

KAPITEL: BIOMASSE

# ENERGETISCHE NUTZUNG VON BIOMASSE – BIOGENE BRENNSTOFFE

PROF. MARIO ADAM

 ORCA.nrw



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>  
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



a d a m



# Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E<sup>2</sup> - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz  
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

Hochschule Düsseldorf  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

## Kapitel „Biomasse“

**Überblick: Energetische Nutzung von Biomasse - Biogene Brennstoffe**

# Biogene Brennstoffe - Überblick

## Energiepflanzen



## Erntereste



## Organische Abfälle



(ernten) - transportieren - (lagern)

ggf. zerkleinern,  
trocknen, pressen

pressen, extrahieren  
ggf. umestern

alkoholisch vergären

anaerob abbauen

vergasen, verflüssigen,  
verkohlen (hohe T)

Brennholz, Stroh etc.  
Müll (50% biogen)

Pflanzenöl  
Biodiesel

Bioalkohol bzw.  
Biobenzin

Biogas/-methan  
Klärgas  
Deponiegas

Synthesegas  
Methanol  
Kohle etc.

Alle Abbildungen pixabay-Lizenz

# Biogene Brennstoffe - Einsatzbereiche

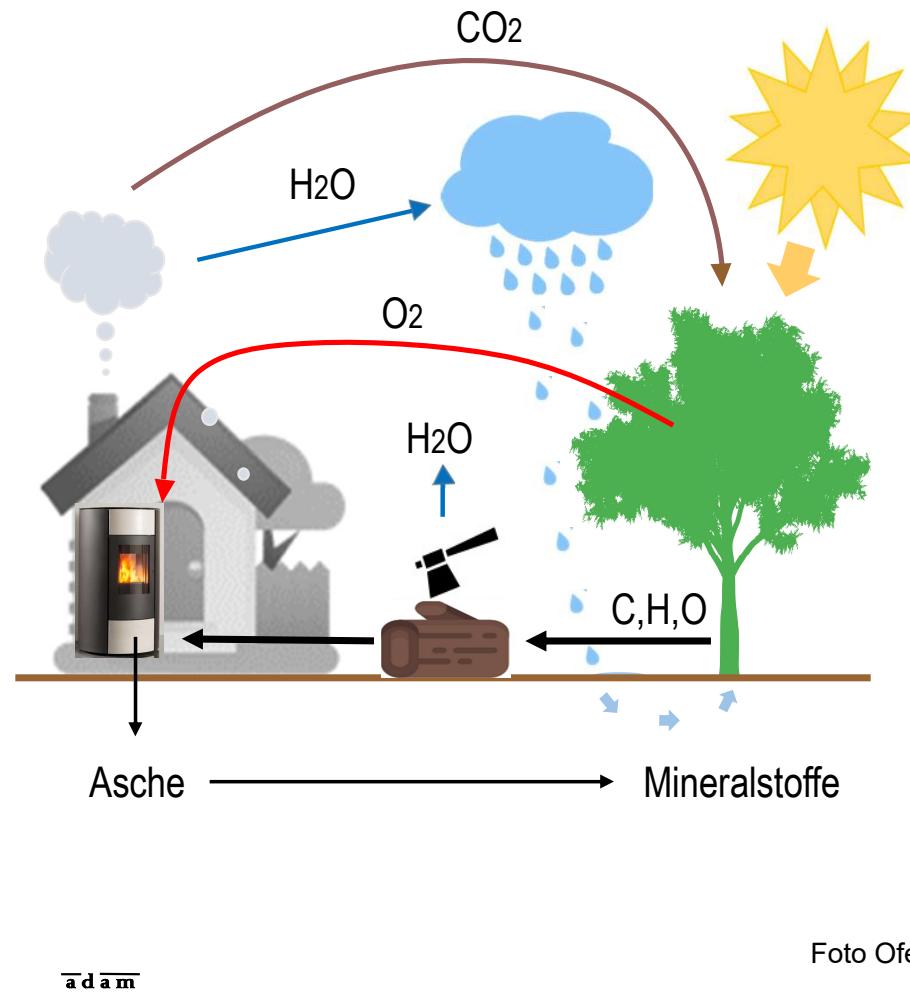
alle Werte in GWh/Jahr		<u>Gesamt</u>	<u>Wärme</u>	<u>Strom</u>	<u>Verkehr</u>
zerkleinern, ggf. trocknen, pressen	Brennholz (Stroh) Müll (50% biogen)	127.816 20.486	116.684 14.739	11.132 5.729	- -
pressen, extrahieren ggf. umestern	Pflanzenöl Biodiesel	41.292	3.140	285	10 29.772
alkoholisch vergären	Bioalkohol bzw. Biobenzin				8.085
anaerob abbauen	Biogas/-methan (Klär-/Deponiegas)	51.672	19.216	31.572	884
vergasen,verflüssigen, verkohlen (hohe T)	Synthesegas Methanol Kohle etc.	-	-	-	-

Quelle: BmWi „Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland“, 2020

# Biogene Brennstoffe - CO<sub>2</sub>-Bilanz

## CO<sub>2</sub>-Neutral?

- Ja - auf den ersten Blick!
  - CO<sub>2</sub>-Entzug aus Atmosphäre bei Biomassebildung
  - entspricht CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei Verbrennung („C-Erhaltung“)
- Nein - bei ganzheitlicher Sicht!
  - Wegen Aufwand für
    - Aussähen
    - Aufziehen
    - Düngen
    - Ernten
    - Weiterverarbeiten zum verwendbaren Energieträger
- Aber - meist kleiner CO<sub>2</sub>-Footprint
  - z.B. Holz-Pellets: ca. 40 g CO<sub>2</sub> und 0,2 kWh fossile Primärenergie pro kWh Endenergie (momentan)
  - Heizöl: 320 g CO<sub>2</sub>, 1,1 kWh/kWh



# Lizenz- und Quellenhinweise

**Folie 2:** Alles Pixabay-Lizenz: <https://pixabay.com/service/terms/>

Bild 1 Pixabay ; Raps von pasja1000; <https://pixabay.com/de/photos/gelb-feld-raps-ferienhaus-orka-5084544/>

Bild 2 Pixabay; Maiskolben von Couleur; <https://pixabay.com/de/photos/maiskolben-mais-zea-mays-maisk%C3%b6rner-3664569/>

Bild 3 Pixabay ; Zückerrübe von pixabay ulleo; <https://pixabay.com/de/photos/zuckerr%C3%BCbe-r%C3%BCbe-landwirtschaft-3662944/>

Bild 4 Pixabay; Pappeln von AnnaER; <https://pixabay.com/de/photos/allee-pappelallee-wegbaum-b%C3%A4ume-204163/>

Bild 5 Pixabay; Stroh von pixel2013; <https://pixabay.com/de/photos/stoppelfeld-ernte-stroh-1611003/>

