

Bioenergie in Deutschland – Historie, Stand und Perspektiven

Michael Nelles

Beitrag im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen
Physikalischen Gesellschaft am 13. März 2018 in Rostock

Geschichte:

- Gründung der ältesten Universität in Nord-Europa im Jahr **1419**

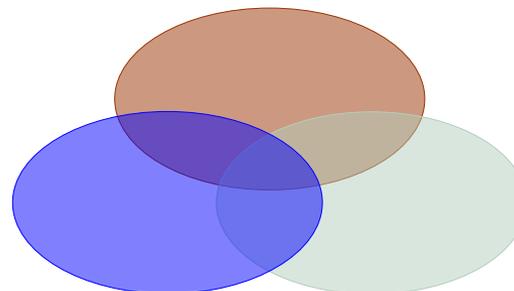
Universität Rostock 2017:

- 9 Fakultäten mit ca. 14.000 Studierenden und > 300 Professoren und ca. 3.000 Mitarbeitenden
- Rund 1.200 ausländische Studierende aus mehr als 60 Ländern
- Budget: 150 Mio. €/a und rund 50 Mio. € Drittmittel
- Umweltingenieurwesen und -wissenschaften ist einer der Schwerpunkte in Lehr und Forschung, insb. in der **Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät**

Arbeitsschwerpunkte der Professur Abfall- und Stoffstromwirtschaft:

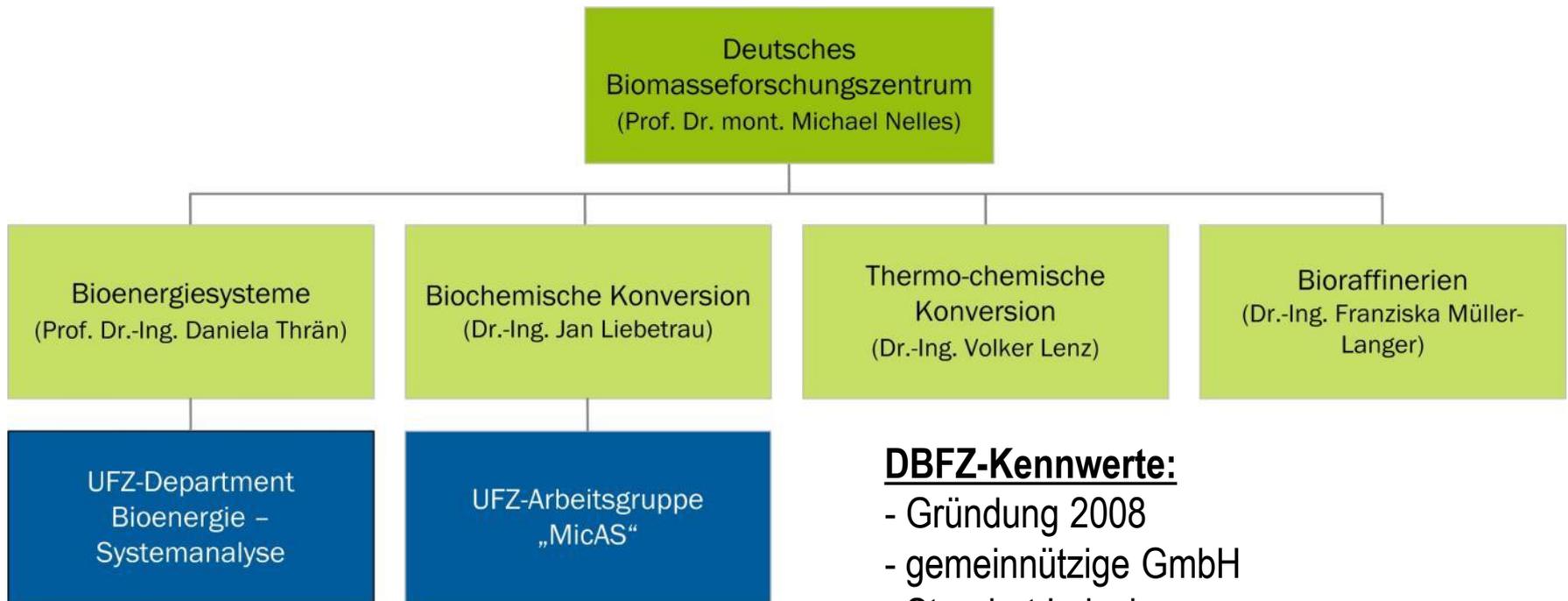
Abfallwirtschaft und Abfalltechnik

Internationale Umweltschutz
Projekte



Bioenergie

Bundesforschungsinstitut für die energetische und integrierte stoffliche Verwertung von Biomasse in Deutschland



DBFZ-Kennwerte:

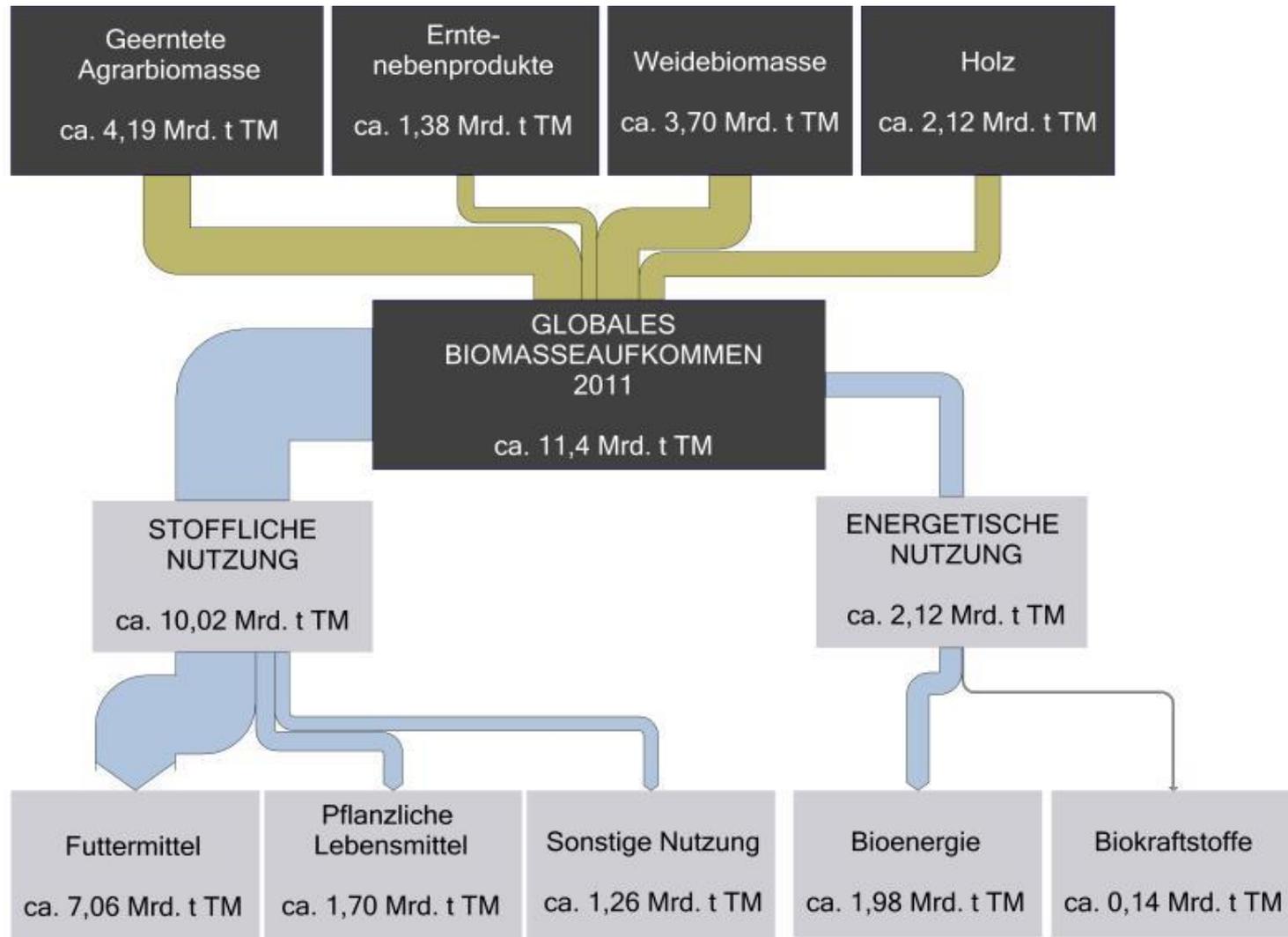
- Gründung 2008
- gemeinnützige GmbH
- Standort Leipzig
- ca. 14 Mio. € Umsatz pro Jahr
- rund 200 Mitarbeiter
- aktuelle Investitionen ca. 60 Mio. €

UFZ = Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

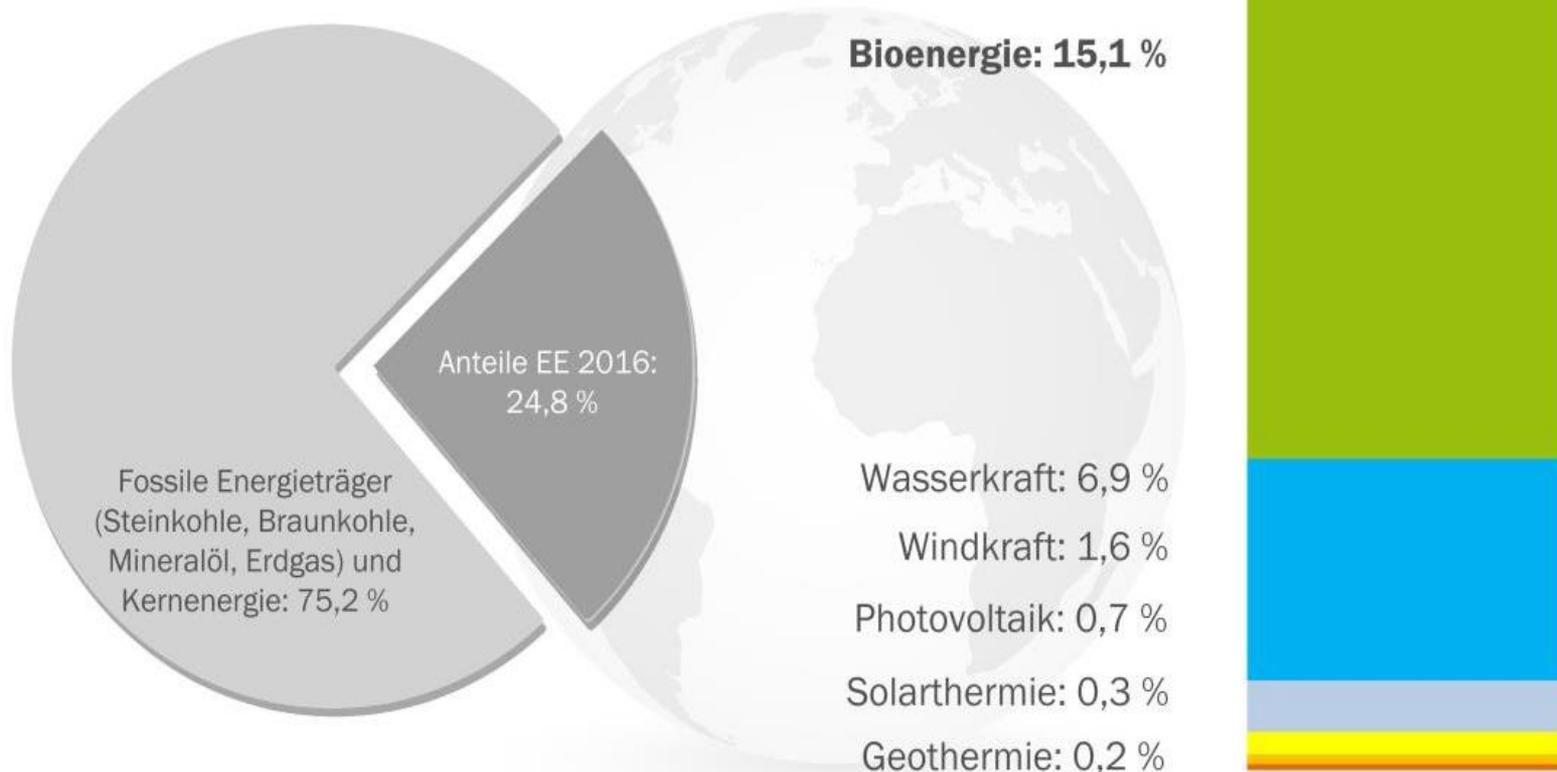
Inhalt

1. Biomassenutzung international
2. Energieverbrauch & Erneuerbare Energien in Deutschland
3. Biomassepotenziale für die energetischen Verwertung in Deutschland
4. Zukunft der energetischen Biomassenutzung – Smart Bioenergy
5. Zusammenfassung und Ausblick

