



## **Block 1: Abfallwirtschaft**

## **Klimavisionär:in Ausbildung Session 9**

## Themen der Ausbildung: Jede Session wird aus 2 Blöcken bestehen

- Session 1: Generelle Einordnung Klimaneutralität sowie Geschichte der Klimavision
- Session 2: Produkte der Klimavision sowie Generelles Konzept der Klimavision
- Session 3: Territoriale THG-Bilanzierung sowie Bilanz 2018 und Bilanz 203X
- Session 4: Industrie sowie Wärme
- Session 5: Private Haushalte sowie GHD
- Session 6: Verkehr sowie Kraftstoffe
- Session 7: Landwirtschaft
- Session 8: LULUCF sowie Strom
- **Session 9: Abfallwirtschaft**
- Session 10: THG-Budget sowie Finanzierung
- Session 11: Abschlussprüfung
- Session 12: Zielgruppenspezifische Kommunikation sowie Ausblick
- Session 13: FAQ aufbauen sowie Basis-Workshop aufbauen

Anwesenheitspflicht 10/13 Sessions

# Struktur der Klimavisionär:innen (Hauptexpert:in links)



## Strom



Daniel Seiffert Norbert Kubesch

## Gebäude (PH+GHD)



Wolfgang Teichert Alica Moni

## Landwirtschaft



Johannes Hofmann Tobias Berger

## THG-Bilanz



Vera Middendorf Leon Schomburg

## Wärme



Alica Moni Marius Wehinger

## Industrie



Norbert Kubesch Elias Singer

## LULUCF



Maraike Geißelhart Johannes Hofmann

## THG-Budget



Marius Wehinger Vera Middendorf

## Kraftstoffe



Elias Singer Daniel Seiffert

## Verkehr



Leon Schomburg Wolfgang Teichert

## Abfallwirtschaft



Tobias Berger Maraike Geißelhart

# Schaust du die WM in Katar?

## 5 Minuten Warmup in 4er Breakouts

# Highlight vom letzten Quiz zu Session 7

10. Beschreibe kurz, wie man die Maßnahmen in der LW den Konsument:innen attraktiv machen könnte

9 Responses

ID ↑	Name	Responses
1	anonymous	Erhöhung der Fleischpreise, Senkung der Obst und Gemüsepreise
2	anonymous	qualitativ besseres Fleisch und gesündere Ernährung
3	anonymous	Das Ziel ist einfach notwendig
4	anonymous	Änderung im Konsumverhalten
5	anonymous	-
6	anonymous	Gesund weniger Fleisch zu konsumieren
7	anonymous	In dem man ihnen beschreibt, wie schön eine klimaneutrale Zukunft sein kann.
8	anonymous	Realpreise für Fleisch berechnen
9	anonymous	Mehr Platz für Gemüse, weniger für Tiere.

Ohne groß Überlegen:

<https://forms.office.com/r/exi1ceM>

M6p

3 Minuten Quiz zu Session 8

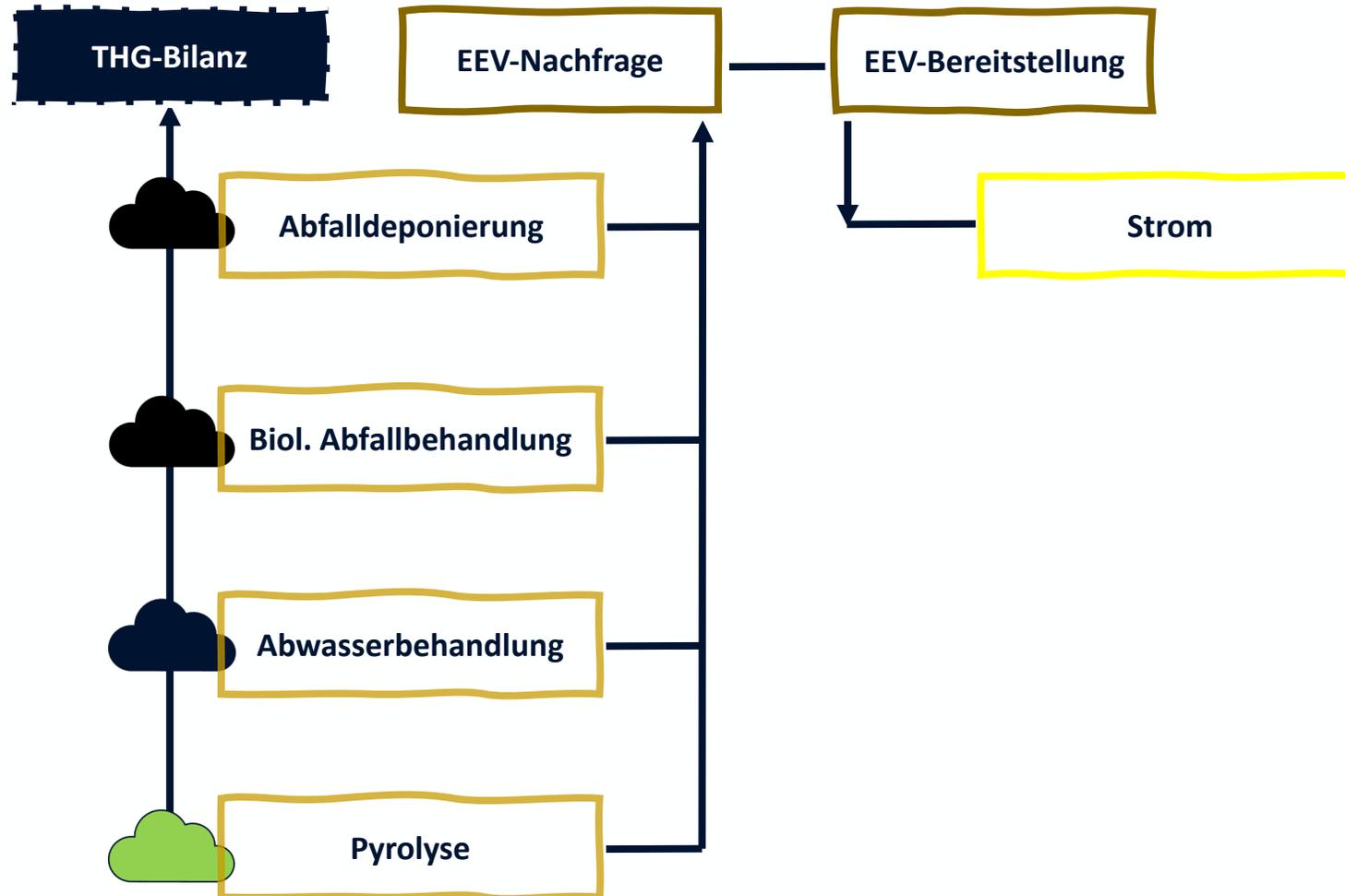


**Abfallwirtschaft  
Emissionen 2018:  
10 Mt CO<sub>2</sub>e pb**

Block 1



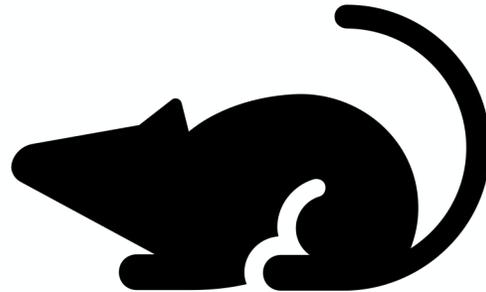
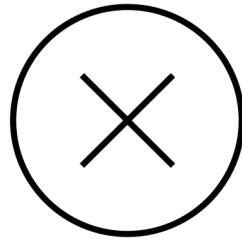
# Struktur Abfallwirtschaft



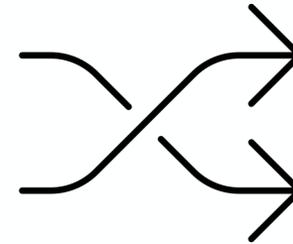
# Wie beginnen die Rechnungen in der Industrie?



Produktionsmengen und  
Endenergieverbrauch  
(nur Strom) 3.593.289 MWh



Kommunenfeine  
Einwohner:innenzahl  
**100.000**



Geschätzte Produktion  
**2.100 t Klärschlamm/a**  
und EEV Kommune  
**4.404 MWh/a**