Bild 6 Restholz von vhope; <https://pixabay.com/de/photos/s%C3%A4gemehl-closeup-restholz-1834168/>

Bild 7 Pixabay;Holz von matthiasboeckel; <https://pixabay.com/de/photos/anh%C3%A4nger-weinw%C3%A4lder-belastung-wald-5928633/>

Bild 8 Pixabay; Sägespäne von analogicus; <https://pixabay.com/de/photos/natur-holz-holzsp%C3%A4ne-s%C3%A4gesp%C3%A4ne-3583051/>

Bild 9 Pixabay; Schubkarre vor Mist Manfred Atranias Zimmer; <https://pixabay.com/de/photos/arbeit-transport-schiebkarre-1201543/>

Bild 10 Pixabay; Müllberg von pixabay Darkmoon\_Art; <https://pixabay.com/de/photos/m%C3%BCllberg-paradies-sonne-flugzeug-4277613/>

**Folie 4:** Folgende Grafiken stammen von den Webseiten Svgsilh.com und Iconfinder.com und stehen unter Creative Common CC0 Lizenz.  
<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>

Baum <https://svgsilh.com/4caf50/image/1787660.html>

Wolke <https://svgsilh.com/86c5f9/image/2017532.html>

Haus [https://www.iconfinder.com/icons/15214/home\\_house\\_icon](https://www.iconfinder.com/icons/15214/home_house_icon)

Axt [https://www.iconfinder.com/icons/4783149/ax\\_log\\_timber\\_wood\\_icon](https://www.iconfinder.com/icons/4783149/ax_log_timber_wood_icon)

Baumstamm [https://www.iconfinder.com/icons/2828154/wood\\_trunk\\_icon](https://www.iconfinder.com/icons/2828154/wood_trunk_icon)

# KAPITEL: BIOMASSE BRENNSTOFF HOLZ

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>  
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



a d a m



# Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E<sup>2</sup> - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz  
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

Hochschule Düsseldorf  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

## Kapitel „Biomasse“

**Brennstoff Holz**

# Brennstoff Holz - Überblick

## Herkunft

- direkt aus dem Wald
- Produktionsabfälle z. B. aus Sägewerken
- Altholz z.B. Bauholz



## Aufbereitung

- Stück-/Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets



Fotos: Pixabay

## Ökobilanz

- nahezu CO<sub>2</sub>-neutral, vor allem bei regionaler Nutzung mit kurzen Wegen
- Pellets: 40 g CO<sub>2</sub>, 0,2 kWh<sub>Prim</sub> pro kWh<sub>End</sub>



## Verwendung

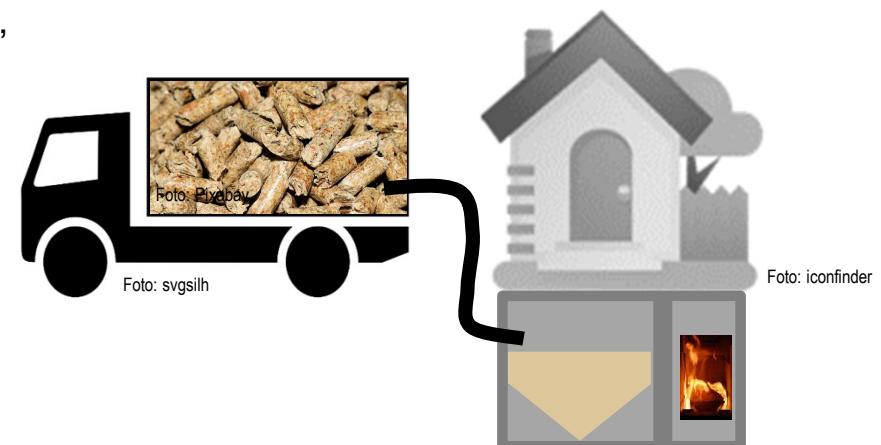
- verbreitet: Verbrennung in Kamin-Öfen, Heizkesseln, Heiz(kraft)werken etc.
- Nischen: KWK mit Stirlingmotor (stationäre Verbrennung) und Hubkolben-BHKW (mit vorheriger Vergasung zu Holzgas)

# Brennstoff Holz - Charakteristische Daten

## Holzpellets

- ca. 4,8 kWh H<sub>i</sub>/kg (zum Vergleich Heizöl: 10 kWh/l)
- ca. 250 €/t (lose Ware), d.h. ca. 5 ct/kWh  
(Sackware in 15 kg Säcken ca. 100 €/t teurer)
- normierte Eigenschaften (Enplus-A1-Zertifizierung)  
z.B. Wassergehalt ≤ 10 %, Aschegehalt ≤ 0,7 %,  
Schüttdichte 600...750 kg/m<sup>3</sup>

Anlieferung von „losen“ **Holzpellets**  
per „Tanklaster“  
Einblasen ins Lager über Schlauch  
mit leichtem Überdruck