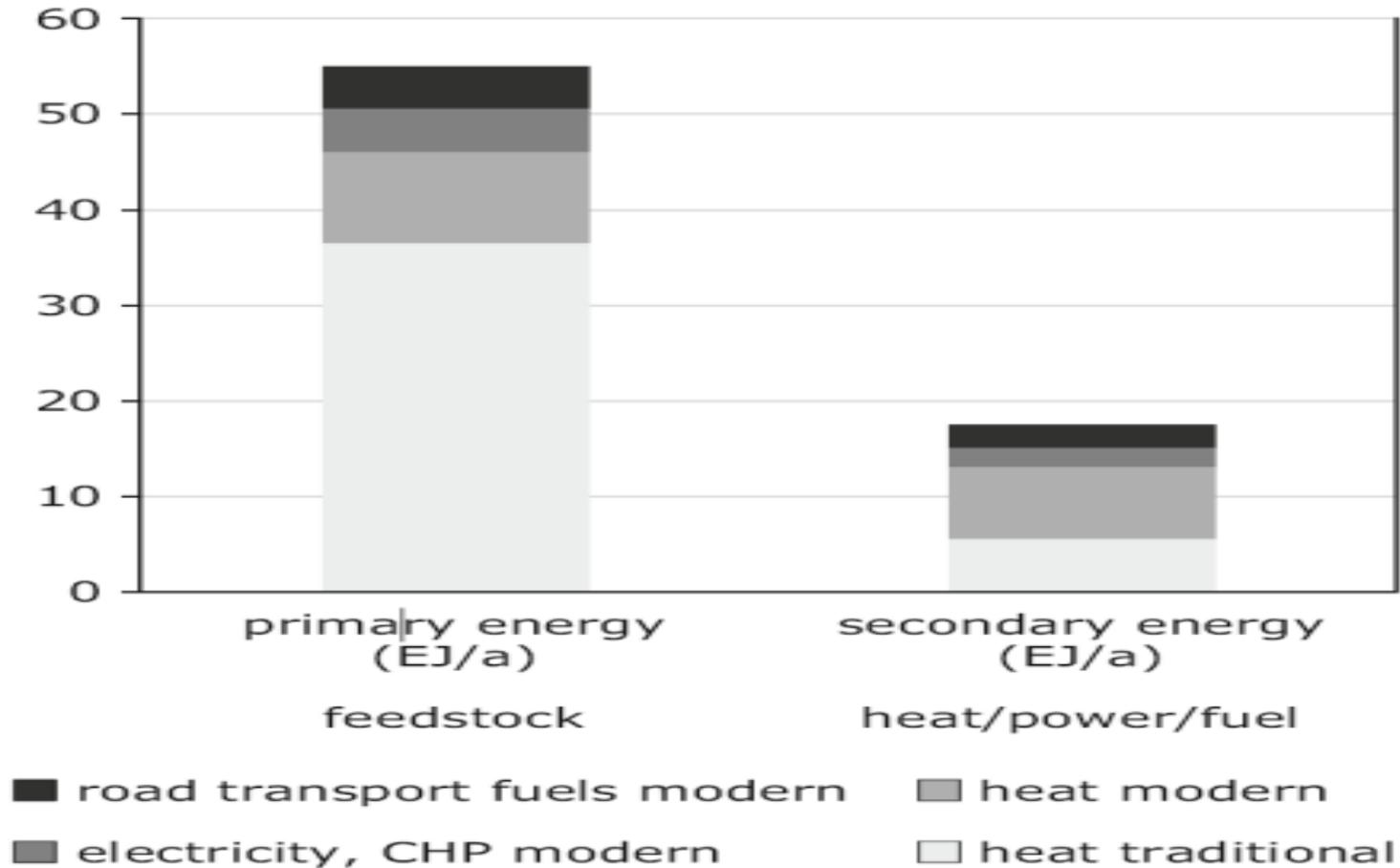
Globales Biomasseaufkommen und Nutzung



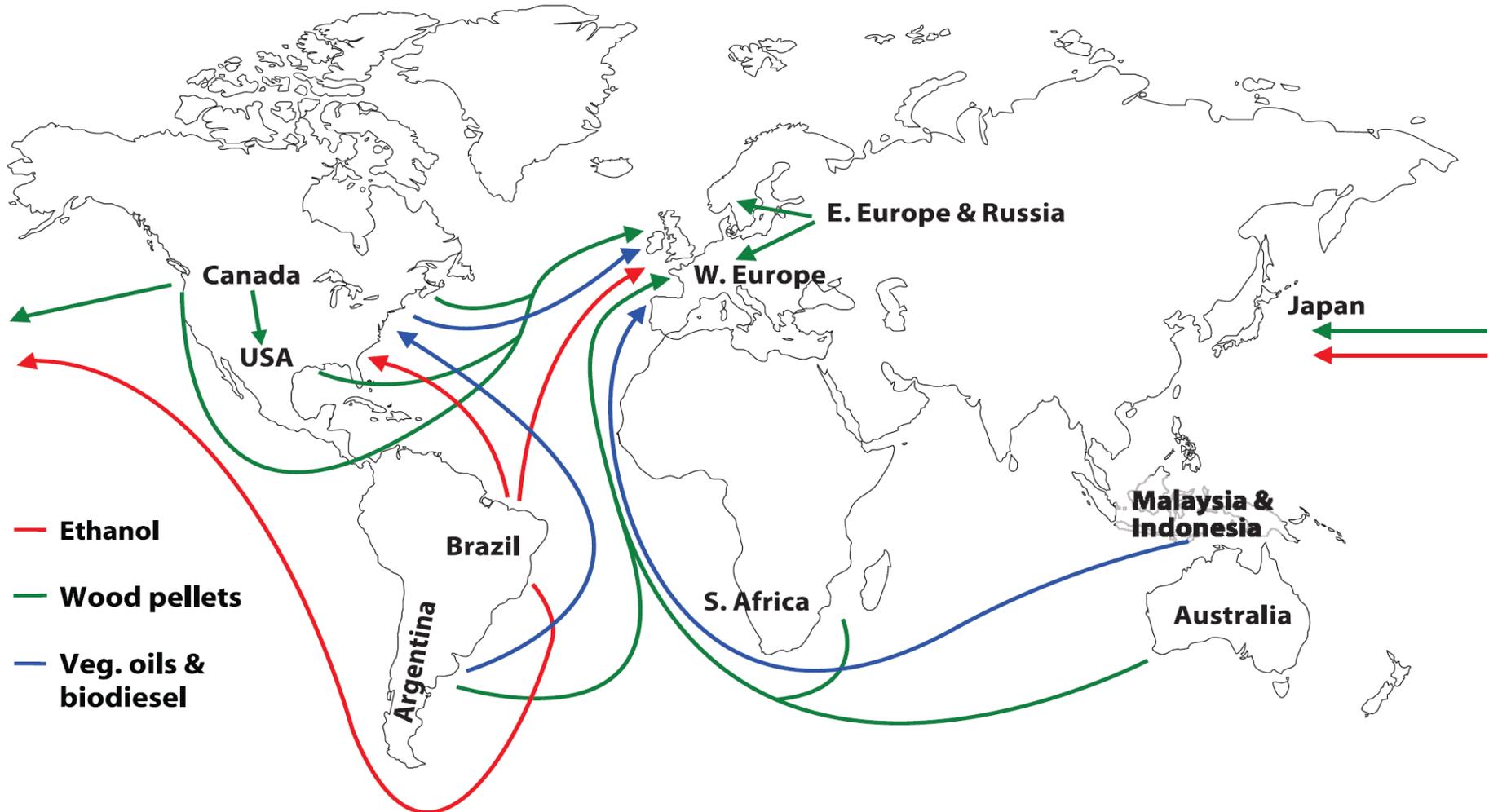
Beitrag erneuerbarer Energien zum Primärenergieverbrauch (556 EJ) im Jahr 2016



Bioenergy in 2012



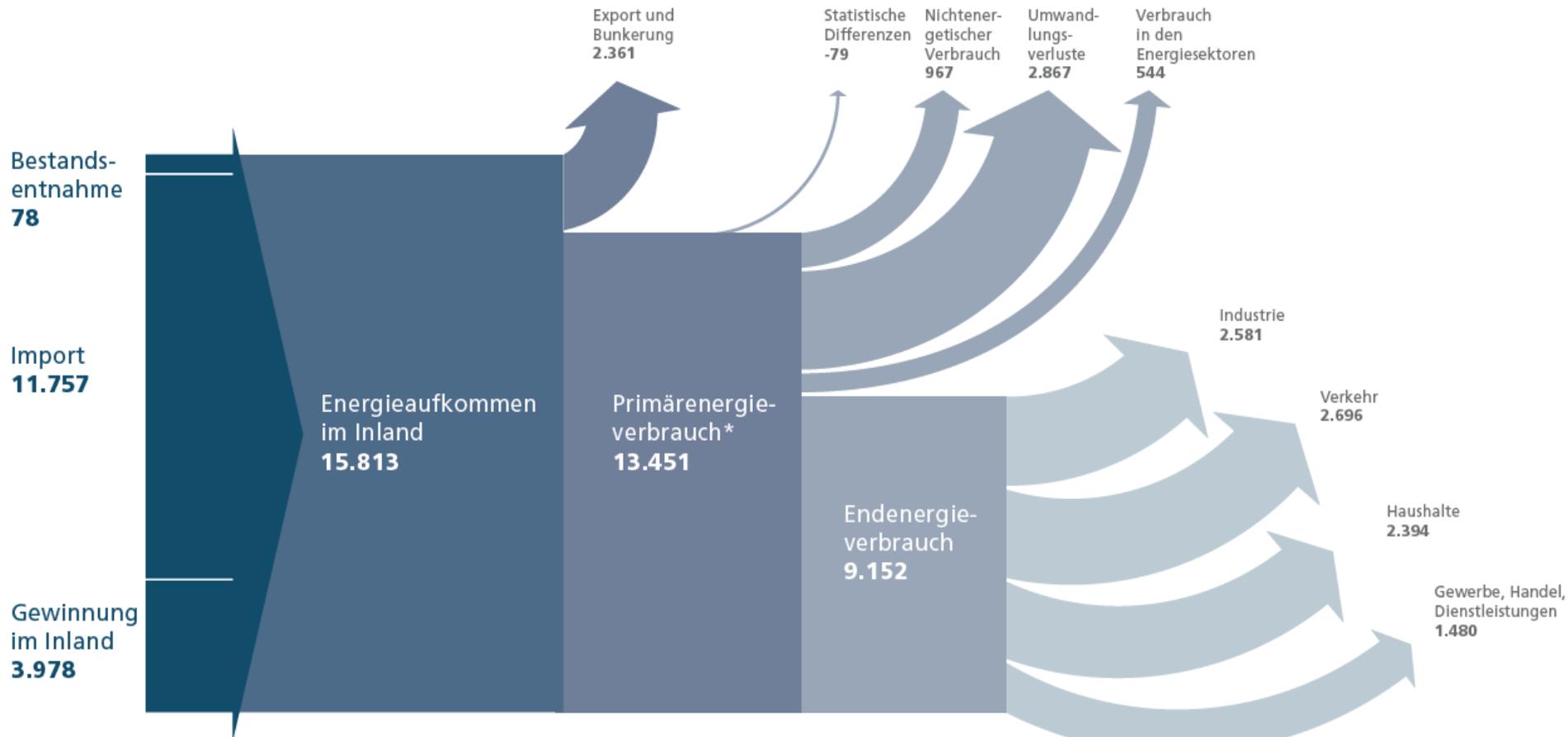
Source: Thrän, Smart Bioenergy, 2015



Quelle: IEA Bioenergy 2010



Energieverbrauch & Erneuerbare Energien in Deutschland



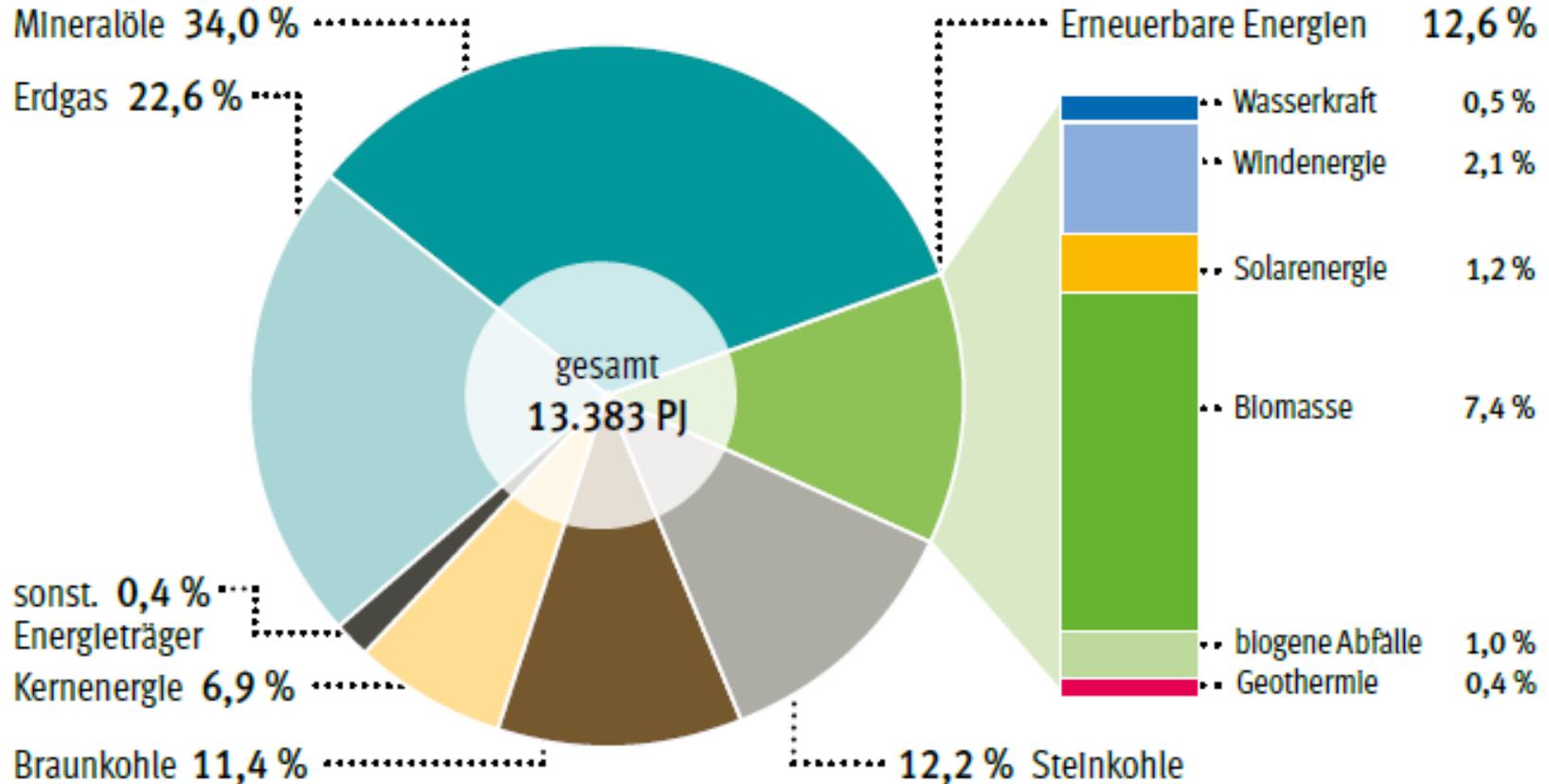
Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 12,6 %.

Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.

29,3 Petajoule (PJ) $\hat{=}$ 1 Mio. t SKE

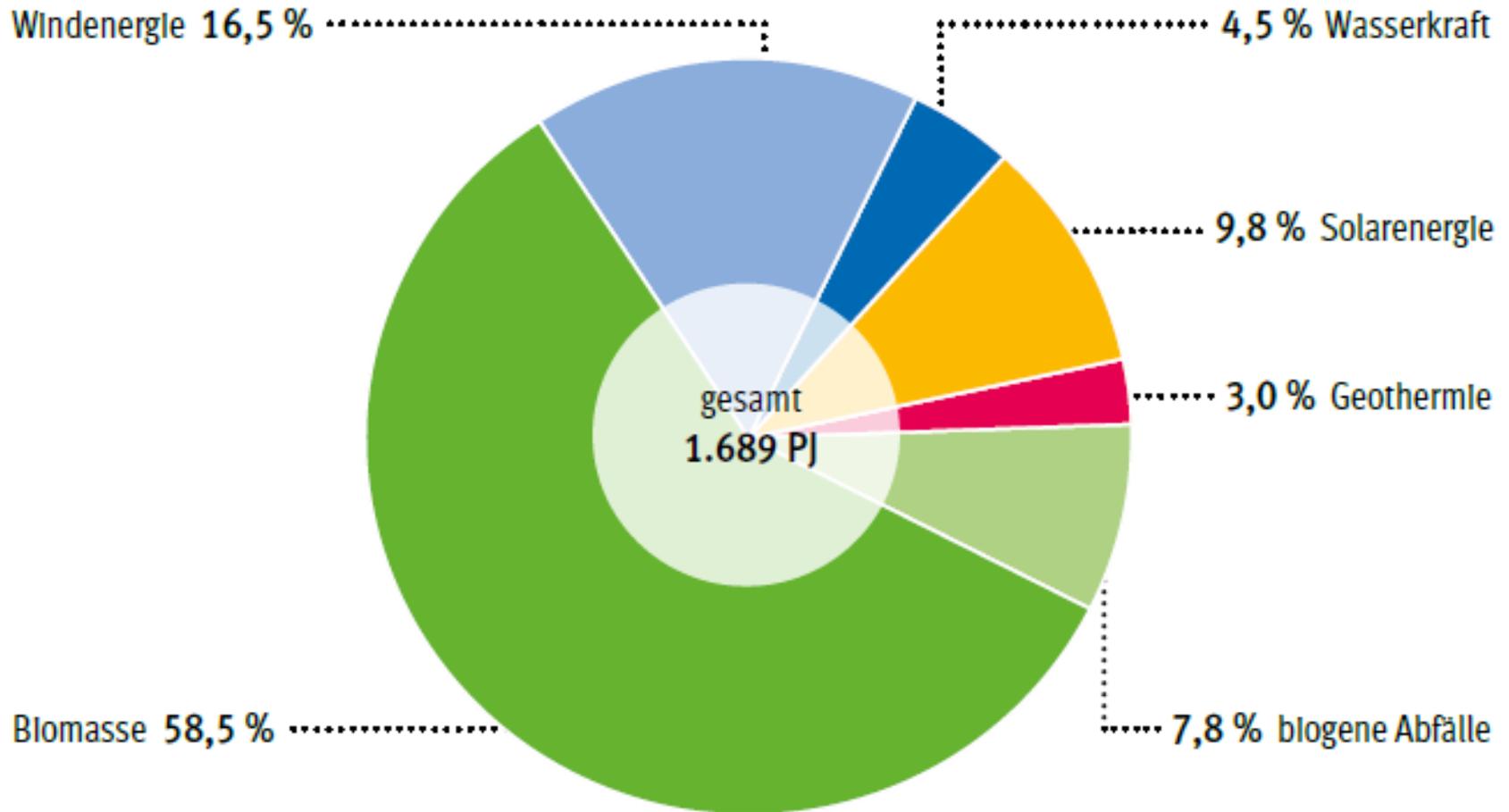
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 07/2017



Quelle: FNR nach ZSW/AGEB (Januar 2017)

© FNR 2017

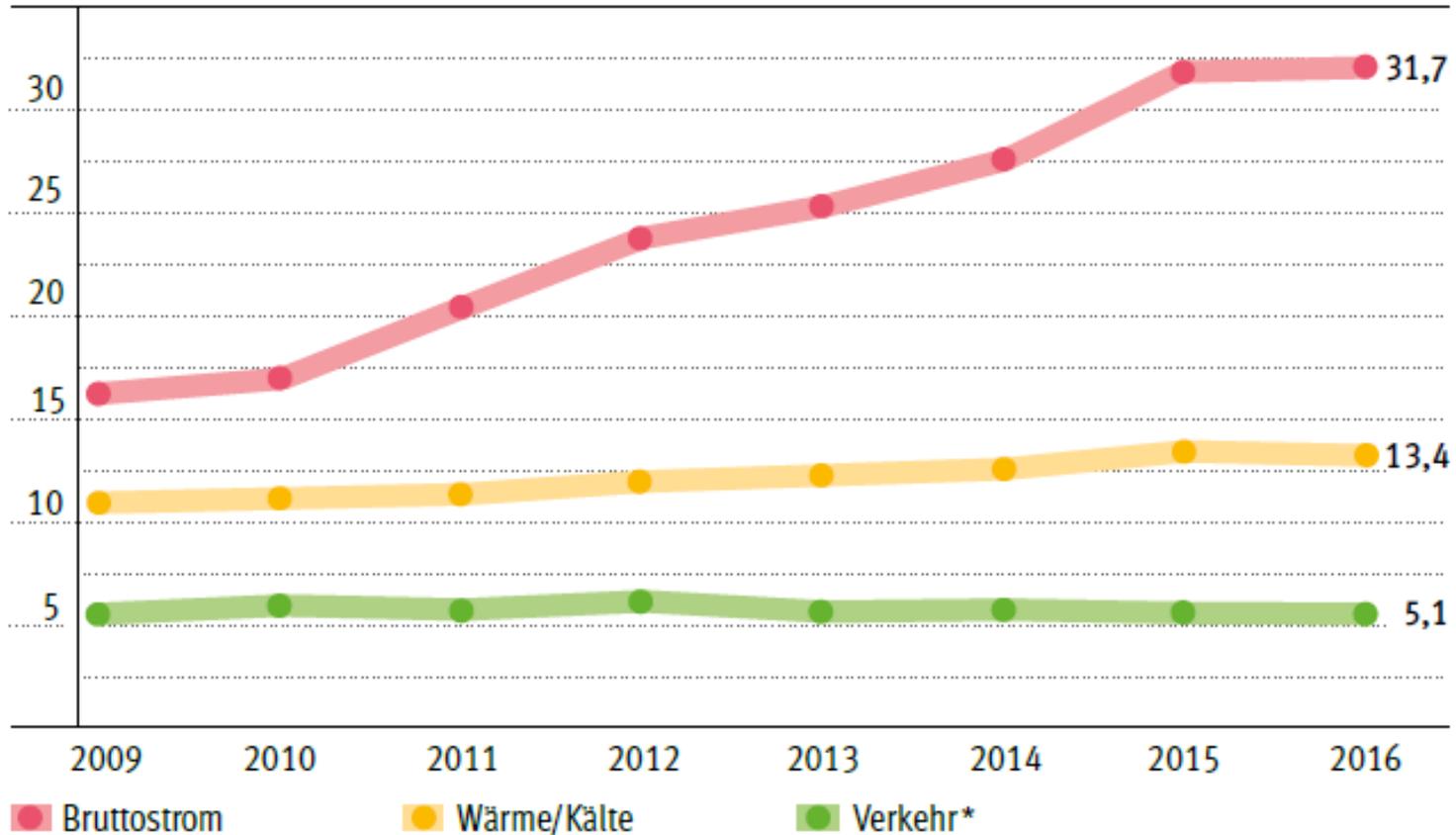
Anteile der Erneuerbaren Energien am PEV in Deutschland 2016