# Beispiel Abwasserbehandlung Bilanz 2018

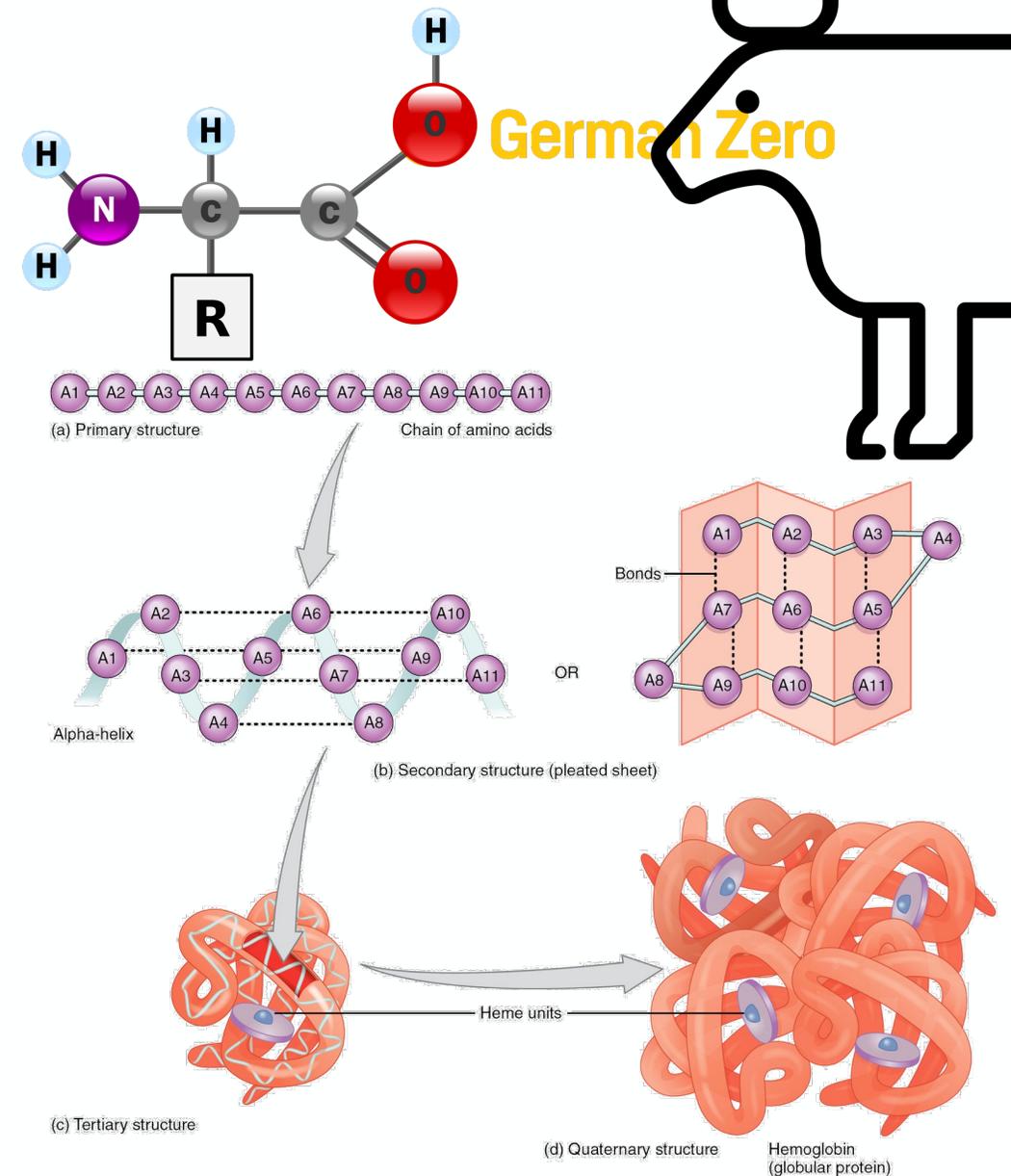
- Die kommunale jährliche Klärschlammproduktion (aus Abwassermenge) wird mit dem Faktor 0,021 t/Kopf errechnet, also **2.100 t/a**
- Der kommunale EEV (Strom) wird komplett der Abwasserbehandlung zugeschrieben, also **4.404 MWh/a**
- Die pb Emissionen werden mit dem Faktor 0,609 t CO<sub>2</sub>e/t errechnet, also **1.279 t CO<sub>2</sub>e/a**
- Die cb Emissionen werden mit dem Faktor 0,000 t CO<sub>2</sub>e/MWh errechnet, also **0 t CO<sub>2</sub>e/a**
- Die gesamten Emissionen betragen also **1.279 t CO<sub>2</sub>e/a**

