen aufgrund ihrer erheblichen Regenerationszeit nicht unter den Begriff Biomasse gefasst.

⁶ Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014), S. 6f.; Bundesministerium für Bildung und Forschung/Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020); Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021).

⁷ Vgl. NABU (13.05.2021); BIOCOM AG (25.05.2021).

⁸ Dies wird bspw. auch durch eine der beiden Leitlinien der Nationalen Bioökonomiestrategie, „Mit biogenen Rohstoffen zu einer nachhaltigen, kreislauforientierten Wirtschaft“, unterstrichen.

⁹ Vgl. Raschka/Carus (2012), S. 8.

¹⁰ Vgl. Höglmeier (2015), S. 7.

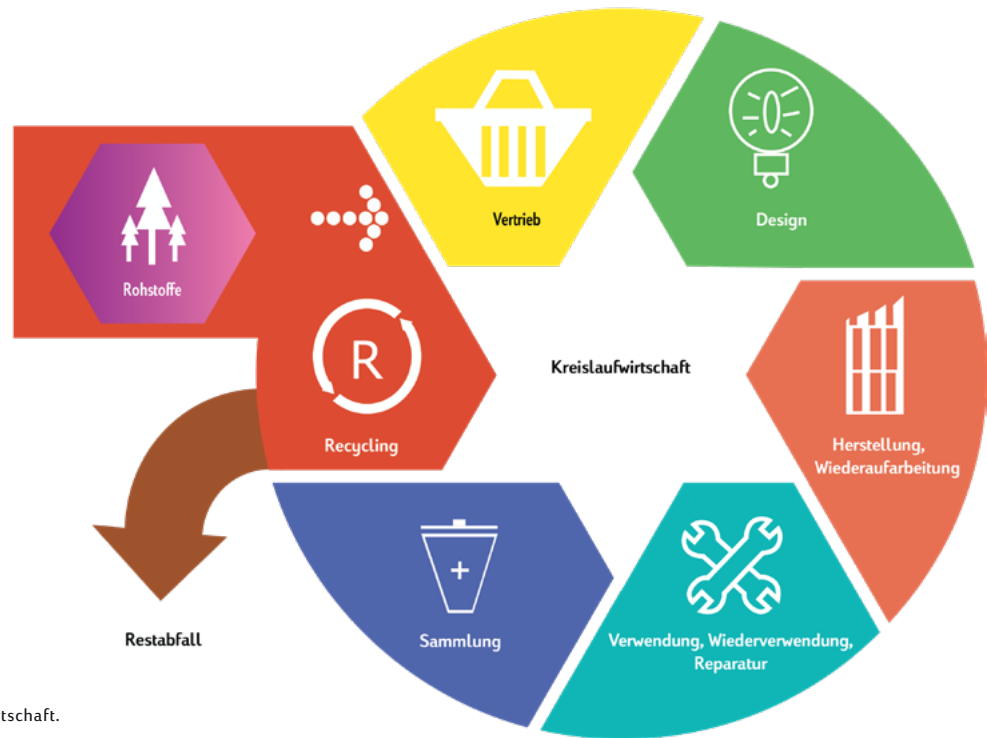


Abbildung 1:
Schematische Darstellung einer Kreislaufwirtschaft.
Quelle: Markenbau

Nebenprodukte, die sogenannte Koppelnutzung, wie sie beispielsweise in der Weiterverwendung von Stroh als Nebenprodukt der Getreideernte stattfindet.

In diesem Sinne ermöglicht die Kreislaufwirtschaft über die effiziente, nachhaltige und mehrfache Nutzung das vollumfängliche Ausschöpfen des Potenzials biogener Rohstoffe. Neben der direkten Verwertung der Biomasse als Nahrungs- bzw. Futtermittel trägt die stoffliche oder energetische Umwandlung der Biomasse, auch Biokonversion genannt, wesentlich dazu bei.

Die im Sinne der Kaskadennutzung zunächst priorisierte stoffliche Nutzung von Biomasse findet in diversen Industriesektoren statt. Zu den wichtigsten Anwendungssektoren

zählen hierbei die Säge- und Holzwerkstoffindustrie, die chemische Industrie, Papier- und Zellstoffindustrie, die Textilindustrie sowie die Pharma- und Kosmetikindustrie. Je nach Anwendungsgebiet lassen sich für die stoffliche Nutzung verschiedene Biokonversionsprodukte aus biogenen Rohstoffen herstellen – von Papier, Textilien und Holzwerkstoffen hin zu biobasierten Kunststoffen und Polymeren.¹¹

Nach der stofflichen Nutzung kann Biomasse zur energetischen Nutzung vielseitig für die Bereitstellung von Wärme, Strom und Kraftstoffen eingesetzt werden und so einen Beitrag zur Energiewende leisten. Hierzu werden biogene Rohstoffe zunächst mittels geeigneter Konversionsverfahren in feste, flüssige oder gasförmige Bioenergieträger umgewandelt. Biogene Festbrennstoffe umfassen dabei

¹¹ Vgl. Jering et al. (2013), S. 21.