Quelle: FNR nach ZSW/AGEB (Januar 2017)

© FNR 2017

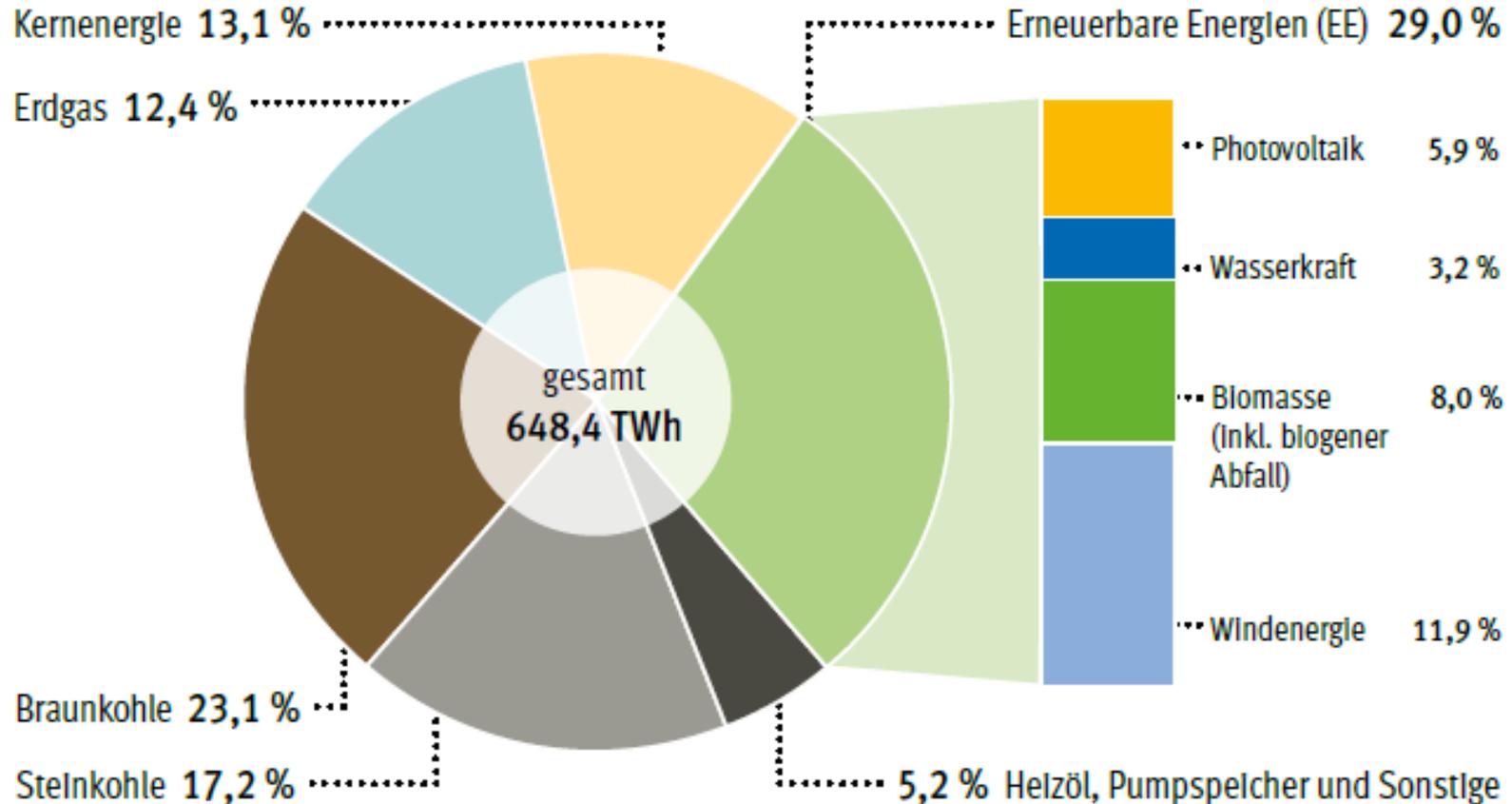
Anteil In %



*ohne die Bereiche Landwirtschaft, Bau, Militär, inkl. Bahn

Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

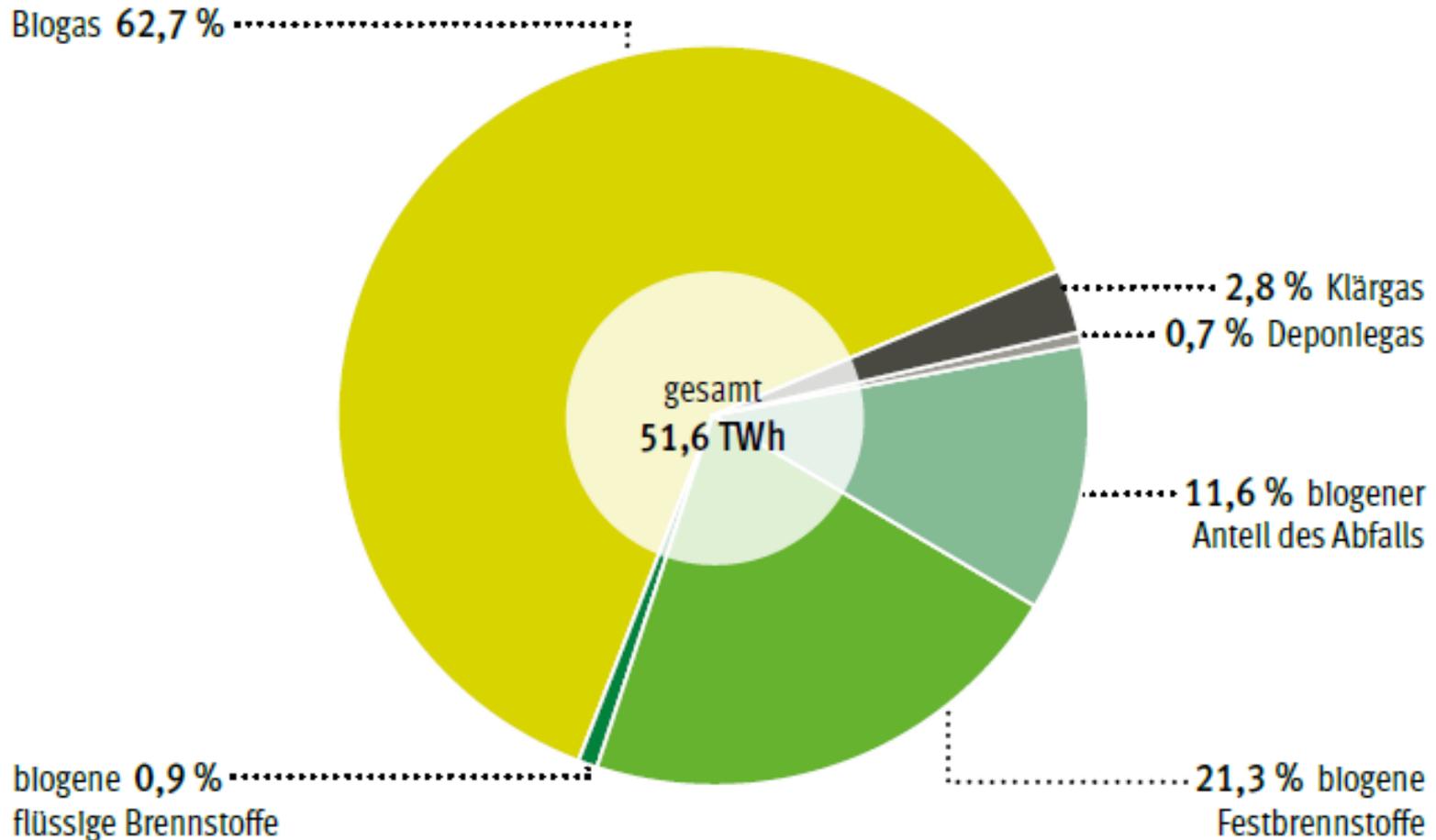
© FNR 2017



Quelle: FNR nach AGEB (Februar 2017)

© FNR 2017

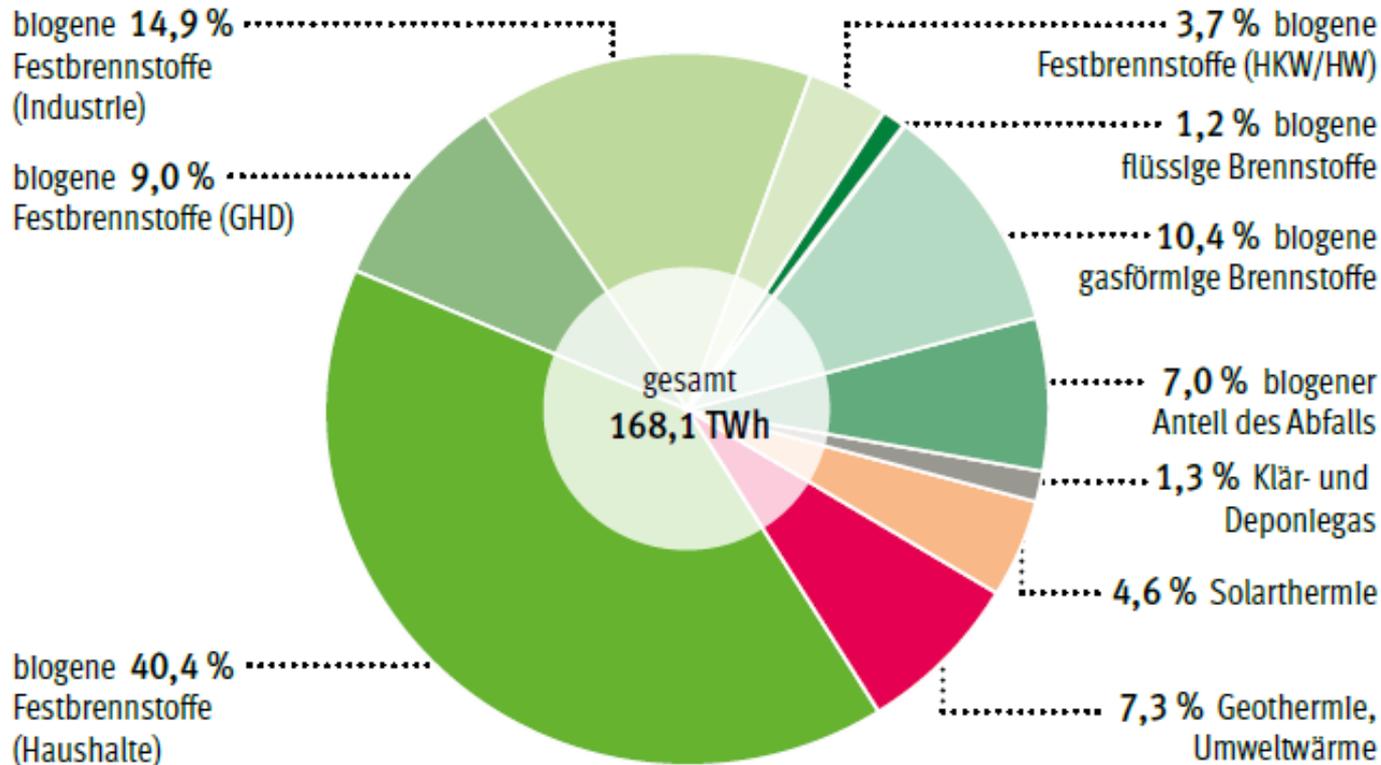
Stromerzeugung aus Biomasse in Deutschland 2016



Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

Anteil Bioenergie 88,1 % – entspricht ca. 13,4 % an der
gesamten Wärmebereitstellung



HKW/HW = Heizkraftwerke/Heizwerke, GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

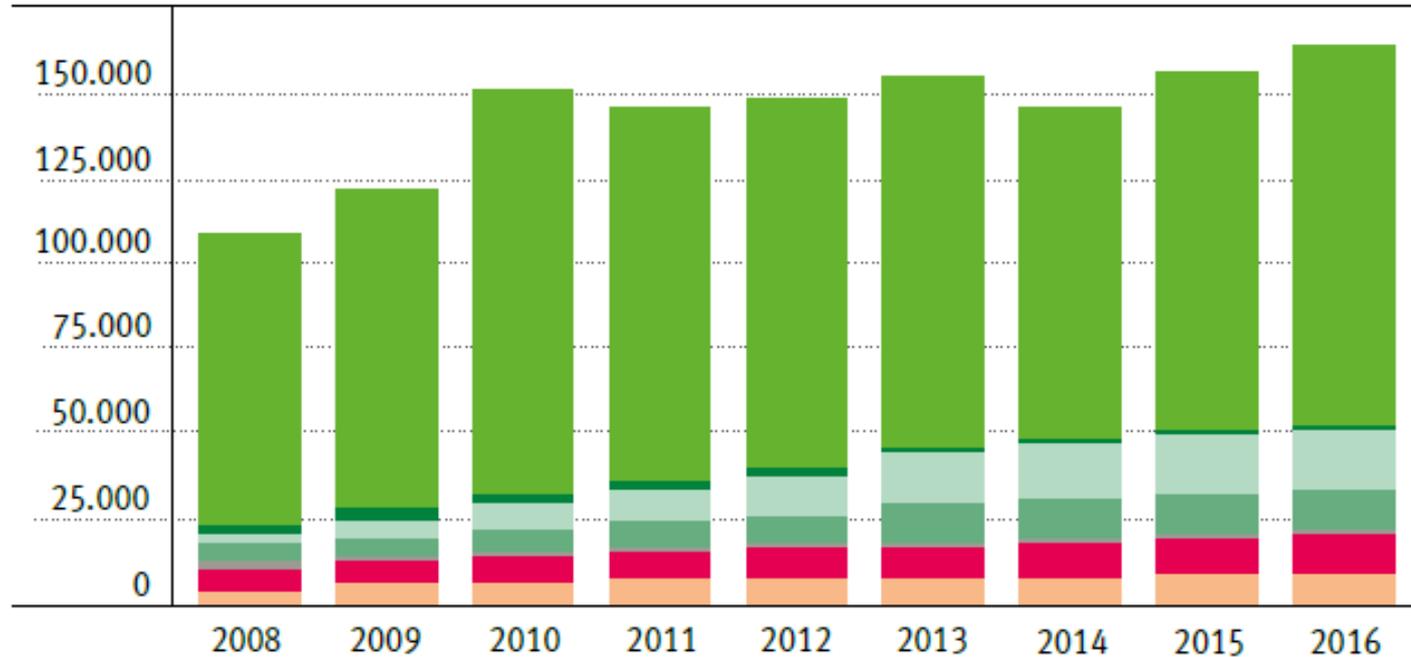
Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