# Beispiel Abwasserbehandlung Bilanz Zieljahr

- Die kommunale jährliche Abwassermenge verändert sich ggf. mit der Einwohner:innenzahl, außerdem halbiert sich die Anzahl der nicht an die Kanalisation angeschlossenen Personen (2018 0,7%), sodass die Abwassermenge um 0,352% steigt, ebenso die Klärschlammproduktion auf **2.107 t/a**
- Der kommunale EEV (Strom) der Abwasserbehandlung verändert sich proportional zu **4.420 MWh/a**
- Die pb Emissionen werden (dank verringerten Proteingehalts im Abwasser) mit dem Faktor 0,359 t CO<sub>2</sub>e/t errechnet, also **756 t CO<sub>2</sub>e/a**
- Die cb Emissionen werden mit dem Faktor 0,000 t CO<sub>2</sub>e/t errechnet, also **0 t CO<sub>2</sub>e/a**
- Die gesamten Emissionen betragen also **756 t CO<sub>2</sub>e/a (-40,9 %)**

# Beispiel Abwasserbehandlung Maßnahme, Investitionen und Personal

- Tierische Produkte enthalten Proteine, die aus Aminosäuren aufgebaut sind, die N enthalten, welches in Abwasserbehandlung zu  $N_2O$  wird
- RESCUE: „Der Fleischkonsum geht bis 2050 kontinuierlich zurück und orientiert sich ab 2050 an der Untergrenze der Empfehlungen der DGE (300 g / Woche)“ (heute 1.200 g / Woche) („Selbstversorgungsgrad in der Fleischproduktion auf 150 %“)
- RESCUE: „Die Treibhausgasemissionen der Kläranlagen werden durch die Ernährungsweise der Bevölkerung beeinflusst, so dass sich die szenarienspezifischen Annahmen hier widerspiegeln. Konkret führt die Reduzierung der Proteinzufuhr von heute 36 kg/E/a auf 23 kg/E/a in GreenSupreme zu sinkenden Emissionen von heute etwas über 2,2 Mio. t  $CO_2\ddot{A}q$  auf rund 1,3 Mio. t  $CO_2\ddot{A}q$  in 2050“
- Der Emissionsfaktor in der Abwasserbehandlung wird etwa um 41% gesenkt, ohne dass Klimaschutzbezogene Investitionen in den 9.100 Klärwerken vorgenommen werden müssen



Grundstruktur von  $\alpha$ -Aminosäuren (Rest R ist im Fall von Glycin ein H-Atom)

Photo Von Diese W3C-unbestimmte Vektorgrafik wurde mit Inkscape erstellt . - Eigenes Werk, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2551977>

Constituent amino-acids can be analyzed to predict secondary, tertiary and quaternary protein structure, in this case hemoglobin containing heme units

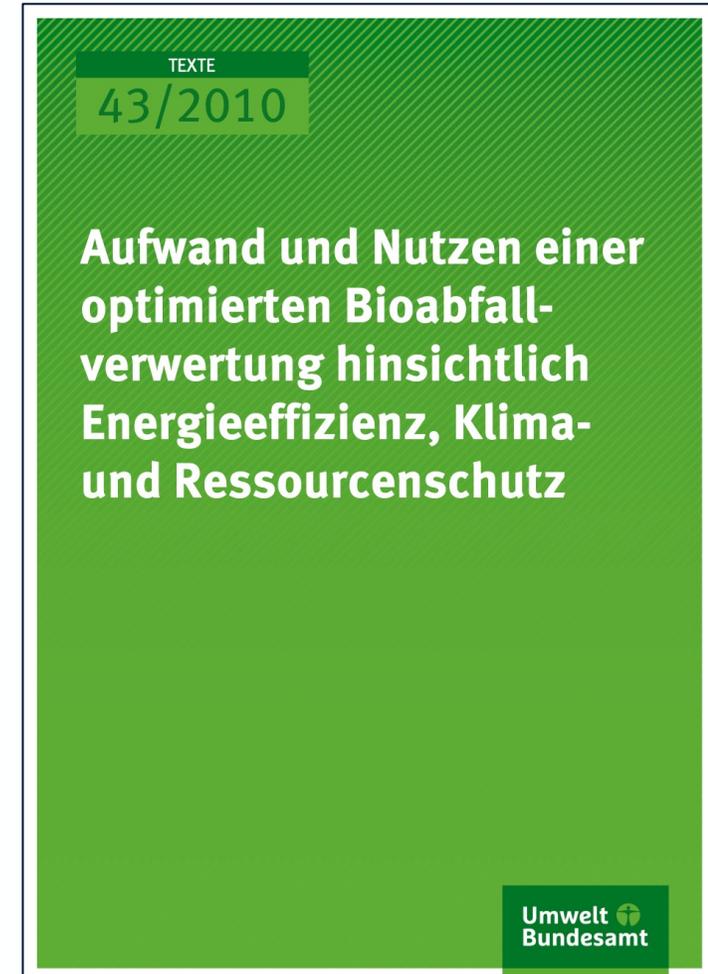
Photo By OpenStax College - Anatomy & Physiology, Connexions Web site. <http://cnx.org/content/col11496/1.6/>, Jun 19, 2013., CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=301311631tur>