## Holzhackschnitzel

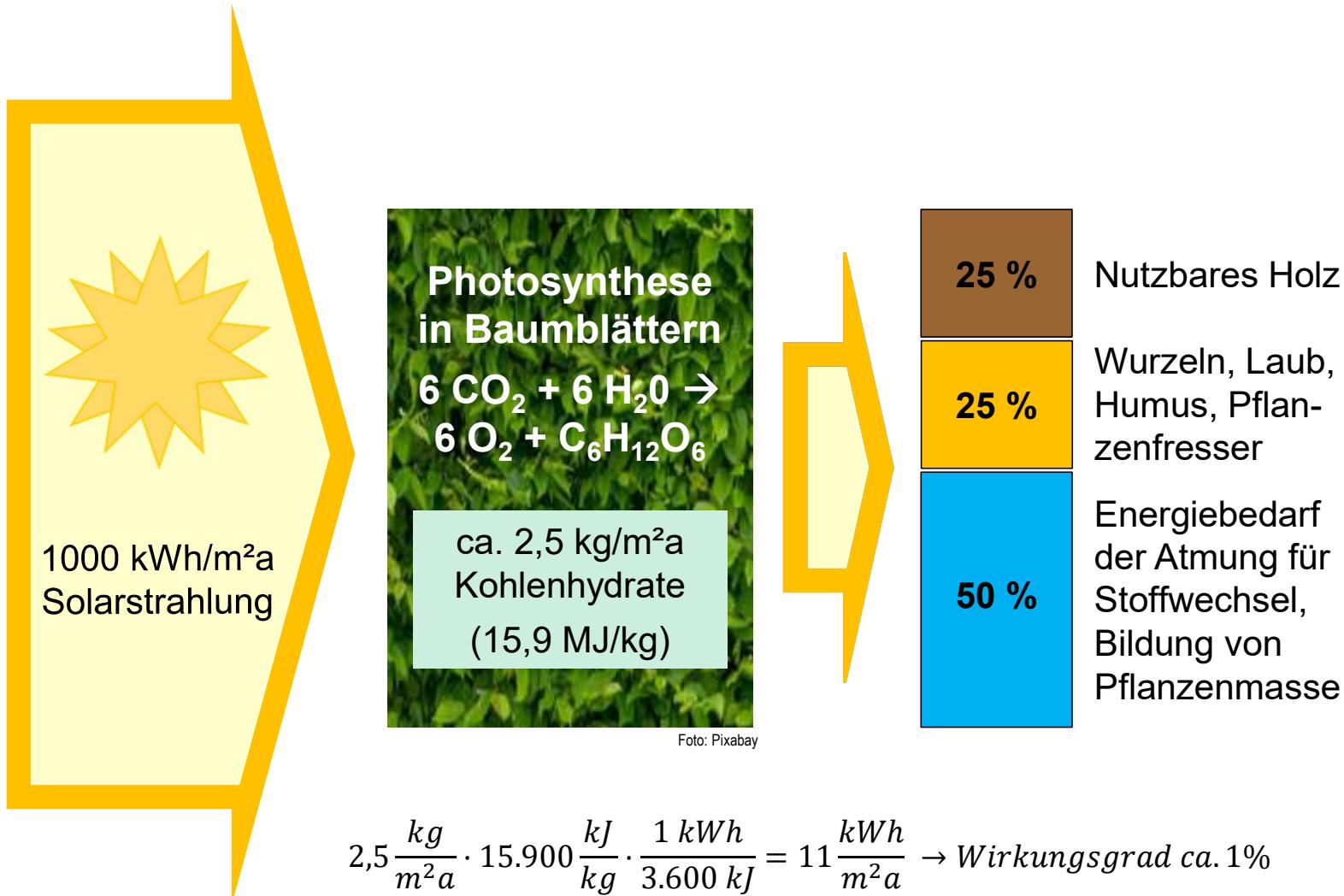
- preiswerter als Holzpellets
- ca. 2 kWh/kg bei 55% Feuchte (waldfrisch) bis  
ca. 4 kWh/kg bei 20% Feuchte (lufttrocken)

## Scheitholz

- Raummaße: 1 Festmeter (FM)  
= 1,43 Raummeter (RM)  
= 2,43 Schüttraummeter (SRM)
- ca. 4 kWh/kg bei 20 % Restfeuchte  
(nach 2 Jahren Lufttrocknung)

**Keller mit  
Lager  
und Kessel**

# Brennstoff Holz - Energiebilanz



a d a m

# Lizenz- und Quellenhinweise

**Folie 2:** Alles unter Pixabay-Lizenz, <https://pixabay.com/service/terms/>

Bild 1 Pixabay; Bäume von schwoaze; <https://pixabay.com/de/photos/natur-wald-b%C3%A4ume-baumst%C3%A4me-holz-3582615/>  
Bild 2 Pixabay; Säge von annawaldl; <https://pixabay.com/de/photos/kreiss%C3%A4ge-holz-schneiden-s%C3%A4geblatt-4538951/>  
Bild 3 Pixabay; Tür von pixel2013; <https://pixabay.com/de/photos/haus-wohnhaus-altes-wohnhaus-1805113/>  
Bild 4 Pixabay; Scheitholz von aixklusiv; <https://pixabay.com/de/photos/holz-haufen-brennholz-kaminholz-3334433/>  
Bild 5 Pixabay; geralt Holzspäne; <https://pixabay.com/de/photos/holz-sp%C3%A4ne-holzsp%C3%A4ne-geh%C3%A4cksel-567573/>  
Bild 6 Pixabay; Pellets von mrdidg; <https://pixabay.com/de/photos/pellets-holz-brennstoff-heizung-4844847/>

**Folie 3:** Pellets Pixabay; Pellets von mrdidg; <https://pixabay.com/de/photos/pellets-holz-brennstoff-heizung-4844847/>

Haus; [https://www.iconfinder.com/icons/15214/home\\_house\\_icon](https://www.iconfinder.com/icons/15214/home_house_icon)  
LKW <https://svgsilh.com/image/39102.html>

Common CC0 Lizenz. <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>

**Folie 4:** Pixabay-Lizenz, <https://pixabay.com/service/terms/>

Blätter Pixabay; Blätter von PhotoMIX-Company; <https://pixabay.com/de/photos/intensiv-gr%C3%BCne-hainbuchentapete-1407727>  
LKW Pixabay; <https://svgsilh.com/image/39102.html>; <https://pixabay.com/vectors/truck-vehicle-semi-freight-cargo-39102/>

KAPITEL: BIOMASSE

# HEIZEN MIT HOLZ (GERÄTE- / BRENNERTYPEN, HOLZPELLET-LAGERUNG)

PROF. MARIO ADAM

ORCA.nrw



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>  
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



a d a m



# Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E<sup>2</sup> - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz  
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

Hochschule Düsseldorf  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

## Kapitel „Biomasse“

**Heizen mit Holz (Geräte-/Brennertypen, Holzpellet-Lagerung)**

# Heizen mit Holz - Überblick

## Holzpellet-Geräte

- Brennerleistung gut regelbar („modulationsfähig“), inkl. Regelung des Verbrennungsluftverhältnisses
- Heizungskessel
  - selbstständiger Betrieb: Brennstoffzufuhr aus dem Lagerraum, Zündung, Reinigung der Abgaszüge etc.
  - Entaschung: manuell, nur wenige Male pro Jahr
- Kaminöfen: auch mit „Wassertasche“ (= Wärmeübertrager zum Anschluss an die Heizung)

## Holzpellet-Kessel



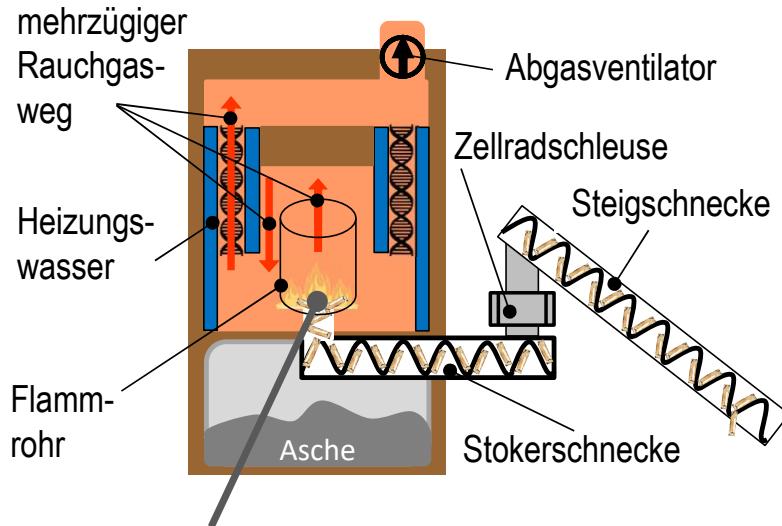
## Scheitholz-Geräte

- Heizungskessel: viel Handarbeit
- offene Kamine: < 20 % Wirkungsgrad
- geschlossene Kamine, Kaminöfen, Kachelöfen
  - hohe Schadstoffemissionen, besonders bei zu feuchtem Holz oder gedrosselter Leistung / Luftzufuhr
  - kleinste Geräte (4 kW) sind selbst für große Räume viel zu groß (Abhilfe: Wassertasche, Speichermasse ...)