168 TWh in 2016 – davon 88,1 % bzw. 148 TWh aus Biomasse

In GWh

Biomasseanteil 88,1 % in 2016



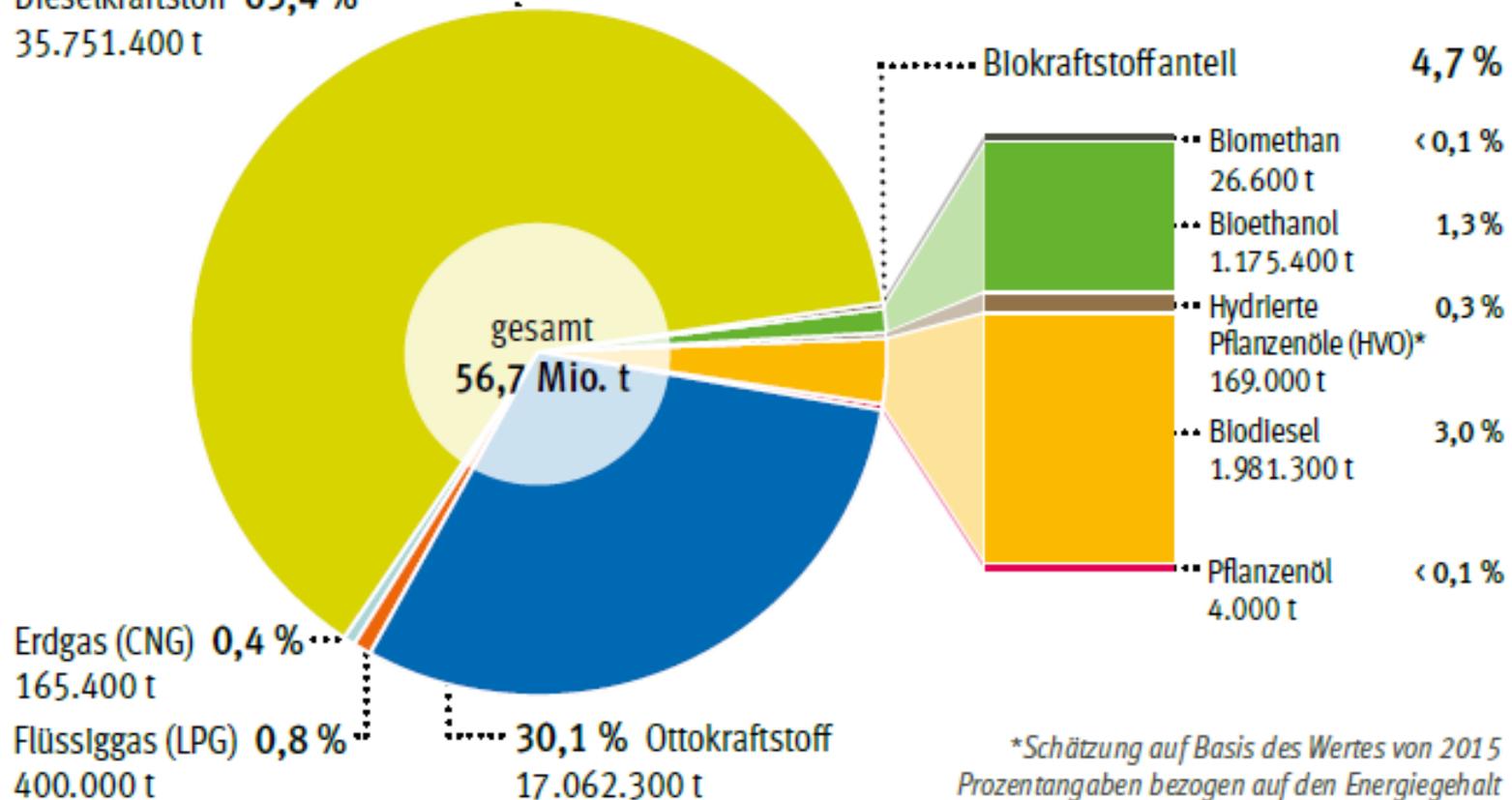
- blogene Festbrennstoffe
- blogene flüssige Brennstoffe
- blogene gasförmige Brennstoffe
- blogener Anteil des Abfalls
- Klär- und Deponiegas
- Geothermie
- Solarthermie

Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

Biokraftstoffanteil: 4,7 % (energetisch)

Dieselmotorkraftstoff **63,4 %**
35.751.400 t

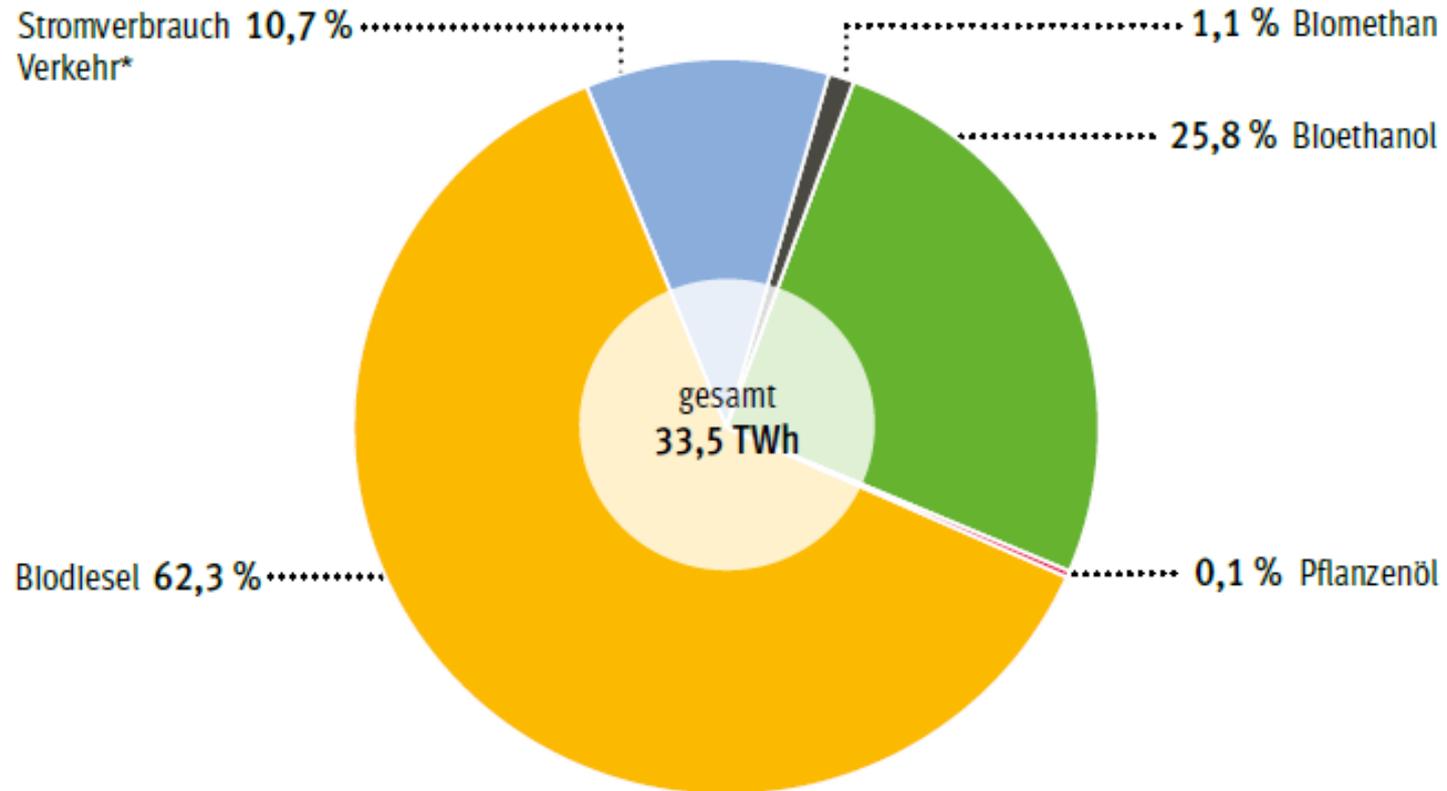


**Schätzung auf Basis des Wertes von 2015
Prozentangaben bezogen auf den Energiegehalt*

Quelle: FNR nach BAFA, Destatis, DVFG, BDEW, BLE (Juli 2017)

© FNR 2017

Anteil erneuerbarer Energien 5,1 % (energetisch)

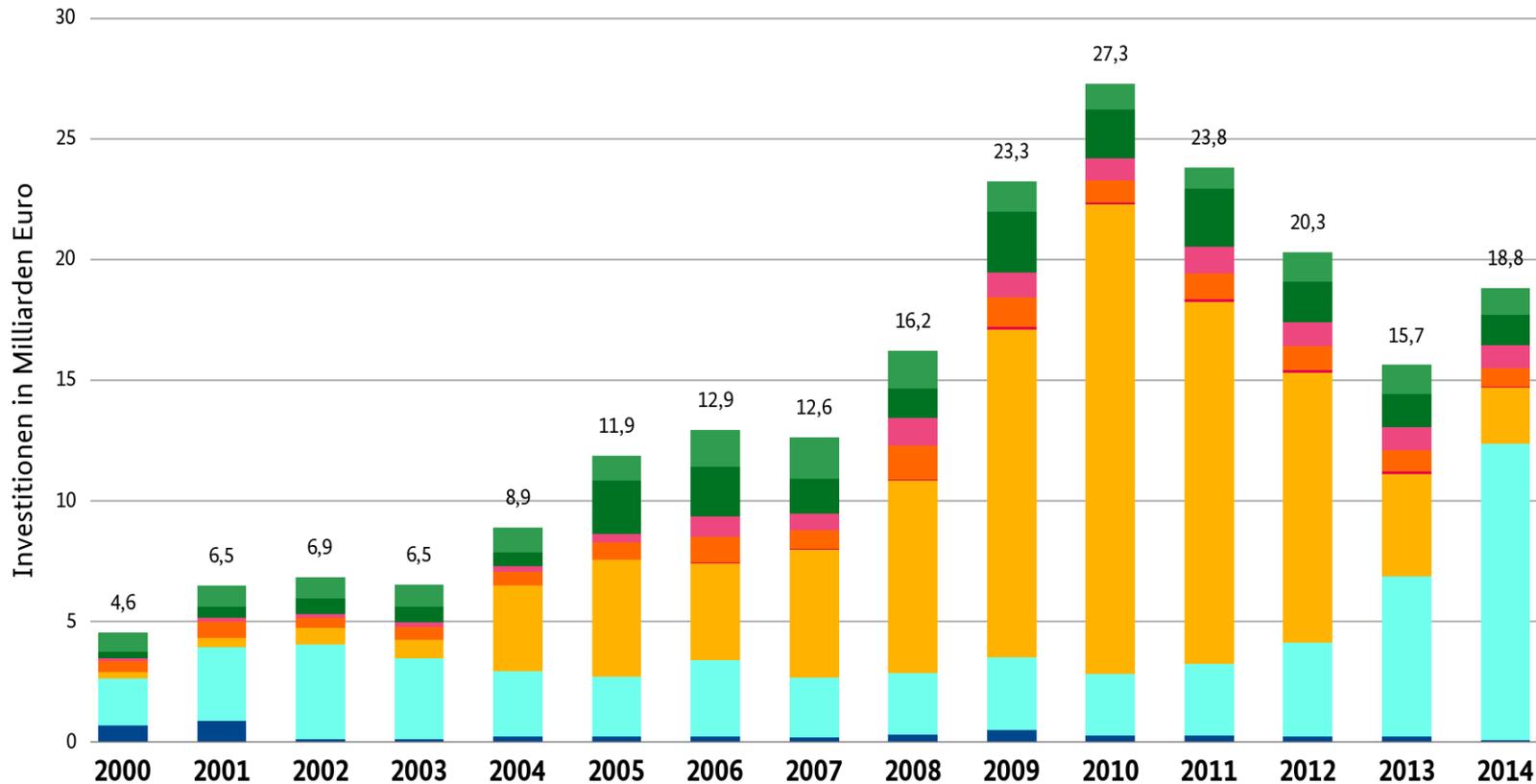


* überwiegend EE-Anteil Bahn

Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

Entwicklung der Investitionen in die Anlagenerrichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland

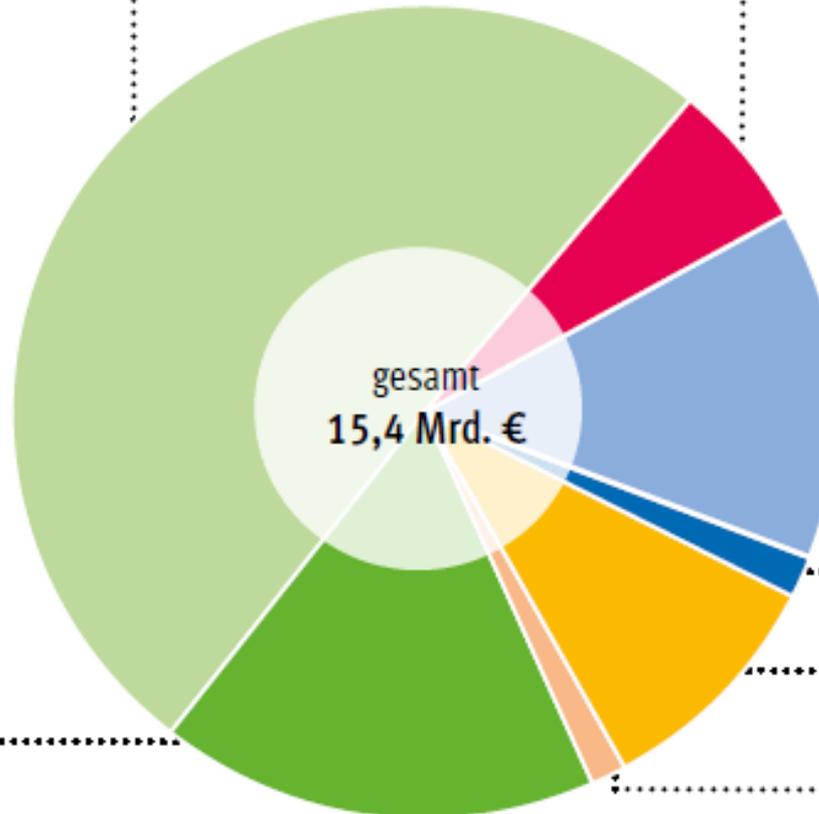


- Wasserkraft
- Windenergie
- Photovoltaik
- Solarthermie
- tiefe Geothermie
- oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme
- Biomasse (Strom) *
- Biomasse (Wärme) *

* Feste, flüssige und gasförmige biogene Brennstoffe; BMWi auf Basis Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); Stand: Februar 2015; Angaben vorläufig

Blomasse 50,5 %
(Strom & Wärme)
7,8 Mrd. €

5,9 % Geothermie,
Umweltwärme
0,9 Mrd. €



Blomasse 17,1 %
(Kraftstoffe)
2,6 Mrd. €

14,0 % Windenergie
2,2 Mrd. €

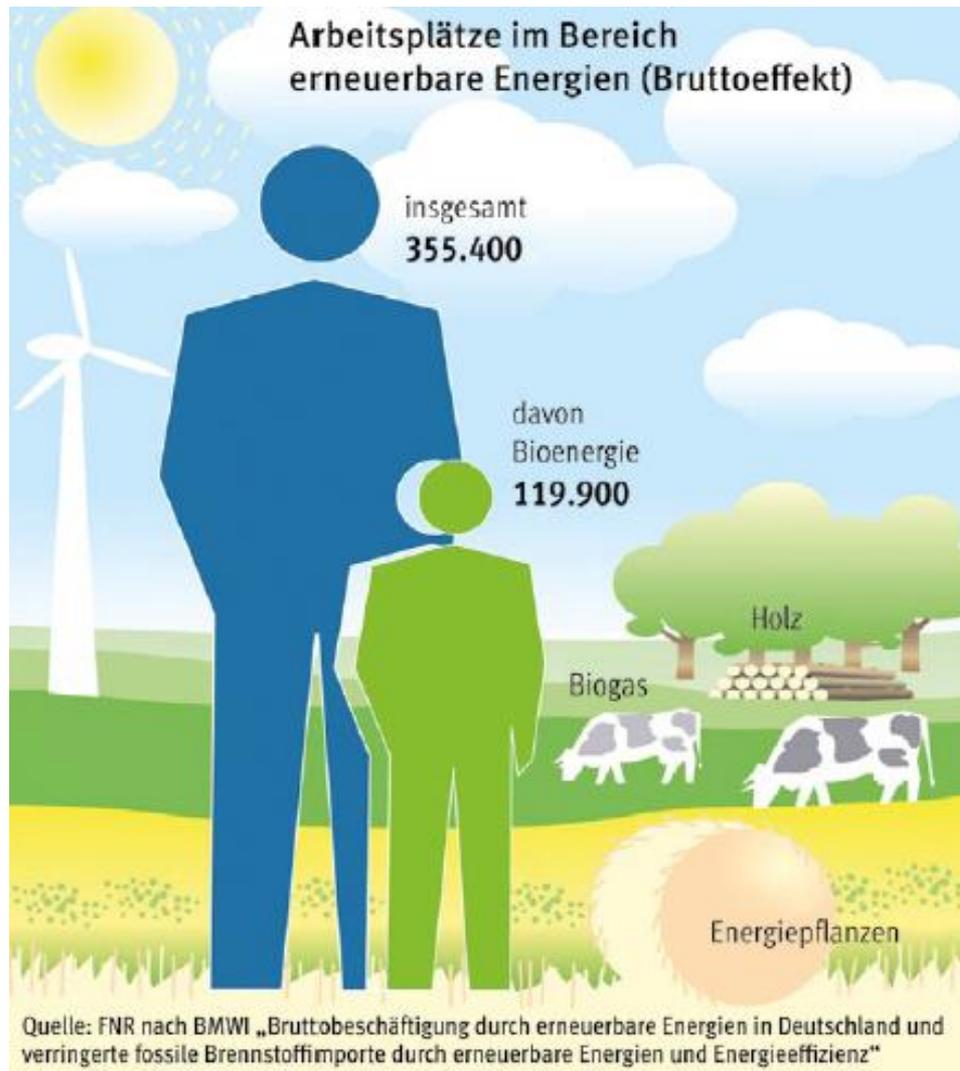
1,7 % Wasserkraft
0,3 Mrd. €

9,4 % Photovoltaik
1,4 Mrd. €

1,4 % Solarthermie
0,2 Mrd. €

Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

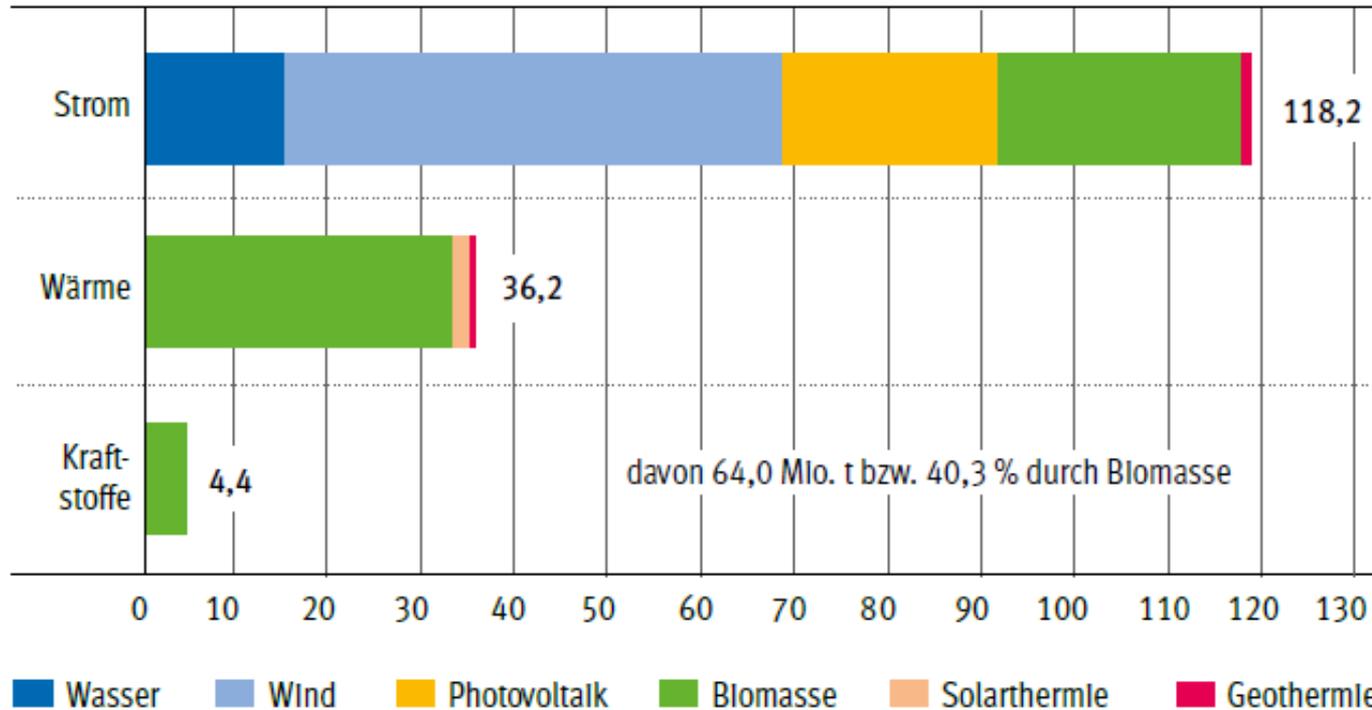
© FNR 2017



THG-Vermeidung gesamt: 158,8 Mio. t – durch Biomasse 64,0 Mio. t bzw. ca. 40,3 %

THG-Minderung (In Mio. t CO₂-Äq)

