

# Mobilität der Zukunft: Was Biokraftstoffe im Tank bewirken

Bioethanol, Super E10, Mobilität, Treibhausgase, CO<sub>2</sub>, Benzin

Auf dem Weg zu einem emissionsfreien Transportsektor verringern Biokraftstoffe wie Bioethanol nachweislich umwelt- und gesundheitsschädliche Emissionen: Aktuelle Rollenprüfstandtests ergaben, dass die Nutzung von Super E10 sowohl die CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch den Stickoxid- und Feinstaubausstoß von Fahrzeugen mit Benzinmotoren deutlich reduziert. Die europäische Produktion von nachhaltig zertifiziertem Bioethanol liefert zudem eine breite Palette an Co-Produkten wie energie- und proteinreiche Futtermittel oder Biomethan und hilft somit dabei, Deutschland von Treibstoff- und Futtermittelimporten unabhängiger zu machen.

Nelli Elizarov, Stefan Walter

**Z**ur Einhaltung der im Kyoto-Protokoll und im Pariser Klimaabkommen enthaltenen Vereinbarungen hat Deutschland sich zum Ziel gesetzt, seine Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um mindestens 40 % zu mindern und bis 2050 weitgehend klimaneutral zu werden [1]. Laut Umweltbundesamt wurde bis 2018 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) von rund 31 % im Vergleich zu 1990 erreicht [2]. Trotz des bereits erzielten deutlichen Rückgangs wird das nationale Klimaschutzziel 2020 aus heutiger Sicht voraussichtlich verfehlt. Während die Sektoren Energiewirtschaft, Landwirtschaft, Industrie und Gebäude unterschiedlich stark zum Rückgang der THG-Emissionen beigetragen haben, gibt es im Transportsektor kaum Veränderungen im Vergleich zu 1990. Der größte Erzeuger von THG-Emissionen im Sektor Transport ist mit einem Anteil von 57 % der Straßenverkehr und dabei insbesondere der motorisierte Individualverkehr [3].

Grund für diese Entwicklung ist nicht nur der gestiegene Fahrzeugbestand im Personen- und Güterverkehr (+31 % bzw. +71 % gegenüber 1991) sondern auch die anhaltende Tendenz zu stärker motorisierten Fahrzeugen [4]. Verbesserungen der Motoren- und Abgastechnik, der Qualität der Kraftstoffe und die Verwendung von Biokraftstoffen wie Bioethanol oder Biodiesel als Beimischung zu fossilem Benzin und Diesel haben indes bereits stark dazu beigetragen, die kilometerbezogenen Emissionen erheblich zu senken und damit dem Ausstoß von Treibhaus-

gasen durch erhöhtes Verkehrsaufkommen entgegenzuwirken. Im Jahr 2017 konnten so durch die Beimischung von Biokraftstoffen 7,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden [5]. Auch zukünftig kann im Verkehrssektor nicht auf flüssige Biokraftstoffe verzichtet werden. Aktuell sind knapp über 57 Mio. Kraftfahrzeuge und rund 47 Mio. PKW mit Verbrennungsmotoren in Deutschland gemeldet [6]. Das durchschnittliche Alter von PKW auf europäischen Straßen beträgt derzeit elf Jahre [7]. Selbst bei verstärkter Förderung der Elektromobilität, die zwischen 7 bis 10 Mio. Elektrofahrzeuge auf deutsche Straßen bringen soll, werden im Jahr 2030 noch mindestens 30 Mio. PKW mit Verbrennungsmotoren genutzt werden. Schiff- und Luftfahrt, in denen in naher Zukunft kaum etablierte Alternativen zum Verbrennungsmotor bestehen, werden ebenfalls langfristig überwiegend auf flüssige Kraftstoffe angewiesen sein.

## Hohe THG-Einsparung durch Bioethanol im Verkehr

In Deutschland wird Bioethanol derzeit den Kraftstoffsorten Super (E5), Super Plus (in beiden bis zu 5 % Bioethanolanteil) und Super E10 mit bis zu 10 % Bioethanolanteil beigemischt sowie Benzin in Form von ETBE (Ethyl-tert-butylether) zugesetzt. Der Absatz von Bioethanol für Kraftstoffanwendungen stieg in Deutschland in jüngster Zeit an und lag 2018 bei 1,2 Mio. t [8], wovon rund 613.000 t Alkohol aus der heimischen Produktion stammten [9].