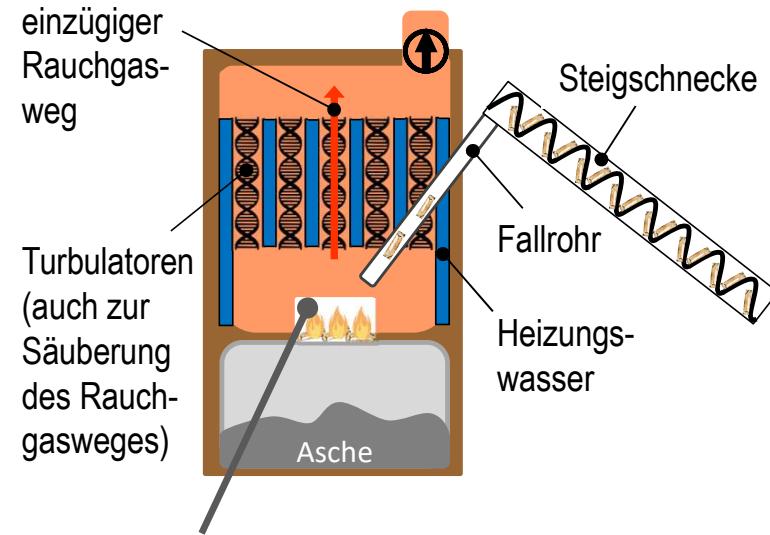
## Holzpellet-Kaminofen



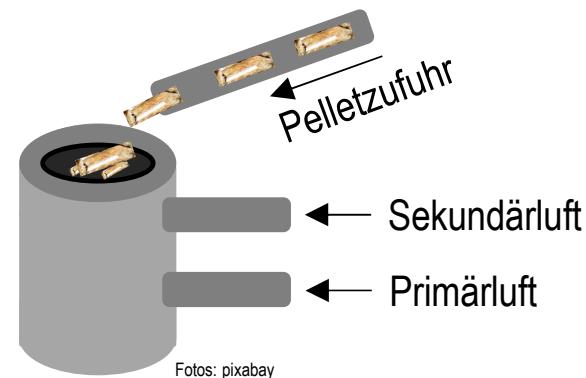
# Holzpellets - Kessel- und Brennertypen



**Unterschubbrenner** (auch für Hackschnitzel geeignet)



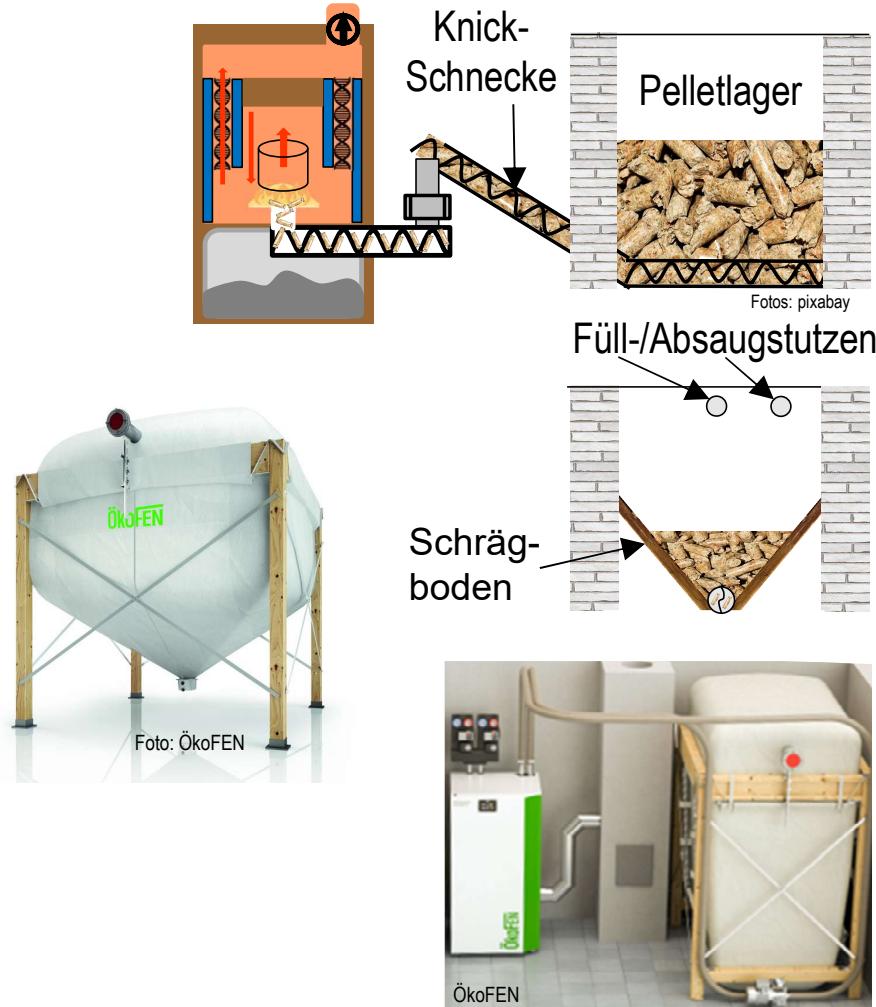
**Topfbrenner** (speziell für Pellets)



# Holzpellets - Lagerung

## Vorratsraum

- häufige Bauformen
  - rechteckiger, meist mit Holzplatten ausgekleideter Raum mit Schrägboden und Förderschnecke in der Mitte (Bild oben); alternativ: „Rührwerk“ statt Schrägboden
  - Sacksilo (Bild Mitte links)
- trocken, staubdicht, ohne Elektrik
- Größe: Pelletvolumen + ca. 30% Leerraum wegen Schrägboden und Schüttkegel



## Förderung

- Knick-Schnecke, wenn Kessel und Lager direkt nebeneinander (Bild oben)
- Saug-Förderung über max. ca. 20 m + kleiner Vorratsbehälter am Kessel (Bild unten rechts)

# Holzpellets - Kaminöfen

## Pellet-Kaminofen

- ca. 2 - 10 kW Nennleistung
- bei Wassertasche noch ca. 20 % Wärmeabgabe an den Raum
- integrierter Pelletbehälter für ein bis mehrere Tage

## Hybrid-Kaminofen

- wahlweise mit Scheitholz oder mit Pellets zu befeuern
- in der Regel etwas geringerer Wirkungsgrad als die auf einen Brennstoff spezialisierten Kaminöfen