gesamt: 158,8 Mio. t



THG: Treibhausgas

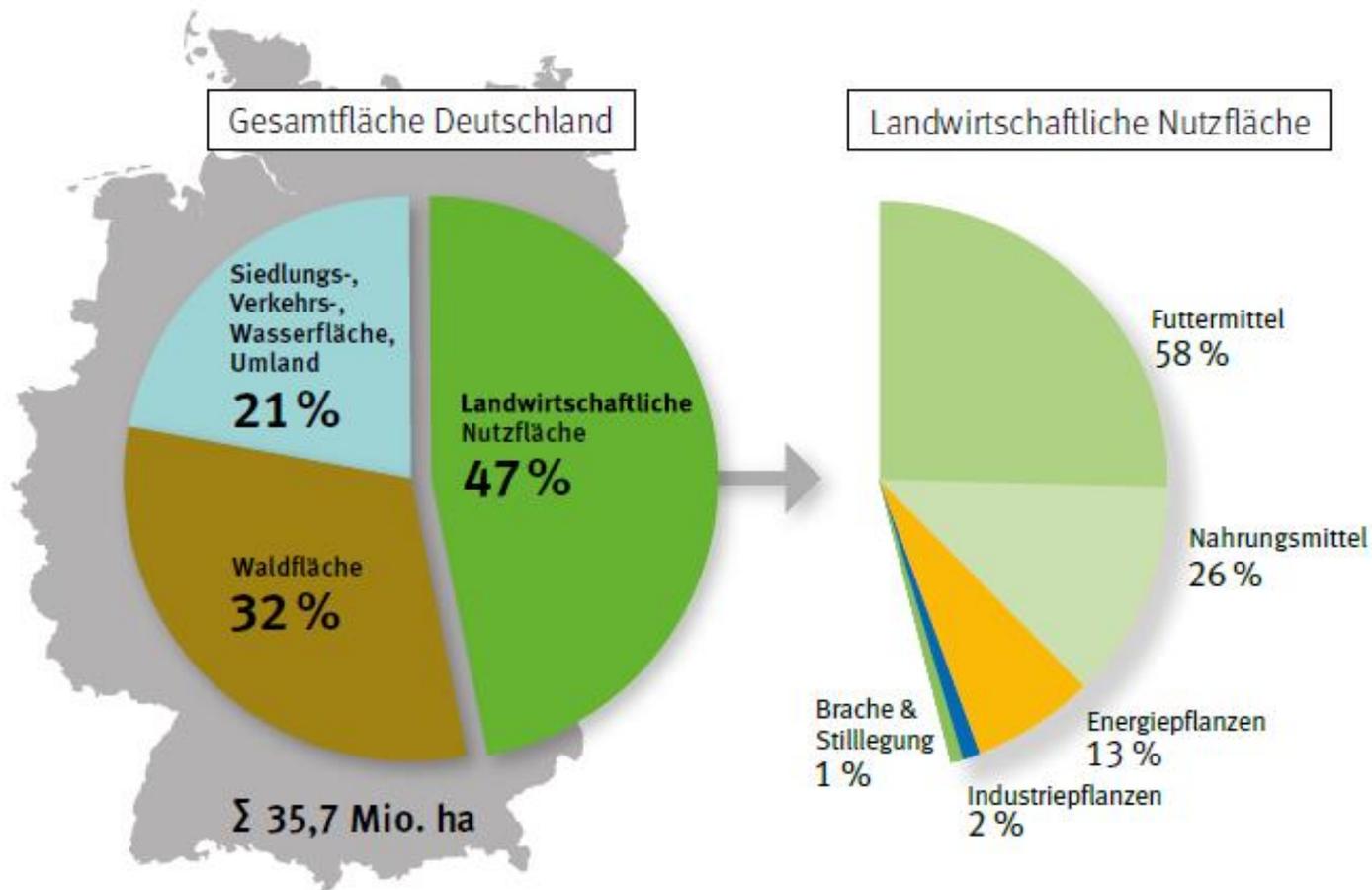
Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

	THG Vermeidung in 1.000 t CO ₂ -Äq			
	Strom	Wärme	Kraftstoffe	gesamt
feste Bioenergieträger	12.036	28.796	k. A.	40.832
flüssige Bioenergieträger	246	359	4.277	4.882
Biogas	14.504	3.674	92	18.270
gesamt	26.786	32.829	4.369	63.984

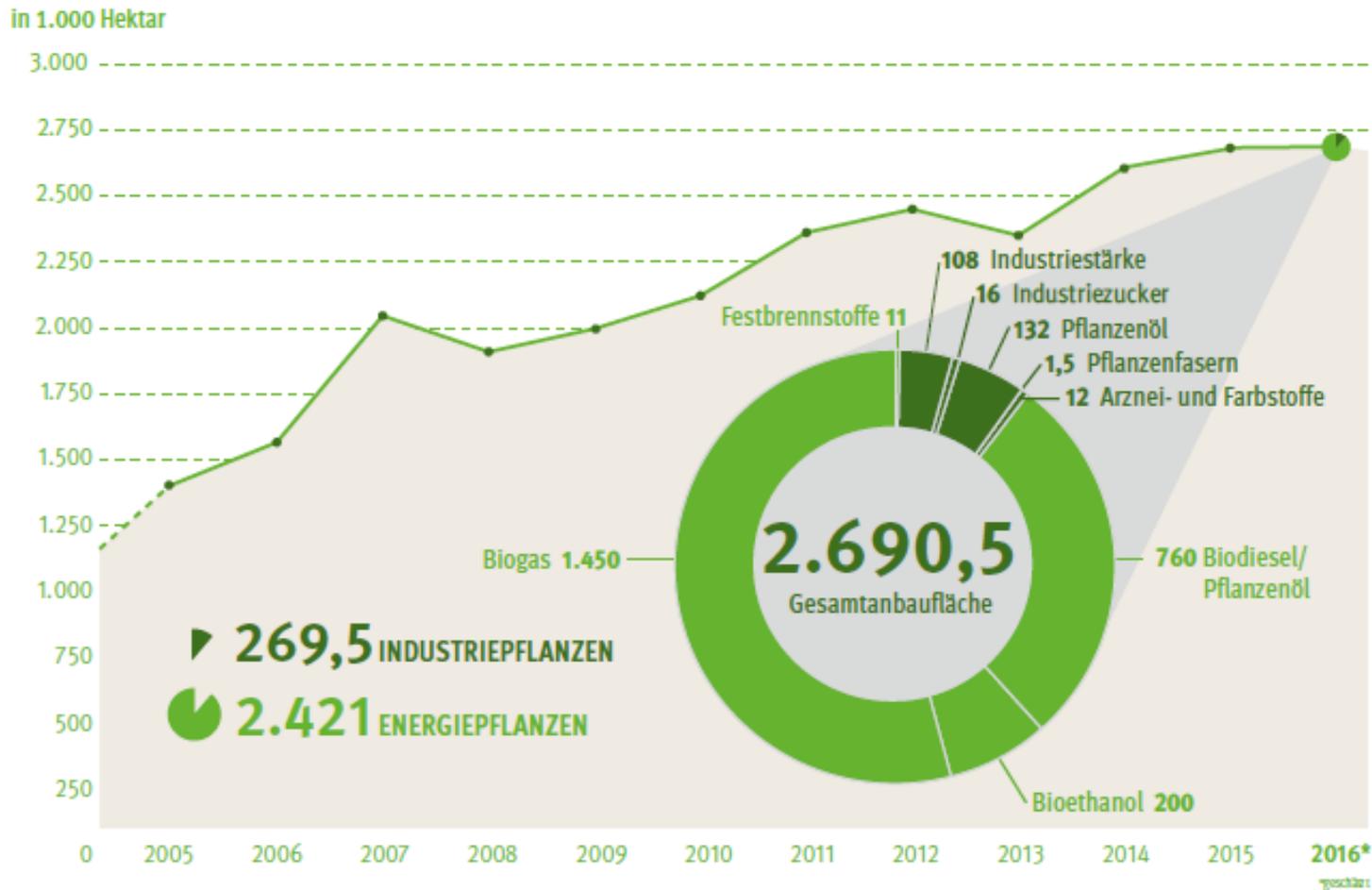
Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2017)

Biomassepotenziale für die energetische Verwertung in Deutschland



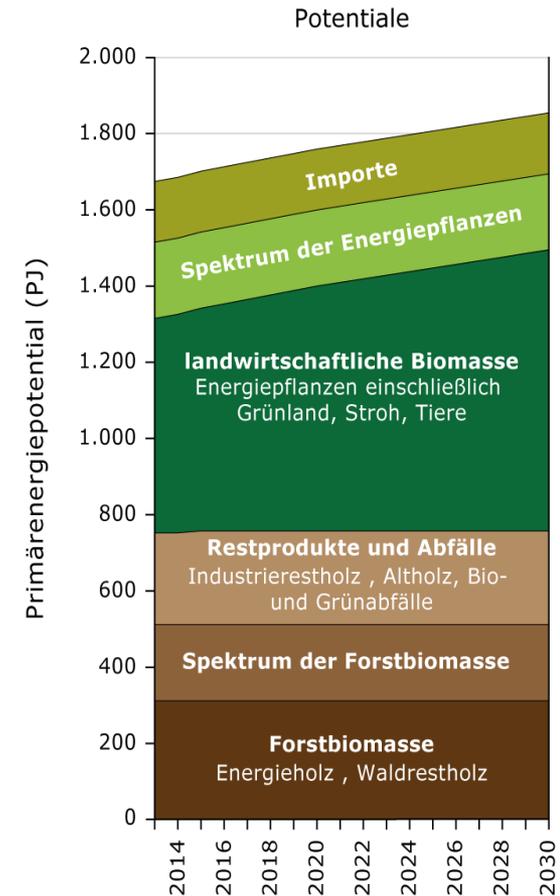
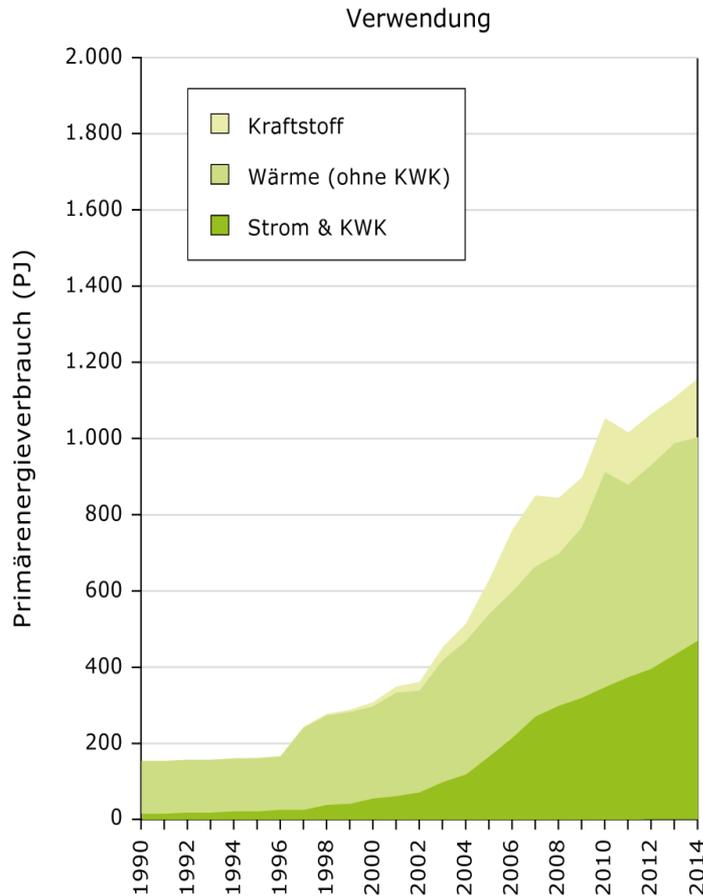
Quelle: FNR nach Statistischem Bundesamt, BMEL (2015)

© FNR 2016



Quelle: FNR (2017)

© FNR 2017



Quelle:

Begriffe: Nach AGEE-Stat 2015 (PEC durch Effizienz-Methode berechnet) Potenziale: BMVBS 2010 (Energiepflanzen, Exkremente), Zeller et al. 2011 (Stroh), Destatis (Außenhandelsstatistik 2011), DBFZ 2013 (Bioabfall und Grünabfälle, Industrieabfälle, nicht veröffentlicht) (Anmerkung: Fehlende Jahre wurden durch Extrapolation der Einzelergebnisse ermittelt)

Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen und deren aktuelle Nutzung - Status quo in Deutschland

77 Einzelbiomassen wurden berücksichtigt

Zeitbezüge nicht einheitlich

151,1 Mio. t TS Theoretisches Potenzial

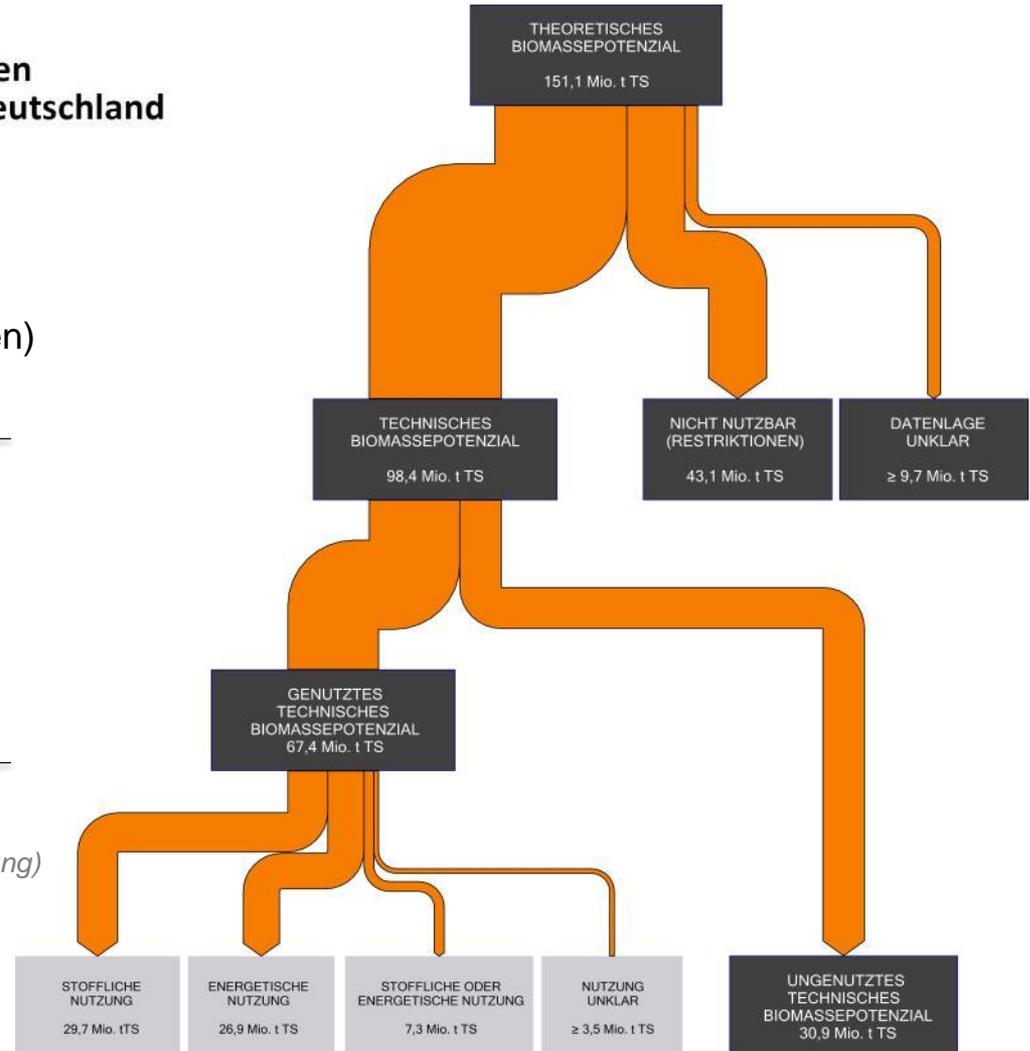
- 43,1 Mio. t TS nicht nutzbar (Restriktionen)
- 9,7 Mio. t TS unklare Datenlage