überwiegend Holzprodukte wie Pellets oder Holzkohle, während flüssige Energieträger Biokraftstoffe wie Biodiesel und -ethanol sowie Pflanzenöl subsumieren. Zu den gasförmigen Bioenergieträgern zählen Biogas, Deponie- und Klärgas, die sich bspw. zu Biomethan und Biowasserstoff aufbereiten lassen.

Bioenergieträger spielen derzeit bereits eine größere Rolle in der Erneuerbare-Energien-Wärmeversorgung. So wurden 2019 rund 155.000 GWh des Endenergieverbrauchs Wärme durch biogene Brennstoffe bereitgestellt, was einem Anteil von 12,7 % am gesamten Endenergieverbrauch Wärme entspricht.¹² Darüber hinaus wurden 2019 rund 50.000 GWh Strom auf Basis von Biomasse erzeugt.¹³ Im Verkehrssektor spielt der Einsatz von Biokraftstoffen mit rund 31.000 GWh und einem korrespondierenden Anteil am Endenergieverbrauch von 4,7 % derzeit eine eher untergeordnete Rolle.¹⁴

Neben dem Zuwachs von Bioenergieträgern und dem Ausbau von Windkraft- und Photovoltaikanlagen ist Wasserstoff als Schlüsselenergieträger im Rahmen der Energiewende wieder verstärkt in den Fokus gerückt. Wasserstoff kann CO₂-frei in Brennstoffzellen, Gasturbinen und Verbrennungsmotoren zur Bereitstellung von Strom und Wärme eingesetzt werden und bietet damit Potenziale zur Dekarbonisierung verschiedener Anwendungsgebiete, wie z. B. innerhalb der Industrie und im Verkehr.¹⁵ Insgesamt bewegt sich die Wasserstoffnachfrage in Deutschland im Jahr 2050 in verschiedenen Szenarien zwischen 25 TWh und 522 TWh.¹⁶ Zur Herstellung von Wasserstoff gibt es eine Reihe von Verfahren, die mit Blick auf ihre CO₂-Bilanz unterschiedlich zu bewerten sind (vgl. Infokasten). Zum Erreichen der Wasserstoffpotenziale bedarf es einer Weiterentwicklung der Technologien zu Herstellung und Nutzung sowie einer Ausweitung von Speicherung und Transport zu

wettbewerbsfähigen Herstellkosten. Dabei kann Biowasserstoff als Schnittstelle zwischen Energiewende und Kreislaufwirtschaft einen Beitrag zur Bioökonomie leisten.

Biowasserstoff beschreibt Wasserstoff, der aus Biomasse direkt oder indirekt mittels biogener Energieträger, wie Biogas oder Biokraftstoff, hergestellt wird. Aufgrund dieser Ausgangsstoffe zählt die Herstellung von Biowasserstoff unter Einhaltung gewisser Nachhaltigkeitsstandards zu grünem Wasserstoff (vgl. auch Infokasten),¹⁷ da „durch die biologische Ausgangsbasis der CO₂-Kreislauf geschlossen ist“.¹⁸ Zur Produktion von Biowasserstoff können verschiedene Konversionsverfahren genutzt werden, die sich unter thermochemische, biochemische und elektrochemische Konversion zusammenfassen lassen. Zu den dazugehörigen direkten und indirekten Herstellungsarten zählen u. a. die Reformierung, Vergasung, Elektrolyse sowie Vergärung und Fermentation. Durch die vielfältigen Herstellungsprozesse eignen sich nahezu alle festen und feuchten Biomassearten.¹⁹ Grundsätzlich kommen somit eine Reihe unterschiedlicher biogener Energieträger zur Herstellung von Biowasserstoff infrage – von eigens dazu angebauten Energiepflanzen bis hin zu in der Land- und Forstwirtschaft anfallenden Reststoffen und sonstigen Nebenprodukten.²⁰

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Studie liegt nunmehr darin, folgende Leitfragen zu beantworten:

- Welche Potenziale ergeben sich aus biogenen Rest- und Abfallstoffen für die stoffliche Nutzung sowie für die energetische Nutzung in Form von Biowasserstoff in Mitteldeutschland?²¹
- Welche Kompetenzen sind im Bereich Biowasserstoff und Biokonversion in Mitteldeutschland vorhanden und welche Akteure sind diesem Bereich tätig?