## Beispiel für Hybrid-Kaminofen

- Wärmedämmung („Isoliersteine“)
- Pellet-Brennkammer
- Aschekasten
- externe Luftzufuhr
- Förderschnecken
- Pelletvorrat, 15 kg

# Scheitholz- und große Holz-Feuerungen

## Durchbrand-Kessel

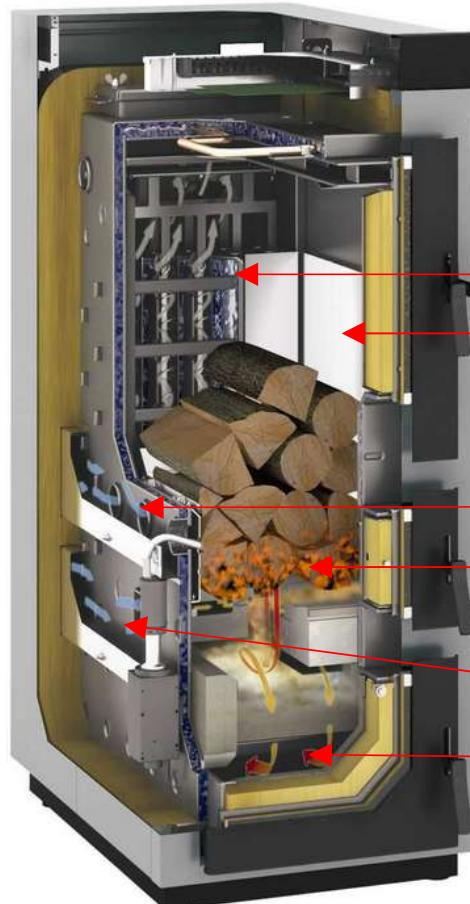
- Klassische Form
- Flamme brennt nach oben und erfasst das ganze aufgelegte (Scheit)Holz

## Sturzbrand-Vergaser-Kessel

- Flamme brennt nach unten (Bild), durch den Zug eines Ventilators
- Vorteile
  - viel längere Nachfüllintervalle
  - niedrigere Emissionen durch gleichmäßige Feuerungs-Bedingungen
- für Scheitholz, bis ca. 100 kW

## Vorschub-Rostfeuerung

- für große Leistungen bis in den MW-Bereich



## Beispiel für Scheitholz-Vergaserkessel

- Wärmeübertrager
- Füllschacht
- Primärluftzufuhr
- Glutbett mit Vergasungszone
- Sekundärluftzufuhr
- Nachbrennkammer

# Lizenz- und Quellenhinweise

**Folie 3/4:** Wodtke,  
Pellets von mrdidg  
<https://pixabay.com/de/photos/pellets-holz-brennstoff-heizung-4844847/>

Ökofen,  
Pellets von mrdidg  
<https://pixabay.com/de/photos/pellets-holz-brennstoff-heizung-4844847/>

KAPITEL: BIOMASSE

# KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG MIT HOLZ

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



a d a m



# Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E<sup>2</sup> - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz  
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