= 98,4 Mio. t TS Technisches Potenzial

- 29,7 Mio. t TS Stoffliche Nutzung
- 26,9 Mio. t TS Energetische Nutzung
- 7,3 Mio. t TS Stoffl. oder energ. N.
- 3,5 Mio. t TS Nutzung unklar

= 30,9 Mio. t TS Ungenutztes Potenzial

(Abweichungen durch Rundung)



Quelle: Brosowski et al. 2015

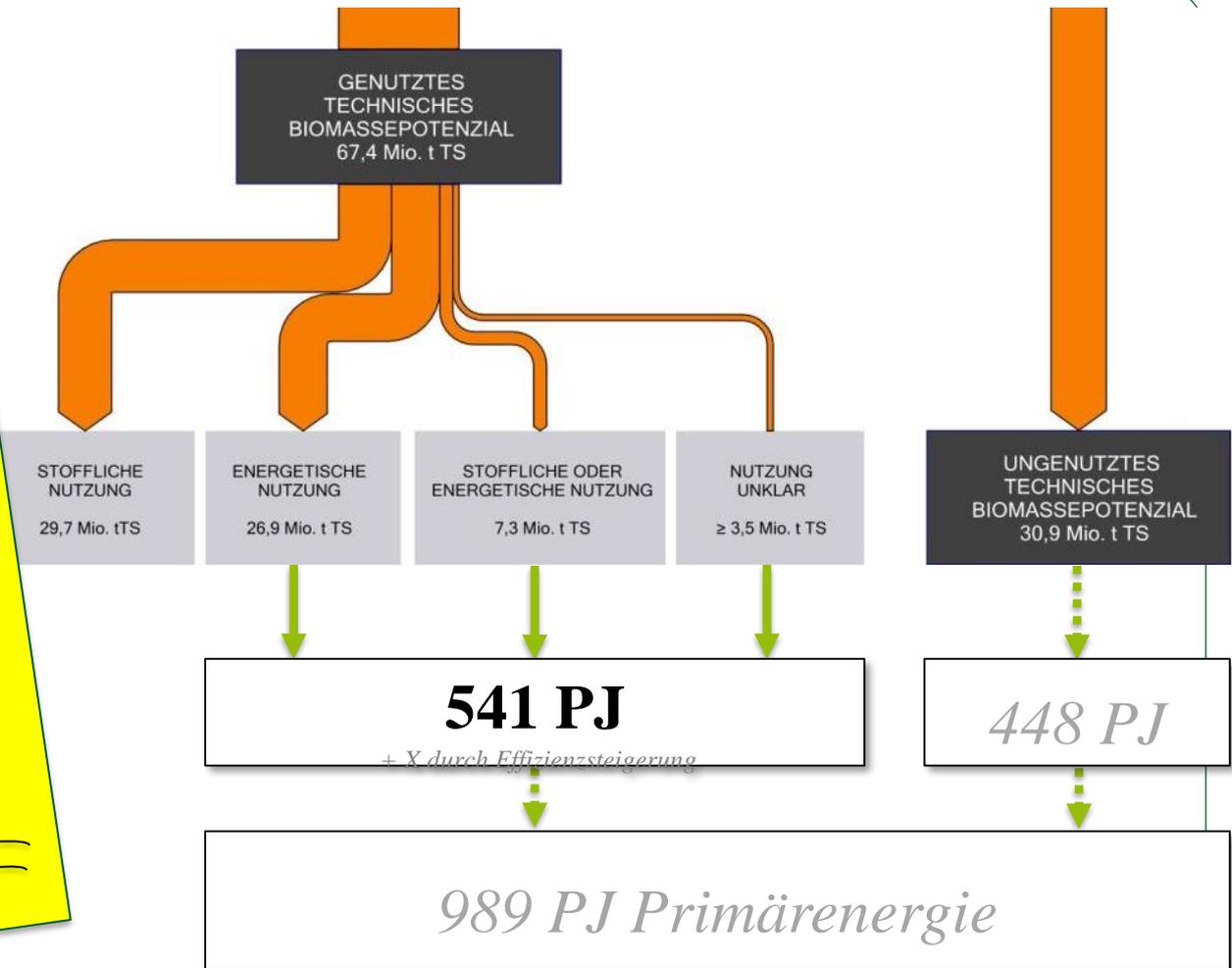
Was bedeuten diese Ergebnisse?



Rechnung Primärenergieverbrauch

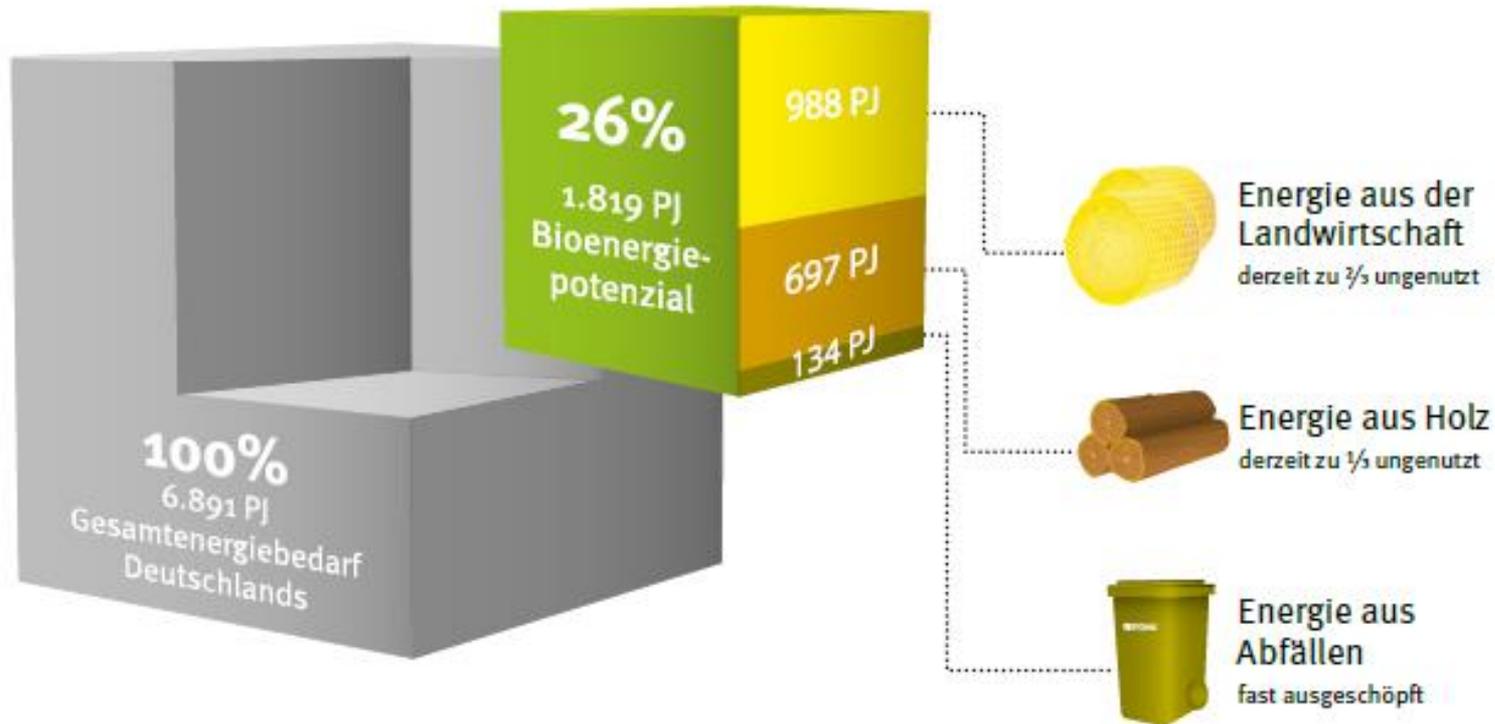
13.566 PJ Bedarf 2014
989 PJ aus Reststoffen

= 7,3 %



Quelle: Brosowski et al. 2015,
Bildnachweis: morchella / Fotolia.com

Einheimische Bioenergie: Was kann sie 2050 leisten?



Zahlen gerundet

Quelle: FNR

© FNR 2016

Bioenergienutzung in der Zukunft:

Smart Bioenergy

Energiepflanzen



Reststoffe aus Land- und Forstwirtschaft



Biogene Abfälle



Ziele

Sektoren

Land-/ Forst-
wirtschaft

Verarbeitende
Industrie

Maschinen-
bau

Energie-
wirtschaft

Abfall-
wirtschaft

Klimaschutz



Versorgungs-
sicherheit



Innovation

Entwicklung
ländl. Räume

Bioökonomie

Artenerhalt



Landnutzung /
Biomasse-
produktion

Ölhaltige
Biomasse
(z.B. Raps, Soja,
Ölpalme, Jatropha)

Zuckerhaltige
Biomasse
(z.B. Rohr, Rübe)

Stärkehaltige
Biomasse
(z.B. Mais, Getreide)

Holzartige
Biomasse
(z.B. Restholz,
Weide, Pappel)

Halmgutartige
Biomasse
(z.B. Miscanthus,
Stroh, Gras)

Reststoffe /
Abfallbiomasse
(z.B. Exkremente,
Bioabfall)

Aquatische
Biomasse
(z.B. Mikroalgen)

Biomasse-
bereitstellung
(Logistik)

Ernte / Verfüg-
barmachung

Aufbereitung

Transport

Umschlag

Lagerung

Biomasse-
konversion

Biochem. Konversion

Alkohol.
Vergärung

Anaerobe
Vergärung

Physikalisch-chem. Konversion

Pressung /
Extraktion

Ver-/
Umesterung

Thermo-chem. Konversion

Vergasung

Hydrothermale
Prozesse

Torrefizierung

Pyrolyse

Fest-
brennstoff
(z.B. Pellets)

Bioethanol

Biogas /
Biomethan

Pflanzen-
öl (VO)

Biodiesel
(FAME)

Hydr.
Pflanzenöl
(HVO/HEFA)

Biomethan
/ Bio-SNG

BTL
(FT, DME,
Methanol)

Wasser-
stoff

Hydroth.
Produkte

torr. /pyrol.
Festbrenn-
stoffe

Distribution

Lagerung

Distribution

Abgabe an
Endnutzer

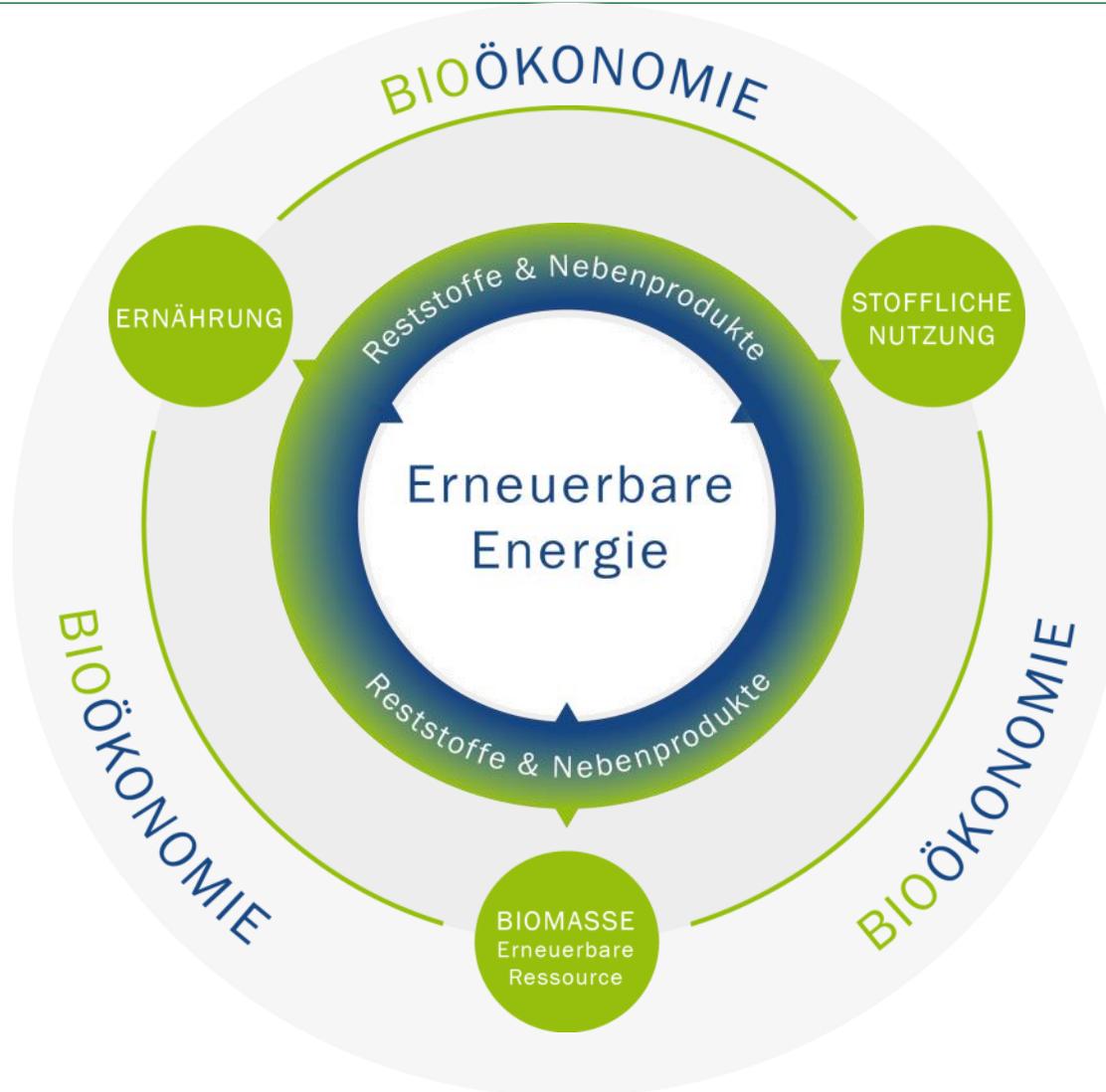
Energie-
wandlung/
Verbrennung

Mobilität
(Kraftstoff)

Elektrischer Strom

Wärme / Kälte

Die Biomasse in der Bioökonomie



Sichere, Saubere, integrierte und intelligente Bioenergie- nutzung für ein nachhaltiges Wirtschaftssystem:

Integrierte, konkurrenzfreie und bedarfsgerechte
Energiebereitstellung

Koppelproduktion bio-basierter Energieträger

Entwicklung hocheffizienter und sauberer Technologien

Vollumfassendes Nachhaltigkeits-Monitoring

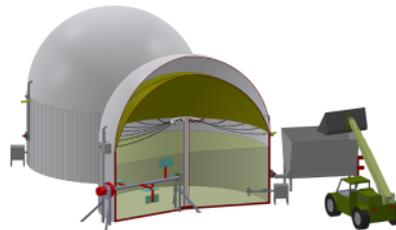
Optimale Wertschöpfungsketten aus Biomasse