Mit dem im Jahr 2018 abgesetzten Bioethanol konnten 3,1 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente

eingespart werden, was rechnerisch rund 1 Mio. emissionsfreien Fahrzeugen entspricht. Seit 2015 sind die Inverkehrbringer fossiler Kraftstoffe dazu verpflichtet, die THG-Emissionen der verkauften Kraftstoffe zu reduzieren. Dies geschieht in erster Linie durch die Verwendung von Biokraftstoffen, kann aber auch durch das verstärkte Inverkehrbringen von Erdgas und andere Maßnahmen erreicht werden. Die so genannte THG-Minderungsquote war im Einführungsjahr 2015 auf 3,5 % festgesetzt, ab 2017 betrug sie 4,0 % und steigt ab 2020 auf 6,0 % [10]. Eine Novelle des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ersetzte die bis 2014 geltende energetische Biokraftstoffquote durch die THG-Minderungsquote. Bei der Berechnung der Emissionsminderung müssen alle THG-Emissionen ausgehend vom Rohstoffanbau, der Herstellung und Lieferkette bis hin zum Fahrzeugtank berücksichtigt werden. Diese Bestimmungen führen dazu, dass Biokraftstoffproduzenten kontinuierlich die Prozesse zur Verbesserung der THG-Bilanz ihrer Produkte optimieren. Von 2012 bis 2017 erhöhte sich dadurch die Emissionseinsparung durch Biokraftstoffe im Vergleich zu rein fossilen Kraftstoffen erheblich (*Bild 1*) [11]. Das in Deutschland verwendete Bioethanol hat eine überdurchschnittliche THG-Einsparung von 83 % im Vergleich zu fossilem Benzin.

## Deutliche Reduktion von Schadstoffen durch Bioethanol

Mehr als 93 % aller zugelassenen Autos mit Benzinmotor in Europa vertragen nach Angaben der EU-Kommission Super E10. Bei

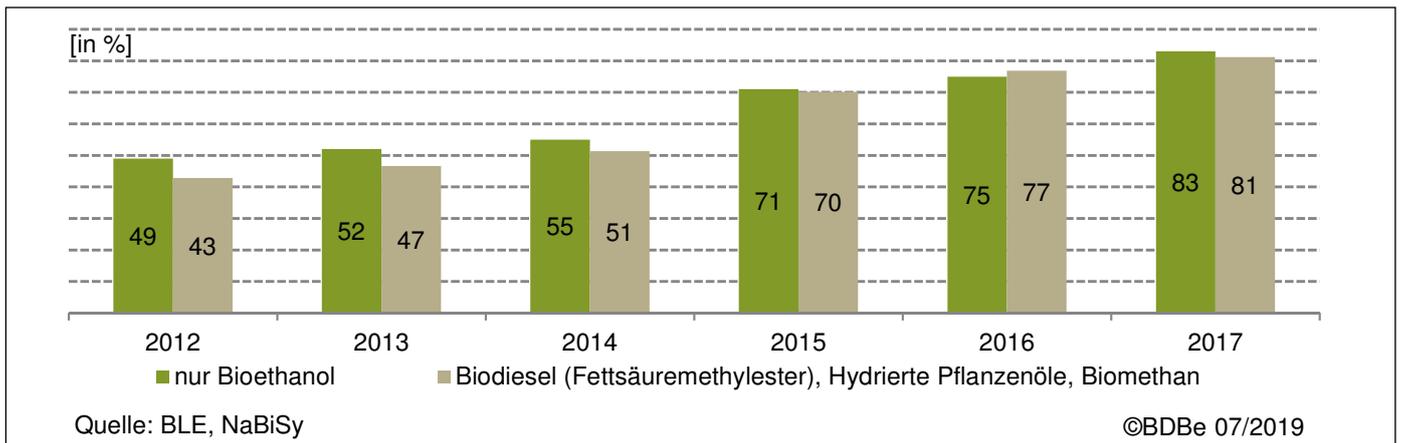


Bild 1: Entwicklung amtlich festgestellter Treibhausgasemissionseinsparungen von in Deutschland verwendetem Bioethanol und Biokraftstoffen insgesamt gegenüber fossilen Kraftstoffen



Bild 2: Produktpalette der Bioethanolwirtschaft

den Neufahrzeugen liegt diese Quote bei annähernd 100 % [12].