Hochschule Düsseldorf  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

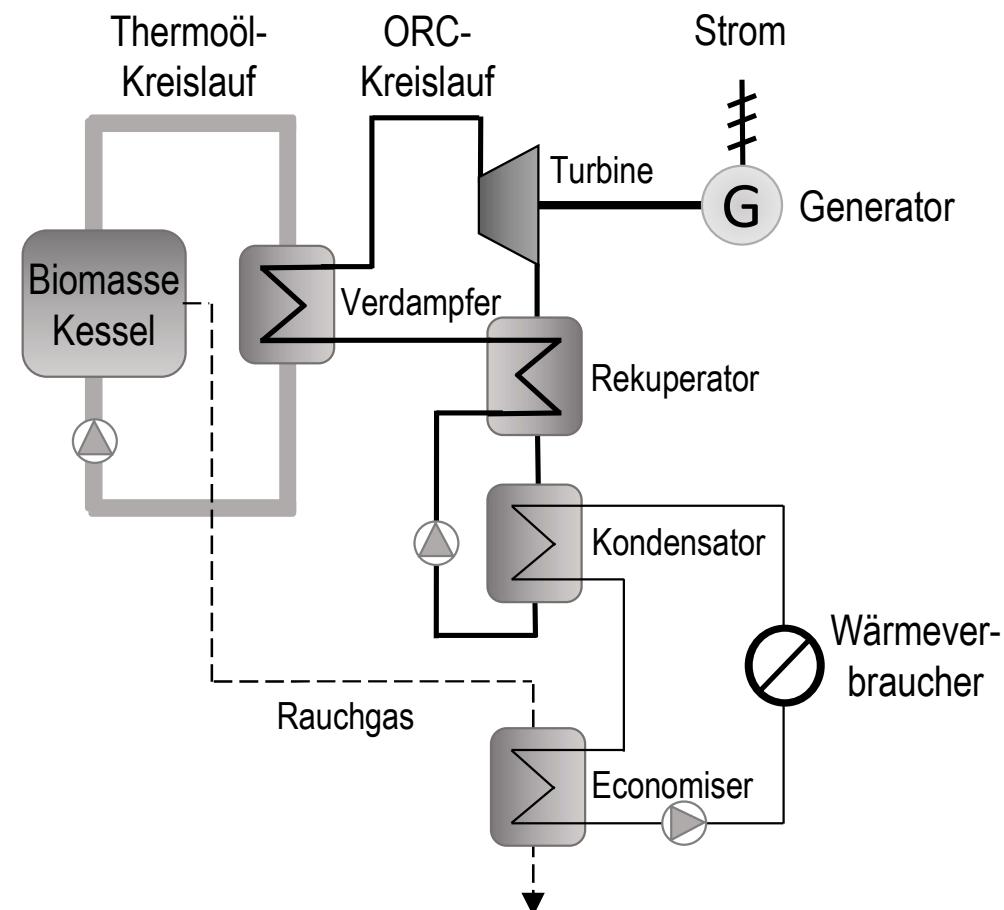
## Kapitel „Biomasse“

**Kraft-Wärme-Kopplung mit Holz**

# KWK mit Holz - Dampfkraft-Prozess

## Dampfkraft-Prozess + Holzkessel

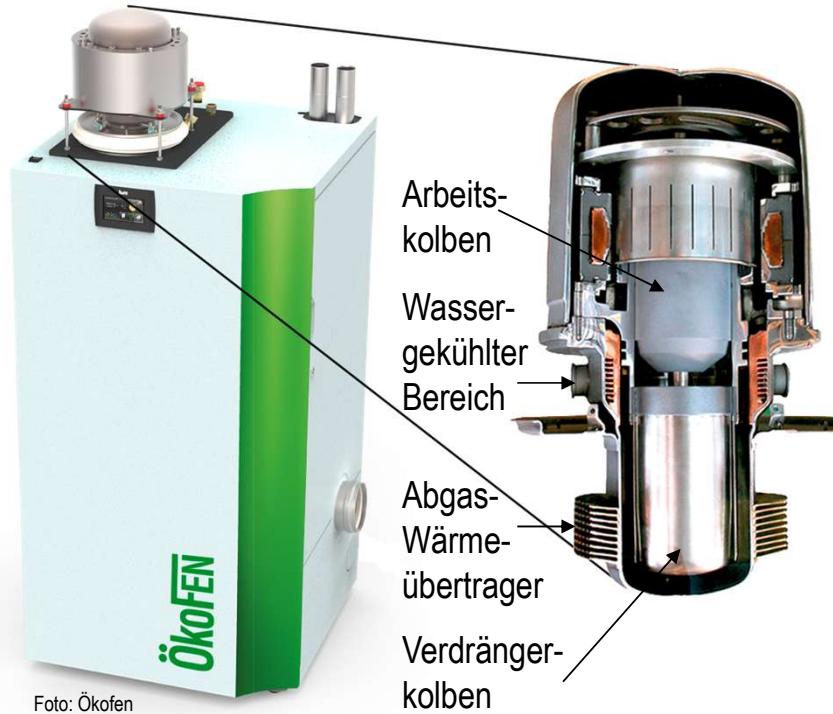
- klassisch, mit Arbeitsmedium Wasser: v.a. bei großen Leistungen
- Organic-Rankine-Cycle (ORC) mit organischem Arbeitsmedium wie Iso-Pentan, Toluol, Silikonöl
  - Vorteile: Siedepunkt anpassbar an gewünschte niedrige Prozess-Temperaturen (max. ca. 350 °C) und Drücke z.B. bei Thermoöl-Zwischenkreislauf ( $\rightarrow$  preiswertere Anlagen-technik, Betriebsüberwachung)
  - Nachteile: geringes  $\eta_{\text{elektrisch}}$  von 10 - 30 % wegen niedriger Dampf-Temperatur, Arbeitsmedium ggf. giftig/brennbar/klimaschädlich
  - Anbieter z.B. Fa. turboden



# KWK mit Holz - Stirling-Motor

## Stirling-Motor + Holzkessel

- Damit ein Stirling-Motor läuft, muss er an einer Stelle des geschlossenen Kreisprozesses beheizt und an einer anderen Stelle gekühlt werden. (über Wärmeübertrager)
- Beheizung: durch Abgas einer (stationären) Holzverbrennung
- Kühlung: durch Abfuhr von Wärme z.B. an Heizungswasser (Wärmeauskopplung)
- aber:  $\eta_{\text{elektrisch}}$  nur 10 - 20 %



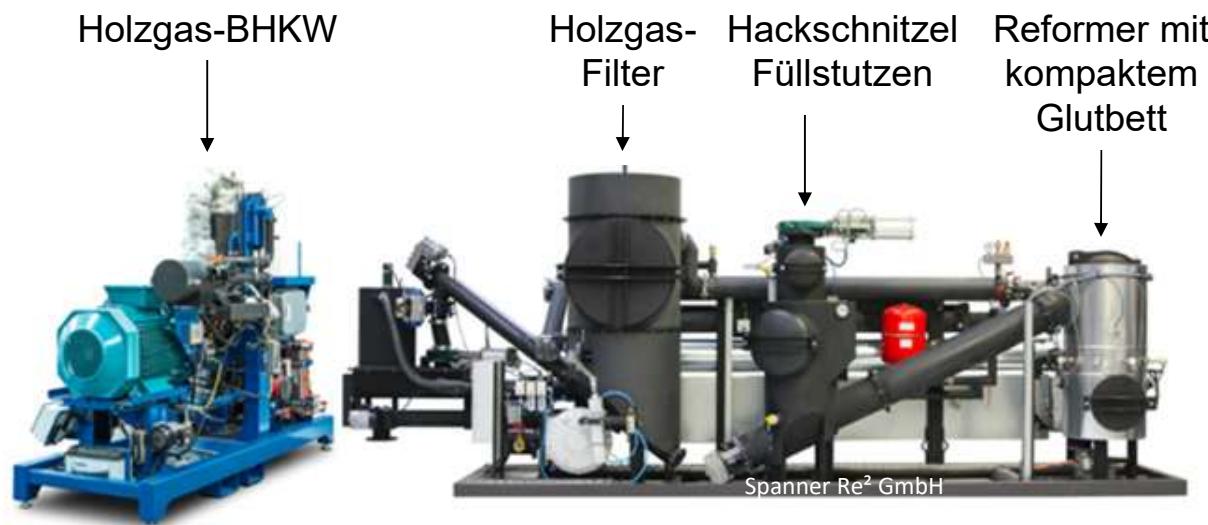
## Motor der Microgen Engine Corporation

- Gemeinschaftsentwicklung für mehrere Hersteller (nur 1 funktionierender Motor am Markt)
- ca. 0,5 ... 1 kW<sub>el</sub> ( $\eta_{\text{el}} = 15 \%$ ), ca. 3 ... 6 kW<sub>th</sub>
- Verwendung in „stromerzeugenden Heizungen“, u.a. bei Fa. Ökofen mit Holzpellet-Brenner

# KWK mit Holz - Hubkolben-Motor

## Hubkolben-Motor + Holzvergasung

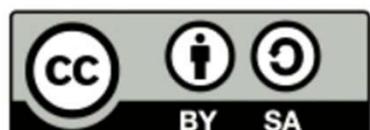
- Holzvergasung = Thermische Umwandlung von Holz in Holzgas mit niedrigem Heizwert
- Problematisch können teerhaltige Substanzen im Holzgas sein  
→ notwendig sind geringe Holzfeuchten und funktionierende robuste Technik
- Produkte
  - Fa. Spanner: für Hackschnitzel, mit  $30 \text{ kW}_{\text{el}}$  oder  $45 \text{ kW}_{\text{el}}$  ( $\eta_{\text{el}} = 23,3 \%$ ,  $\eta_{\text{th}} = 56,6 \%$ )
  - Fa. Burkhardt: für Pellets, mit  $180 \text{ kW}_{\text{el}}$  ( $\eta_{\text{el}} = 30 \%$ ,  $\eta_{\text{th}} = 47 \%$ )



KAPITEL: BIOMASSE

# GASFÖRMIGE BRENNSTOFFE AUS BIOMASSE

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>  
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



a d a m



# Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E<sup>2</sup> - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz  
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