**ZIEL: Eine klimaneutrale Bioökonomie auf Basis
erneuerbarer Ressourcen**

Nachhaltige Ressourcenbasis



Traditionelle Bioenergieversorgung

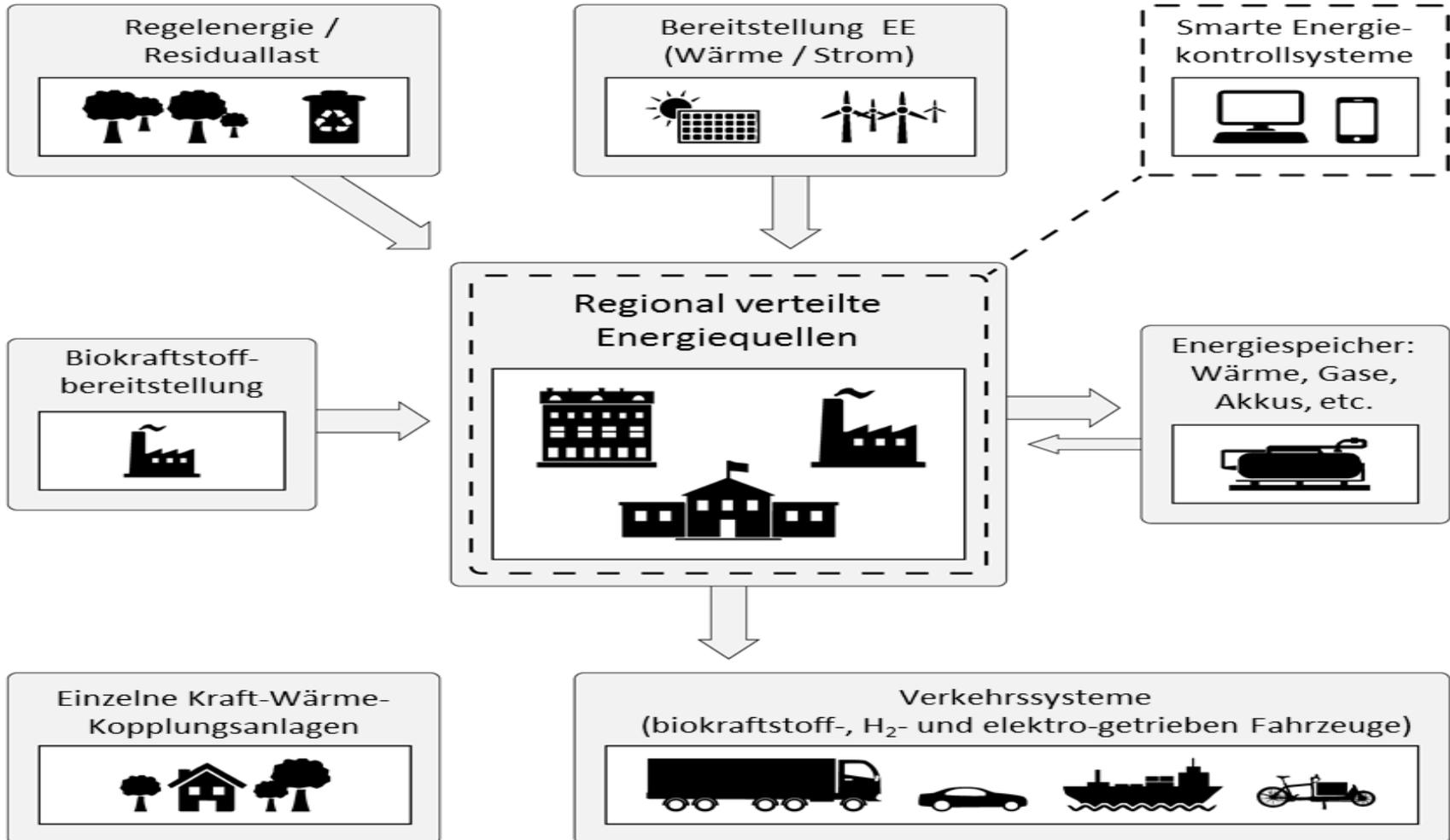


Moderne Bioenergieversorgung



**Integrierte „smarte“
Bioenergieversorgung**

Bioökonomie



Anaerobe Verfahren

Prozessmonitoring,
Simulation,
Flexibilisierung,
Effizienzanalyse,
Emissions-
minderung an
Biogasanlagen

Verfahren für chem. Energie- träger und Kraftstoffe

Chem. Biomasse-
veredelung,
Fraktionierung,
Synthesegas-
technologien,
Gesamtsystem-
bewertung

Intelligente Biomasseheiz- technologien

Innovative
Festbrennstoffe,
Wärme-Kraft-
Kopplung,
technologische
Systemintegration,
Technologie-
transfer

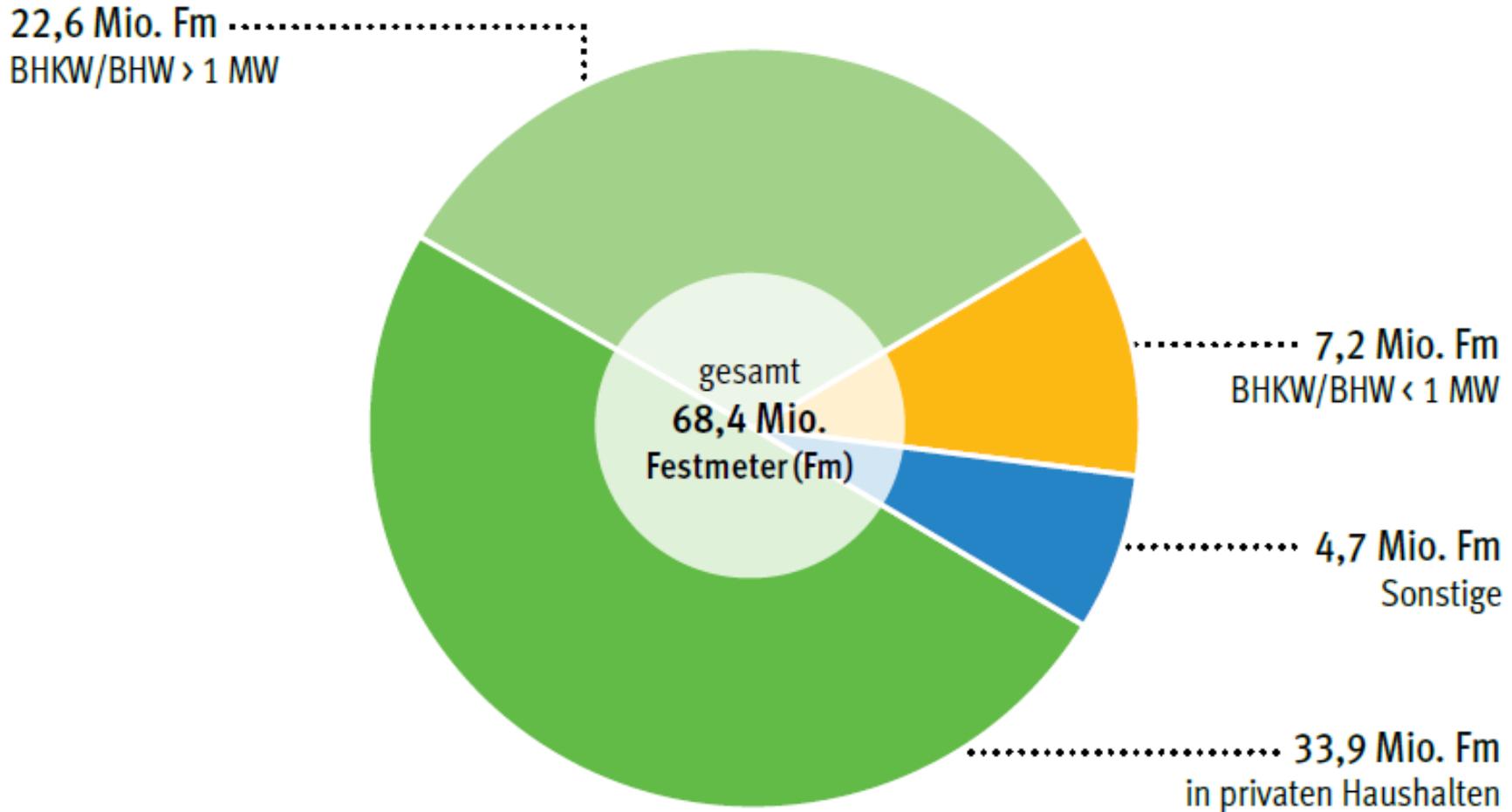
Katalytische Emissions- minderung

Emissions-
minderung bei
Biogasanlagen,
Motoren,
Kaminöfen,
automatisierten
Feuerungen

Systembeitrag von Biomasse (systemübergreifend)

Biomassepotenziale, Nachhaltigkeit, Marktanalysen, Szenarienentwicklung

Energetische Nutzung von Holz in Deutschland 2010 (ca. 50 % des Holzaufkommens)

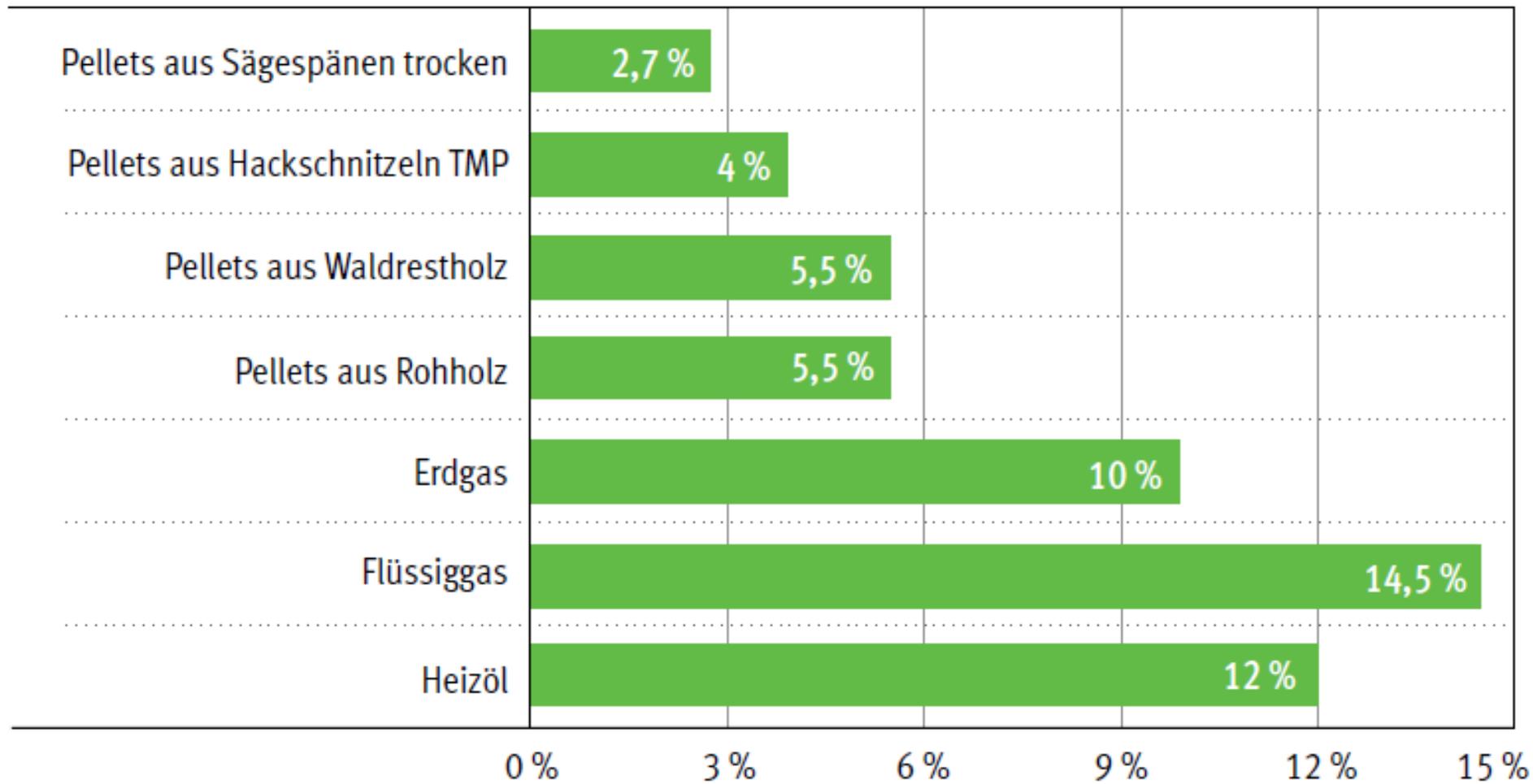


BHKW: Biomasseheizkraftwerk; BHW: Biomasseheizwerk

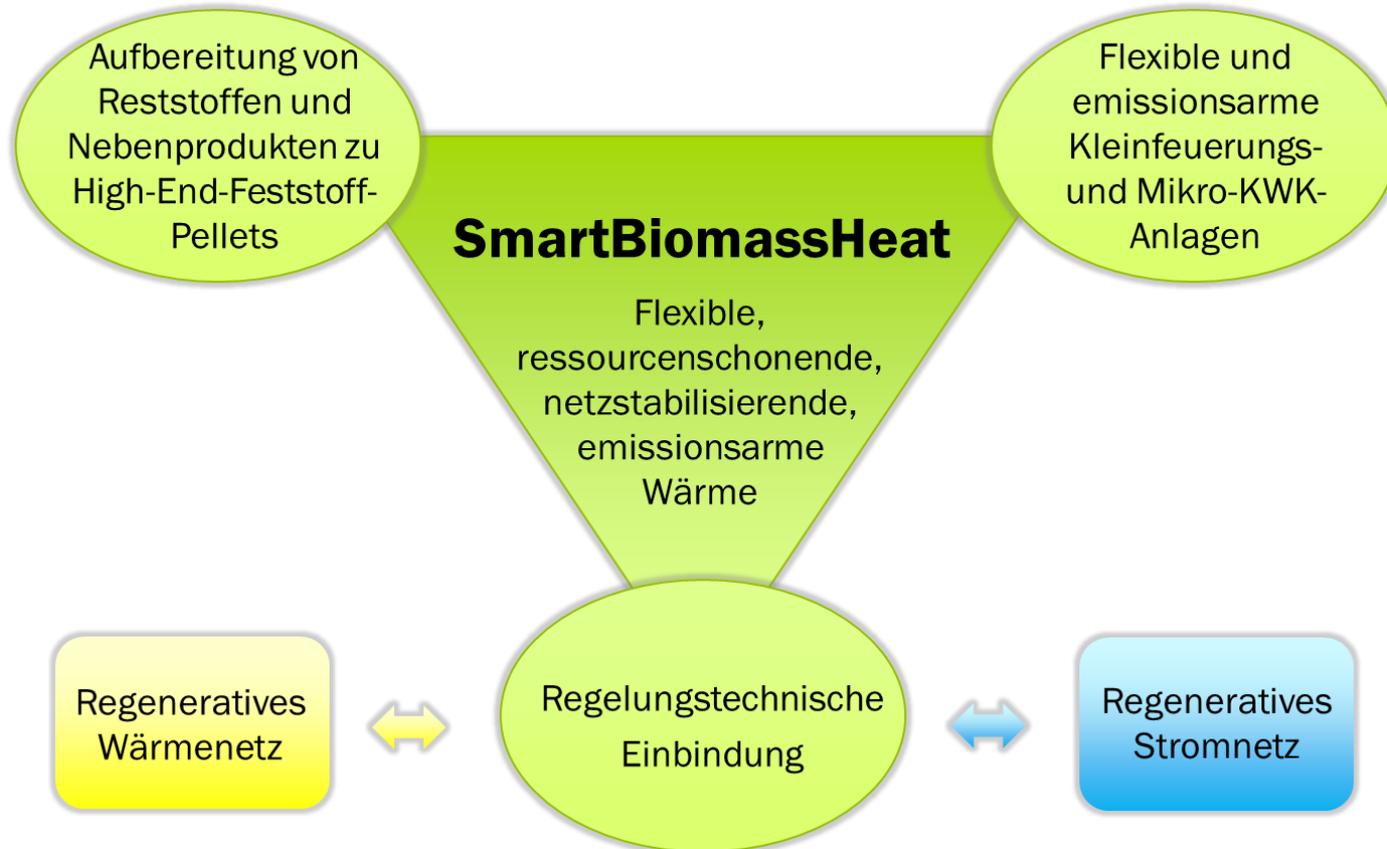
Quelle: Mantau/ Holzrohstoffbilanz Deutschland 2012

© FNR 2012

Energieaufwand bezogen auf den Brennwert

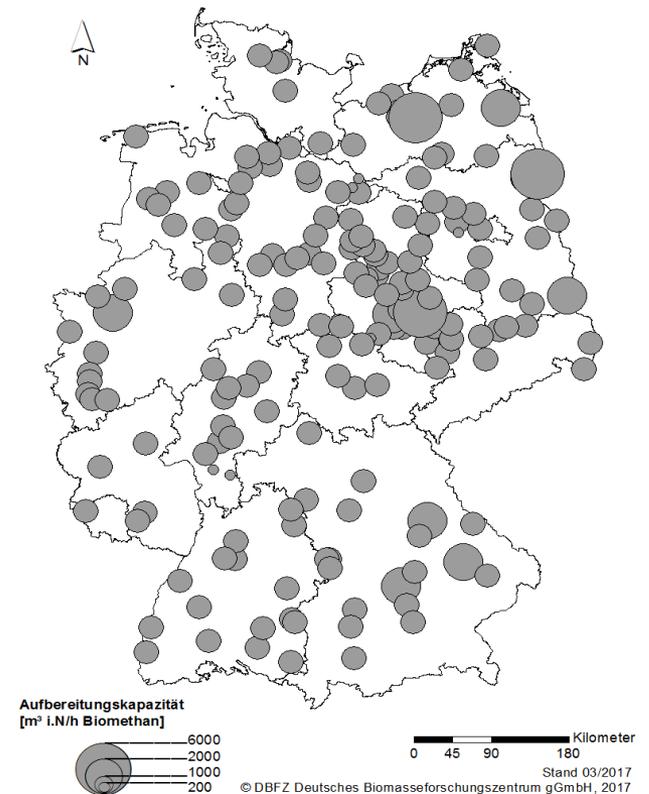
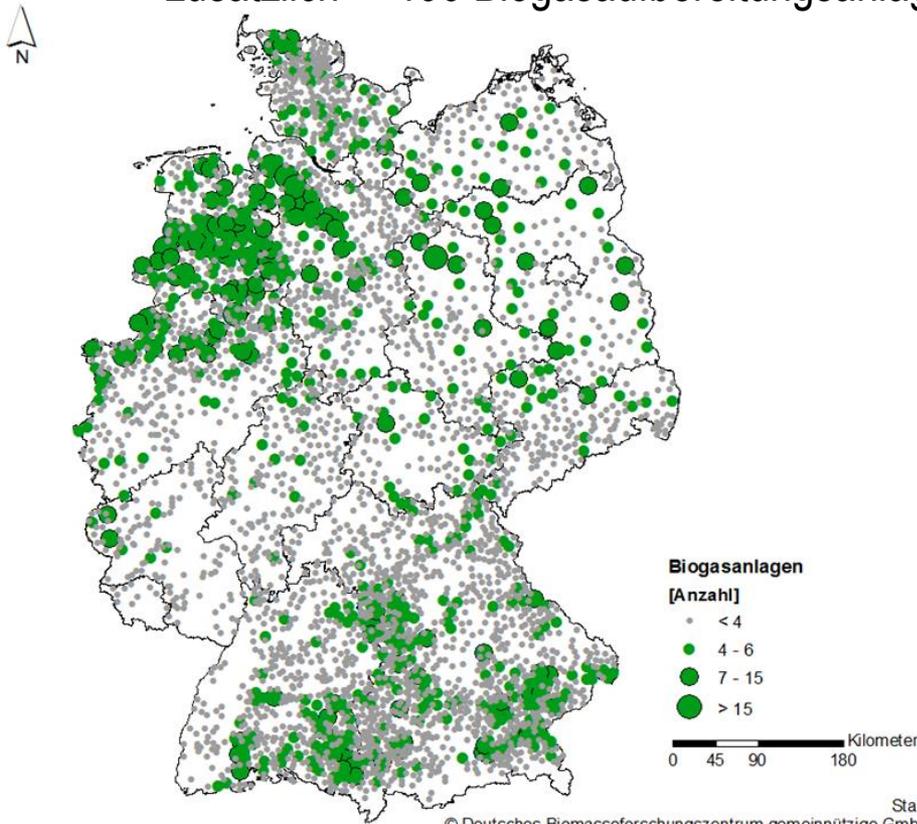