Vergleichende Rollenprüfstandtests mit Super E10 und Super (E5) an fünf zulassungstarken PKW-Modellen der Automarken BMW, Ford, Opel, Renault und VW aus verschiedenen Fahrzeugklassen haben verdeutlicht, dass die Nutzung der Kraftstoffsorte Super E10 im Vergleich zu Super (E5) im Durchschnitt Stickoxidemissionen um 25 % und den Feinstaubausstoß um mehr als 70 % reduziert [13]. Der Kraftstoffmehrerverbrauch ist bei der Verwendung von Super E10 im Vergleich zu Super (E5) statistisch nicht sig-

nifikant. Dies widerlegt die seit der Einführung von Super E10 gängige Annahme eines generellen Mehrverbrauchs. Der geringere Heizwert von Bioethanol gegenüber fossilem Benzin führt zwar rechnerisch zu einem höheren Verbrauch. Jedoch wird dieser Einfluss durch eine deutlich effizientere Verbrennung von Bioethanol relativiert [14].

**Begrenzter Flächenverbrauch für die Bioethanolproduktion [15]**

Für den Anbau der zur Herstellung von Bioethanol genutzten Agrarrohstoffe (Zuckerrüben und Futterweizen, Mais, Triticale, Rog-

gen, Gerste) werden landwirtschaftliche Flächen benötigt. In Deutschland stehen insgesamt 16,7 Mio. ha Landwirtschaftsfläche zur Verfügung. Im Jahr 2017 wurden davon 11,8 Mio. ha als Ackerfläche genutzt. Für die Herstellung von Bioethanol und seiner Co-Produkte wurden auf 0,32 Mio. ha Rohstoffe angebaut, dies entspricht lediglich 2,8 % der gesamten genutzten Ackerfläche. Das zur Bioethanolproduktion verwendete Futtergetreide kann aus Qualitätsgründen (z. B. Proteingehalt und Backqualität) nicht für Lebensmittel verwendet werden und unterscheidet sich preislich von Brotweizen, Brotroggen oder Braugerste. Auch Zuckerrüben werden von jeher nicht nur zur Herstellung von Zucker, sondern zu einem großen Teil zur stofflichen Nutzung in der chemischen Industrie und als Energiepflanzen eingesetzt.

**Produktpalette der Bioethanolwirtschaft [16]**

Bei der Herstellung von Bioethanol entsteht je nach Konzept der Bioraffinerie und den verwendeten Agrarrohstoffen zusätzlich eine breite Produktpalette. Besonders wichtig ist die Herstellung energie- und proteinreicher Futtermittel wie Dried Distillers Grains with Solubles (DDGS, getrocknete pelletierte Schlempe), Condensed Distillers Solubles (CDS, Feuchtschlempe) sowie Zuckerrübenschnitzel. Die Nutzung aller Pflanzenteile bei der Herstellung von Bioethanol trägt zur Eigenversorgung der heimischen Nutztiere mit europäischem pflanzlichem Protein bei und vermindert somit auch Futtermittelimporte aus Nicht-EU-Ländern.

Je nach Prozesstechnologie kann neben Bioethanol durch die Vergärung von Schlempe und anderen Reststoffen aus der Produktion auch Biomethan gewonnen werden, das bei seiner Verbrennung als Prozesswärme in der Anlage genutzt oder nach Aufbereitung auf Erdgasqualität ins Erdgasnetz eingespeist wird. Auch für den Kraftstoffbe-

reich bieten sich zunehmend Verwendungsmöglichkeiten, nachdem durch die Novellierung der 38. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes die THG-Minderungsquote seit Anfang 2019 auch durch die Verwendung von Biomethan erfüllt werden darf [17].