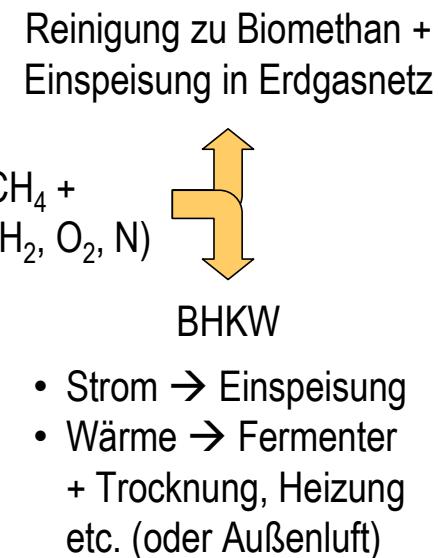
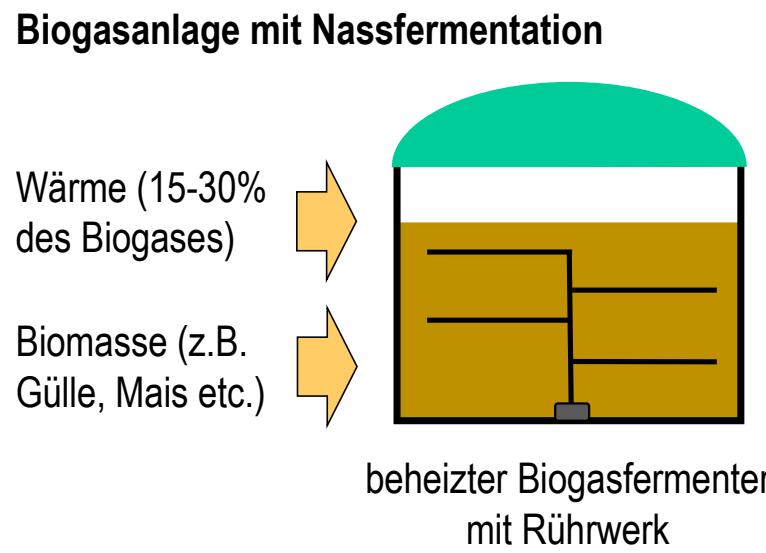
Hochschule Düsseldorf  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

## Kapitel „Biomasse“

**Gasförmige Brennstoffe aus Biomasse**

# Biogas

- Erzeugung: aus meist landwirtschaftlicher Biomasse durch Fermentation mittels mesophilen (35°C) oder thermophilen (55°C) methanbildenden Bakterien
  - Nassfermentation: kontinuierlicher Prozess, Basissubstrat meist Gülle, plus Kofermente wie Mais, Pflanzen-/Speisereste zur Erhöhung der organ. TS bzw. Biogasproduktion
  - Trockenfermentation: Batchbetrieb mit zirkulierendem Perkolat, z.B. für Mist
- Nutzung: Verbrennung in BHKW (Problem: Wärmenutzung) oder Reinigung und Einspeisung in Erdgasnetz als „Biomethan“ (Problem: große „industrielle“ Biogasanlagen)



# Biomethan

- Biomethan = auf Erdgasqualität gereinigtes Biogas → Einspeisung in Erdgasnetze
- seit 2006 erste Anlagen in Deutschland z.B. Pliening (Bayern), Straelen (NRW)
- teurer als Erdgas (ca. 10 ct/kWh für Privatkunden für 100% Biomethan), Nutzungsanreize z.B. durch erhöhte EEG-Einspeisevergütung für mit Biomethan erzeugten Strom in BHKW

Nutzung an anderem Ort für

- Erdgas-BHKW
- Erdgas-Heizgeräte
- CNG-KFZ (nicht LPG)
- etc.

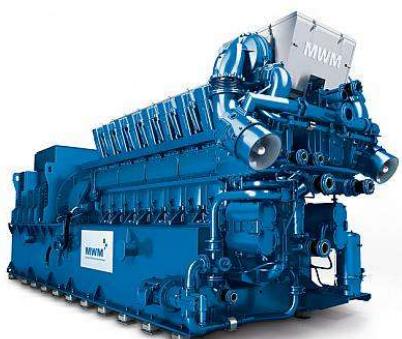


Foto: Caterpillar Energy Solutions, CC BYNC-ND 2.0

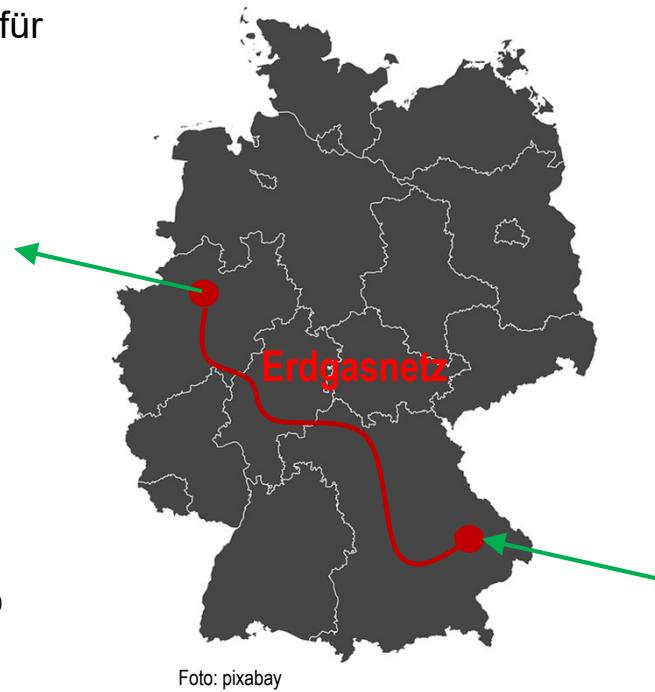


Foto: pixabay

Einspeisung am Standort  
der Biomethan-Produktion

# Klärgas, Deponegas

- Erzeugungsprozess wie bei Biogas, nur andere Ausgangssubstrate
- Klärgas: aus organischen Klärschlamm-Bestandteilen
- Deponegas: aus organischen Anteilen von Abfällen, die auf Deponien gelagert wurden (Absaugung über Drainagerohre, die in der Deponie verlegt sind)

Klärgasanlage im Klärwerk Hamburg, am Hafen



Foto: pixabay

# Lizenz- und Quellenhinweise

**Folie 3:** Pixabay-Lizenz, <https://pixabay.com/service/terms>

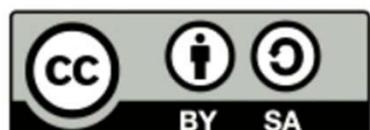
Deutschlandkarte Pixabay von Mapcanyon; <https://pixabay.com/de/illustrations/deutschland-silhouette-bundesland-1423911/>  
Biogasanlage Pixabay von 1815691; <https://pixabay.com/de/photos/biogas-beh%C3%A4lter-faulen-erdgas-2919235/>

**Folie 4:** Kläranlage Pixabay von falco; <https://pixabay.com/de/photos/hamburg-altona-hafen-ei-kl%C3%A4ranlage-889657/>

KAPITEL: BIOMASSE

# FLÜSSIGE BRENNSTOFFE AUS BIOMASSE

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>  
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



a d a m



# Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E<sup>2</sup> - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz  
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