12 Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020b), S. 16.

13 Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020b), S. 11.

14 Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020b), S. 20.

15 Vgl. Hebling et al. (2019), S. 6.

16 Vgl. Hebling et al. (2019), S. 9. Szenarien: NOW 2018a, Dena 2018, BDI 2018.

17 Vgl. Europäische Kommission (2020), S. 4 f.

18 Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt/Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt/Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt (2020b), S. 25.

19 Vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2007), S. 38.

20 Vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2007), S. 40.

21 Dazu zählen die Länder Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt.

Infokasten: Farben des Wasserstoffs

Grauer Wasserstoff: Zur Gewinnung von grauem Wasserstoff werden fossile Brennstoffe eingesetzt. In der Regel kommt das Verfahren der Dampfreformierung zur Anwendung. Teils wird auch über Elektrolyse hergestellter Wasserstoff aus Graustrom als grauer Wasserstoff bezeichnet. Wesentlich ist, dass bei der Erzeugung von grauem Wasserstoff CO_2 in die Atmosphäre emittiert wird.

Blauer Wasserstoff: Wasserstoff wird dann als blau bezeichnet, wenn das bei der Erzeugung entstehende CO_2 abgeschieden und gespeichert (CCS – Carbon Capture and Storage) oder weiterverwendet (CCU – Carbon Capture and Utilization) wird. Da das CO_2 damit nicht unmittelbar in die Atmosphäre gelangt, wird blauer Wasserstoff in der Regel als CO_2 -neutral bezeichnet – wenn die CO_2 -Abscheidungsrate bei 100% liegt, was nicht immer der Fall ist.

Türkiser Wasserstoff: Wird durch Methanpyrolyse hergestellt, d. h. durch die Spaltung von Methan entsteht Wasserstoff und fester Kohlenstoff. Türkiser Wasserstoff gilt dann als CO_2 -neutral, wenn die dafür notwendige Wärmeversorgung aus erneuerbaren bzw. CO_2 -freien Energiequellen stammt und der Kohlenstoff dauerhaft gebunden werden kann. Allerdings wird bei dieser Betrachtung der z. T. nicht unerhebliche Methanschluß bei der Erdgasförderung ignoriert.

Grüner Wasserstoff: Für die Herstellung von grünem Wasserstoff kommt in der Regel das Verfahren der Elektrolyse von Wasser zum Einsatz. Wenn der eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen wird, ist grüner Wasserstoff CO_2 -frei. Auch die Wasserstoffproduktion aus Biomasse und Biogas kann als grüne Variante bezeichnet werden. Es fehlen jedoch noch internationale Normen für eine exakte Definition.

Um die Potenziale für Biowasserstoff herzuleiten, erfolgt in Kapitel 3 zunächst eine Einordnung in die politischen Rahmenbedingungen und Wasserstoffstrategien auf regionaler, nationaler und EU-Ebene. Anschließend werden Anwendungsgebiete von grünem Wasserstoff skizziert sowie mögliche Herstellungsverfahren aufgezeigt. Es folgt eine Bewertung der bestehenden Herausforderungen zum Markthochlauf von grünem Wasserstoff und das Aufzeigen von Potenzialen, insbesondere im mitteldeutschen Raum, die hierbei unterstützend wirken können. In Kapitel 4 liegt der Fokus auf der stofflichen und energetischen Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen im Rahmen der Kreislaufwirtschaft. Dabei werden insbesondere Herstellung und Potenziale von Biowasserstoff sowie von weiteren

Konversionsprodukten wie Biokunststoffen aufgezeigt und deren ökologisches und ökonomisches Potenzial bewertet. In Kapitel 5 folgt eine Betrachtung der Akteurslandschaft in Mitteldeutschland. Hierzu werden Akteure und Kompetenzen in den Bereichen Biokonversion, grüner Wasserstoff und Bioenergie im weiteren Sinne aufgezeigt und auch mögliche Anwendungsgebiete skizziert. Eine abschließende Betrachtung der vorhandenen Kompetenzen und Potenziale in Mitteldeutschland komplettiert die Studie.