Aus den mineralischen Bestandteilen der Pflanzen, die bei der Bioethanolherstellung erhalten bleiben, werden Düngemittel wie Carbokalk, Zuckerrübenvinasse und Ammoniumsulfat gewonnen. Auf diese Weise kann der Einsatz von synthetischem Dünger reduziert werden. Beim Herstellungsprozess anfallendes Kohlendioxid findet gereinigt und verflüssigt Anwendung in der Getränke- und Lebensmittelproduktion. Reststoffe wie Fuselöle und Aldehyde werden in der Kunststoffindustrie, bei der Parfümherstellung oder in der pharmazeutischen Industrie genutzt.

### Europaweite Nachhaltigkeits-Zertifizierung

In Deutschland gewährleistet die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Umsetzung der EG-Richtlinie 2009/28), dass im Transportsektor nur nachhaltig erzeugte Biokraftstoffe verwendet werden [18]. Biokraftstoffe gelten nur dann als nachhaltig, wenn bestimmte flächenbezogene Anforderungen und vorgeschriebene THG-Minderungen erfüllt sind. Die Vorschriften schließen dadurch auch landwirtschaftliche Monokulturen aus. Flächen mit einer hohen Fähigkeit zur CO<sub>2</sub>-Speicherung wie Moore oder solche mit hoher biologischer Vielfalt dürfen nicht in Ackerflächen für den Anbau von Agrarrohstoffen umgewandelt werden. Die heute auf dem Markt verfügbaren Biokraftstoffe müssen zudem gegenüber fossilen Kraftstoffen mindestens 50 % der THG-Emissionen einsparen. Bei neu errichteten Anlagen wird eine Mindesteinsparung von 60 % der THG-Emissionen verlangt. In Deutschland produziertes Bioethanol übertrifft mit mehr als 70 % THG-Minderung diesen Grenzwert deutlich.

Die Inverkehrbringer des Biokraftstoffes sind dazu verpflichtet, einen Nachhaltigkeitsnachweis zu erbringen. Die Kontrolle und Überwachung der kompletten Anbau-, Liefer- und Herstellungskette wird durch unabhängige Zertifizierungssysteme sichergestellt. Die zuständigen Zertifizierungsstellen (in Europa beispielsweise REDcert und ISCC) werden von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) kontrolliert und amtlich zugelassen.

### Fazit

Nachhaltig zertifizierte Biokraftstoffe wie Bioethanol helfen dabei, die THG-Emissio-

Steckbrief Bioethanol C2H5OH	
<b>Eigenschaften</b>	Dichte 0,79 kg/L; Heizwert 21,1 MJ/L; Oktanzahl min. 104 ROZ
<b>E10 Verträglichkeit &amp; Normen</b>	>95 % der bestehenden PKW-Flotte & 100 % der neuzugelassenen PKW-Fahrzeuge in Deutschland (Informationsplattform: <a href="http://www.e10tanken.de">www.e10tanken.de</a> ) EN 228: Unverbleite Ottokraftstoffe (E5 und E10) EN 15376: Ethanol zur Verwendung als Blendkomponente in Ottokraftstoff EN 51625: Ethanolkraftstoff (E85)
<b>Rohstoffe</b>	zucker- und stärkehaltige Anbaubiomassee z.B. Getreide, Zuckerrübe, Zuckerrohr, Mais), zellulosehaltige Rohstoffe wie Stroh und Holz, Abfall- und Reststoffe, Algen
<b>Prozess</b>	<b>1. Gewinnung des Zuckers aus</b> • Getreide: mechanische Zerkleinerung der Körner, Zugabe von Wasser und Enzymen. Stärke wird enzymatisch zu Glucose abgebaut. • Zuckerrüben: Einweichen geschnittener Rüben in heißem Wasser, Trennung des zuckerhaltigen Wassers von festen Bestandteilen • Stroh, biogenen Abfällen und Reststoffen: thermische Vorbehandlung der zerkleinerten Biomasse, Zugabe optimierter Enzyme zur Spaltung von Zellulose und Hemizellulose in Zuckereinheiten <b>2. Alkoholische Gärung (Fermentation)</b> zuckerhaltige Gemische werden durch Hefen oder durch spezielle Mikroorganismen zu Bioethanol und Kohlenstoffdioxid umgewandelt <b>3. Destillation, Rektifikation, Entwässerung</b> Trennung des Ethanol-Wasser-Gemisches
<b>Produktionskapazität &amp; Technologiereife</b>	DE: 25 PJ konventionell (TLR 9), 0,027 PJ fortschrittlich (TRL 8) EU: 198 PJ konventionell (TLR 9), <1 PJ fortschrittlich (TRL 7-9)