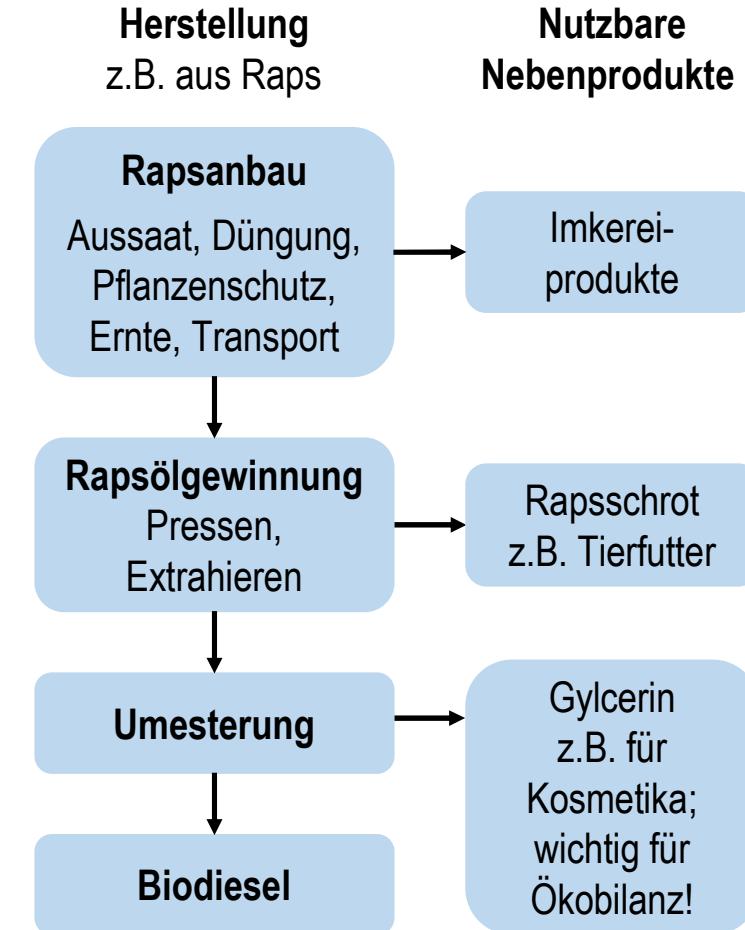
Hochschule Düsseldorf  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

## Kapitel „Biomasse“

**Flüssige Brennstoffe aus Biomasse**

# Biodiesel

- Biodiesel (und Pflanzenöl) = Kraftstoff für Dieselmotoren in KFZ, BHKW etc.
- Gewinnung aus ölhaltigen Pflanzen, z.B. Raps, Sojabohnen (oder "Frittenfett")
- Biodiesel
  - BRD: Beimisch-Verordnung  
→ 5-10% Biodiesel an normalen Dieselzapfsäulen
  - dieser Anteil für alle normalen Diesel-Motoren geeignet (100% Biodiesel bei geeigneten Dichtungen)
  - Energieinhalt
    - Diesel aus Erdöl: 9,8 kWh/l
    - Biodiesel: ca. 8,9 kWh/l  
→ mehr Verbrauch in l/100 km
- Pflanzenöl
  - Motorumbau nötig, keine Tankstellen
  - wenig verbreitet (Landwirtschaft)



# Biobenzin

- Biobenzin (= Bioethanol) = Kraftstoff für Ottomotoren in KFZ, BHKW etc.
- Gewinnung aus zucker-, zellulose- oder stärkehaltigen Pflanzen, je nach Erzeugungsland verschieden:
  - Zuckerrohr in Brasilien (= weltgrößter Produzent)
  - Mais in USA
  - Getreide, Zuckerrüben, Holz etc.
- Biobenzin
  - BRD: Beimisch-Verordnung  
→ E10 mit 10% Bioethanol im Benzin (E85 z.B. in Brasilien, Schweden)
  - Energiegehalt:
    - Benzin aus Erdöl: 8,6 kWh/l
    - Biobenzin: ca. 6,2 kWh/l  
→ mehr Verbrauch in l/100 km

**Herstellung (z.B. aus Zuckerrohr)**

## Zuckerrohranbau

Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte, Transport

## Aufbereitung zu Glucoselösung

Zerkleinerung, Verflüssigung, Verzuckerung

## Umwandlung zu Alkohol

Alkoholische Gärung (Fermentation)

## Aufkonzentration, Reinigung

Destillation, Rektifikation, Molekularsieb

## Bioethanol/-benzin

# BTL-Kraftstoffe

- BTL = Biomass to Liquid
- flüssiger Kraftstoff definierter Qualität, über chemische Verfahren zielgenau synthetisiert (Zerlegung und neuer Zusammenbau der Kohlenwasserstoff-Verbindungen)
- Vorteil: hohe Hektarerträge durch Nutzung der ganzen Pflanze, auch andere Kohlenwasserstoffe herstellbar z.B. Kunststoffe
- Nachteil: aufwändiger Herstellungsprozess, Konkurrenz zu Power to Liquid aus EE-Strom
- mögliche Produktionswege (gilt für komplexere Biomasse-Verarbeitungsprozesse allgemein)
  - dezentrale Verarbeitung in kleinen Anlagen (Vorteil: kurze Wege, gute Ökobilanz)
  - dezentrale Verarbeitung zu Vorprodukt mit hoher Energiedichte, Transport zu zentraler Endverarbeitung
  - zentrale Verarbeitung in großen Anlagen (Vorteil: spezifisch preiswertere Anlagen)



Fotos: Pixabay

# Lizenz- und Quellenhinweise

**Folie 4:** Alles unter Pixabay-Lizenz <https://pixabay.com/service/terms/>

Strohballen groß von blende12; <https://pixabay.com/de/illustrations/stroh-strohballen-freigestellt-1659722/>

Strohballen klein von blende12; <https://pixabay.com/de/illustrations/stroh-strohballen-freigestellt-1674951/>

Tankstelle an offener Tür Pixabay Fritz\_the\_Cat; <https://pixabay.com/de/photos/zapfs%c3%a4ule-tankstelle-benzin-tanken-3731379/>

Reagenzglas: pixabay stux; <https://pixabay.com/de/photos/gl%c3%a4ser-bunt-fl%c3%bcigkeit-dekoration-653044/>

# ORCA.nrw

Technology  
Arts Sciences  
TH Köln

RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM

RUB

Hochschule  
Bonn-Rhein-Sieg

Hochschule Düsseldorf  
University of Applied Sciences  
HSD

iSEA  
Stromrichter-  
technik und  
Elektrische  
Antriebe

RWTH AACHEN  
UNIVERSITY

FH AACHEN  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:

DIGITALE  
HOCHSCHULE  
NRW

INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elementen. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>



a d a m