TMP: Thermo-Mechanical-Pulping

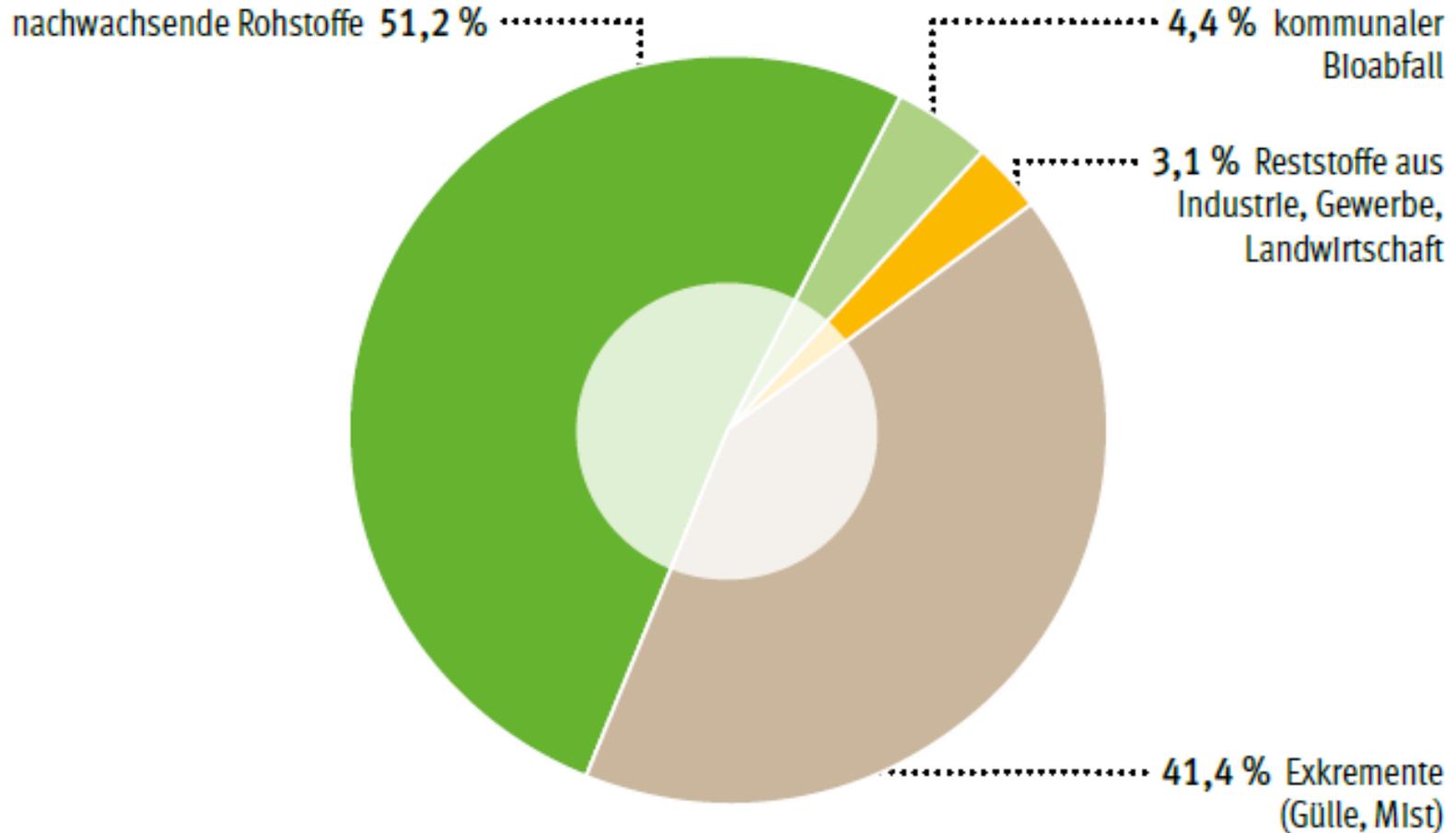


Ende 2016: ca. 8.700 Biogas(produktions)anlagen

- 8.500 (VOV) mit install. Leistung von ca. 4.550 MWel (inkl. Erweiterungen ohne Strommehrertrag (Überbauung))
- zusätzlich ~196 Biogasaufbereitungsanlagen

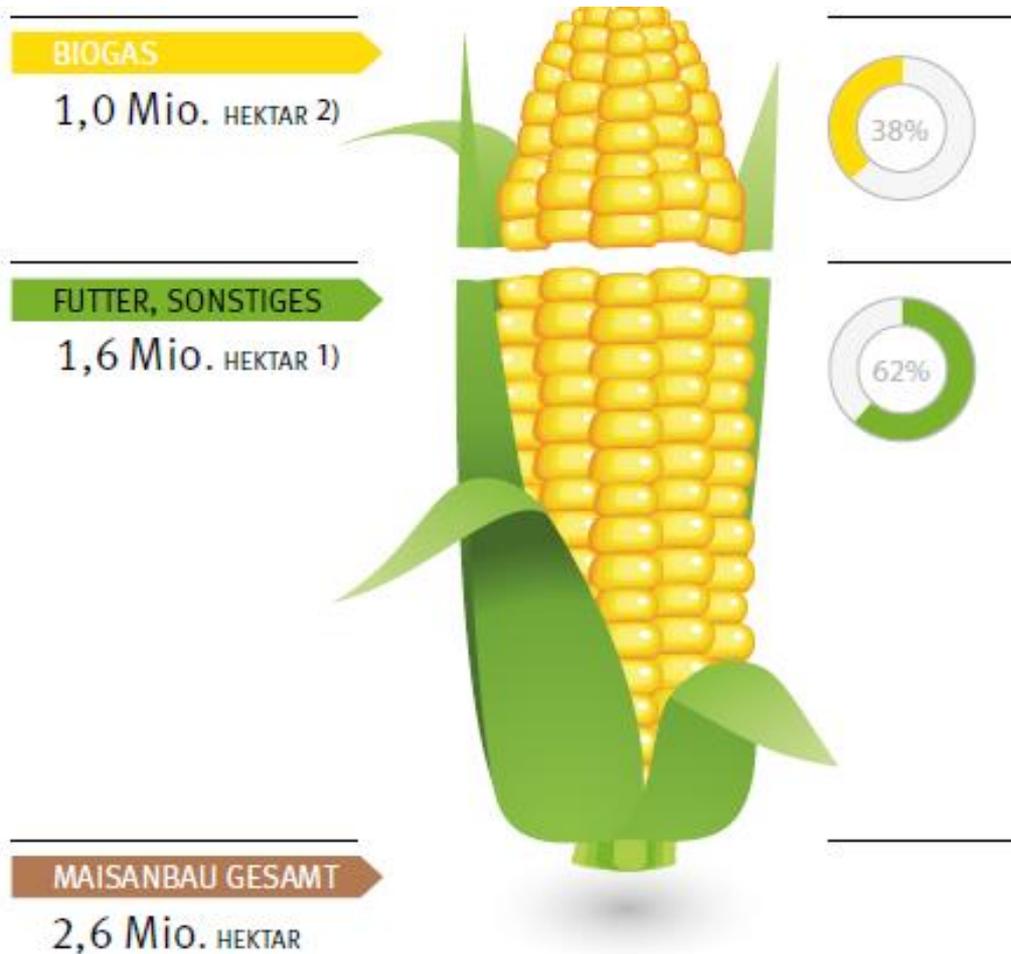


Input von Biogasanlagen



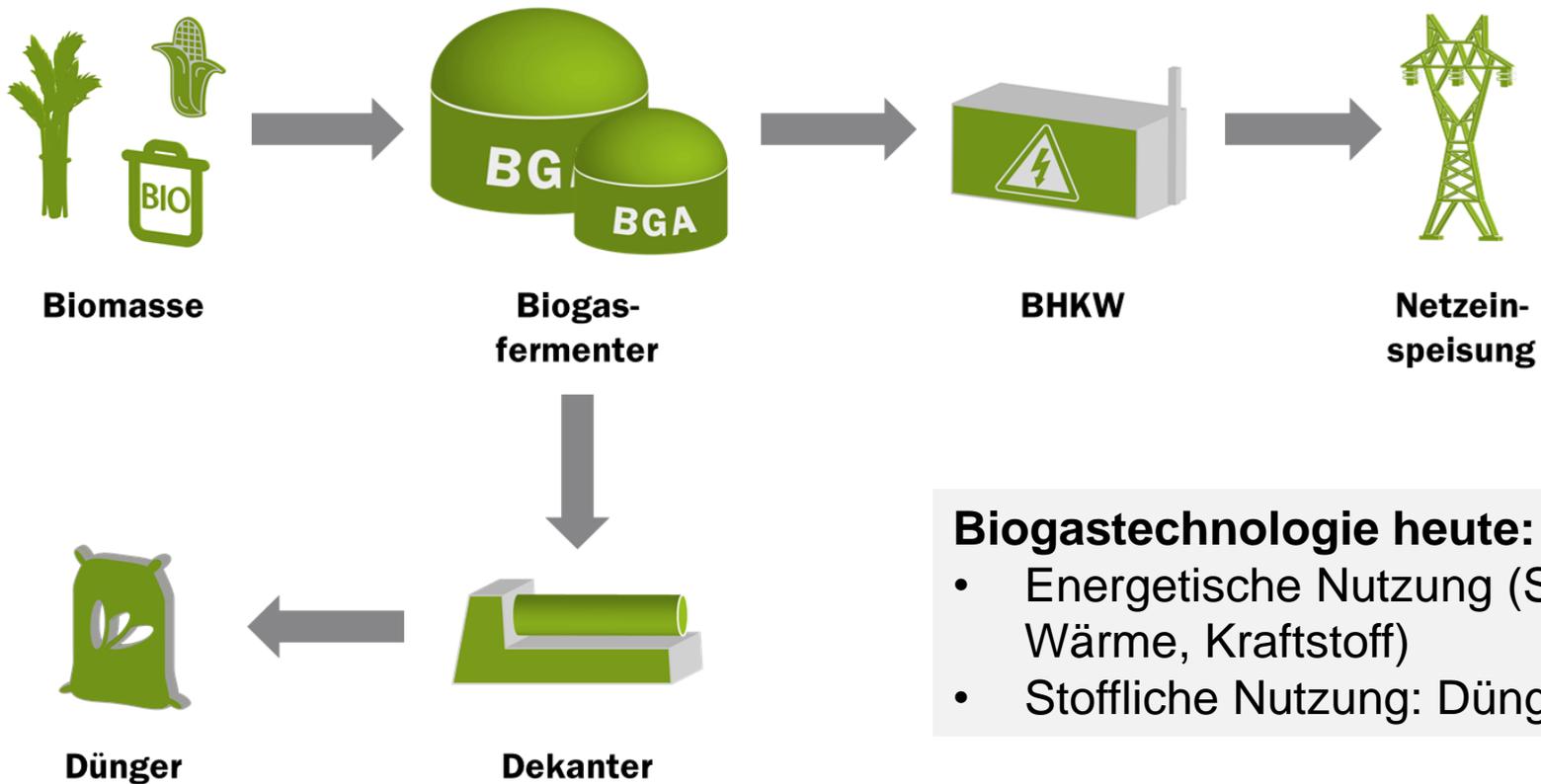
Quelle: DBFZ Betreiberbefragung Biogas (2016)

© FNR 2017



Quelle: 1) Statistisches Bundesamt (2017), 2) DMK/FNR e.V.

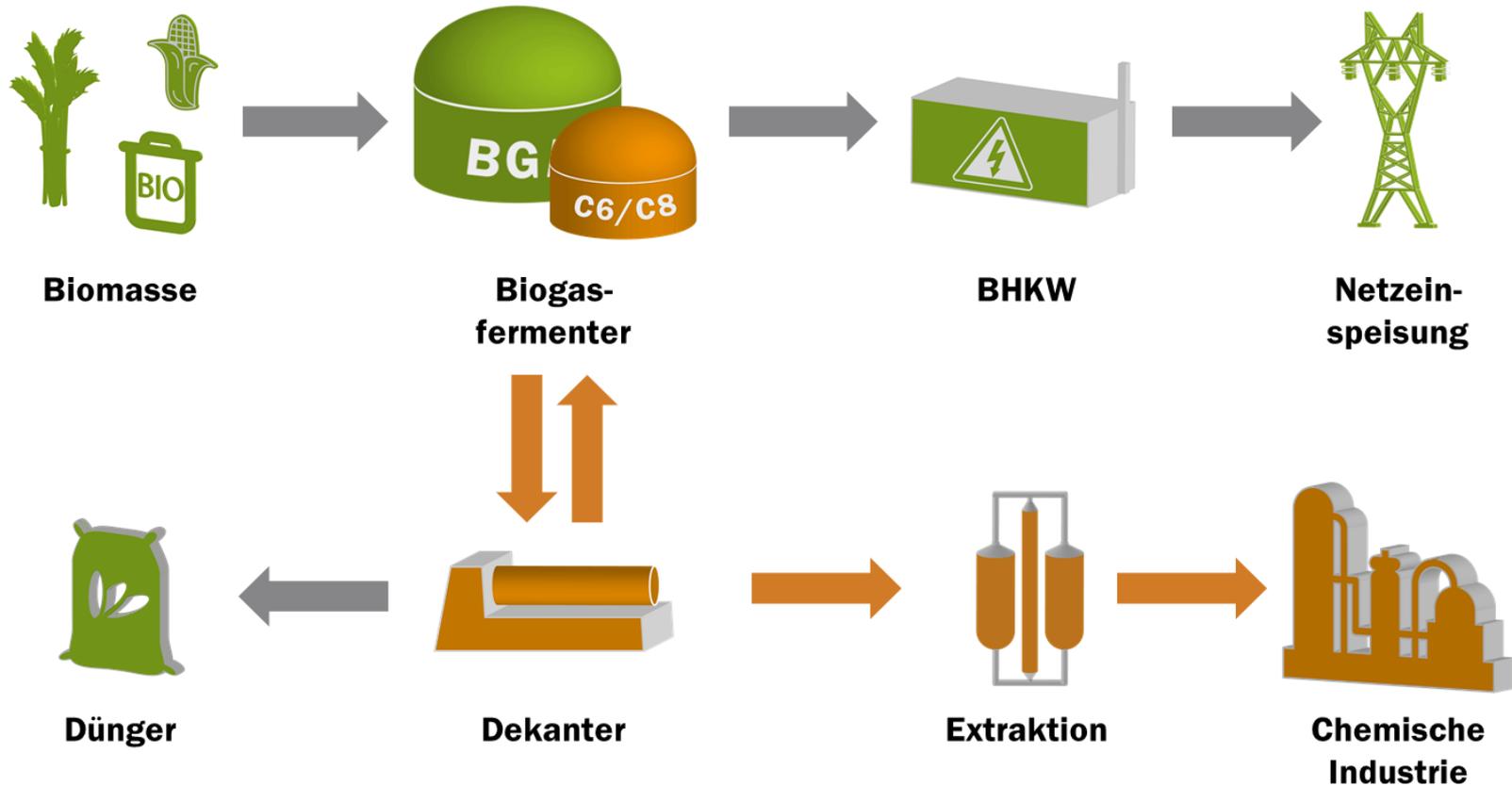
Kombination von stofflicher und energetischer Verwertung



Biogastechnologie heute:

- Energetische Nutzung (Strom, Wärme, Kraftstoff)
- Stoffliche Nutzung: Dünger

Von der Biogasanlage zur Bioraffinerie - stoffliche und energetische Nutzung



Die Jahrhundertaufgabe:

- Realisierung einer nachhaltigen **Energieversorgung**, d.h. vollständig auf Basis erneuerbarer Energien
- Aufbau der **Bioökonomie**, d.h. Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Bereichen im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems

Der lange Weg zur Implementierung des Konzepts Smart Bioenergy:

Für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende und die Implementierung der Bioökonomiestrategie in Deutschland ist die **integrierte stoffliche und energetische Verwertung von Biomasse** in Form der Koppelproduktion und Kaskadennutzung ein Schlüssel zum Erfolg. Eine Erhöhung der **Rohstoff- und Energieeffizienz** über die vernetzten Wertschöpfungsketten ist hierbei ebenso unerlässlich, wie die Einhaltung von **Nachhaltigkeitskriterien**.