Tabelle 1: Steckbrief Bioethanol: Eigenschaften, Verträglichkeit, Rohstoffe und Herstellung, Produktionskapazität und Technologiereife

nen im Transportsektor deutlich zu senken. Das in Deutschland verwendete Bioethanol, das fast ausschließlich in Europa produziert wird, zeichnet sich durch eine THG-Minderung von 83 % im Vergleich zum fossilen Benzin aus. Wie Vergleichstests gezeigt haben, können durch die Verwendung von Super E10 der Stickoxid- und Feinstaubausstoß deutlich reduziert werden. Außerdem entsteht bei der Herstellung von Bioethanol eine bedeutende Menge proteinreicher und gentechnikfreier Futtermittel, welche Importe zur Schließung der „Eiweißlücke“ in Europa verringern. Biokraftstoffe wie Bioethanol sind im bestehenden Fahrzeugbestand sofort nutzbar und auf dem Weg zu einem emissionsfreien Transportsektor unerlässlich. ■

### LITERATUR

[1] [www.umweltbundesamt.de/daten/klima/klimaschutzziele-deutschlands](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/klimaschutzziele-deutschlands) (abgerufen am 02.07.2019)  
[2] [www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/gesamter-und-spezifischer-treibhausgasausstoß-sowie-energieverbrauch-verschiedener-verkehrsmittel](http://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/gesamter-und-spezifischer-treibhausgasausstoß-sowie-energieverbrauch-verschiedener-verkehrsmittel) (abgerufen am 02.07.2019)  
[3] [www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1) (abgerufen am 05.07.2019)  
[4] [www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1) (abgerufen am 02.07.2019)  
[5] Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2017, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2018), S. 61  
[6] [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html) (abgerufen am 02.08.2019)  
[7] ACEA: „Average Vehicle Age“ unter <https://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age> (abgerufen am 05.07.2019)  
[8] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Mineralölstatistik, amtliche Mineralölaltdaten 2018  
[9] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

[10] Bundes-Immissionsschutzgesetz unter <https://www.gesetze-im-internet.de/bimsgch/> (abgerufen am 05.07.2019)  
[11] Evaluations- und Erfahrungsberichte für die Jahre 2012-2017, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
[12] COM(2017) 284 final (abgerufen am 05.07.2019)  
[13] [www.bdbe.de/mediacenter/presseinformationen/verbrauchstests-mit-super-e10-benzin-weniger-schadstoffe-und-keinemehrverbrauch](http://www.bdbe.de/mediacenter/presseinformationen/verbrauchstests-mit-super-e10-benzin-weniger-schadstoffe-und-keinemehrverbrauch)  
[14] Geringer et al. (2014): Meta-analysis for an E20/25 technical development study -Task 2: Meta-analysis of E20/25 trial reports and associated data. Vienna University of Technology (TU Wien) and Institute for Powertrains &Automotive Technology (IFA).  
Kampman et al. (2013): Bringing biofuels on the market. Options to increase EU biofuels volumes beyond the current blending limits. CE Delft  
[15] Destatis und Berechnungen des BDBe basierend auf Produktionsdaten übermittelt von der Bundesmonopolverwaltung für Branntwein  
[16] CropEnergies Geschäftsbericht 2017/2018, Nordzucker Geschäftsbericht 2017/2018, ePURE key figures 2017  
[17] 38. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, [www.gesetze-im-internet.de/bimsgch\\_38\\_2017/BjNR389200017.html](http://www.gesetze-im-internet.de/bimsgch_38_2017/BjNR389200017.html) (abgerufen am 05.07.2019)  
[18] Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen, [www.gesetze-im-internet.de/biokraft-nach](http://www.gesetze-im-internet.de/biokraft-nach) (abgerufen am 05.07.2019)



**Nelli Elizarov, Dr.**  
Referentin für Forschung und Statistik  
Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V., Berlin  
[elizarov@bdbbe.de](mailto:elizarov@bdbbe.de)



**Stefan Walter**  
Geschäftsführer, Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V., Berlin  
[walter@bdbbe.de](mailto:walter@bdbbe.de)