# Bioabfallverwertung und Abwasserbehandlung Weitere wichtige Quellen



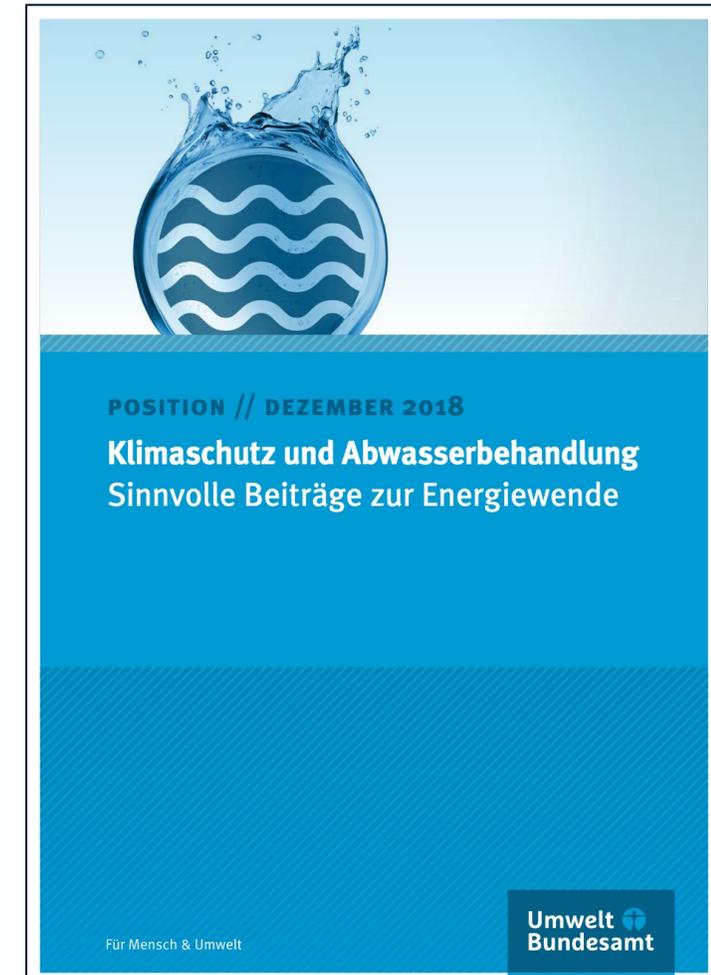
# Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz vom UBA (2010, 197 Seiten)

- Enthält rechtliche Rahmenbedingungen, Aufkommen und Verwertung, ökonomische und ökologische Bewertung sowie Vergleich der Verwertungsverfahren der biologischen Abfallbehandlung
- Genutzt für Zahl der Kompostierungsanlagen, die zusätzliche Vergärungsstufe erhalten



# Klimaschutz und Abwasserbehandlung Sinnvolle Beiträge zur Energiewende vom UBA (2018, 12 Seiten)

- Enthält Empfehlungen zur Nutzung von Klärgas aus der Abwasserbehandlung in Kläranlagen im Zuge der Dekarbonisierung des Energiesektors
- Genutzt für Aussage, dass keine zusätzlichen klimaschutzbezogenen Investitionen in Klärwerken vorgenommen werden müssen



# Abfallwirtschaft in 3 Subsektoren

Emissionen 2018:

10 Mt CO<sub>2</sub>e pb



# Abwasserbehandlung (CRF 5.D, Teil von AG EB Zeile 67 Spalte AD)

## pb Emissionen (1 Mt CO<sub>2</sub>e aus CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O):

- 5.D.1: Kommunale Abwasserbehandlung (1 Mt CO<sub>2</sub>e)
- 5.D.2: Industrielle Abwasserbehandlung (0,1 Mt CO<sub>2</sub>e)
- Abwasser wird mechanisch, chemisch, biologisch gereinigt und kommt wieder in Wasserkreislauf
- Entwässerung und Schlammstabilisierung: der Faulschlamm vergärt unter Produktion von Faulgas anaerob zu Klärschlamm, es entsteht CH<sub>4</sub>
- In Nitrifikations- und Denitrifikationsstufe entstehen Nitrat und molekularem Stickstoff, es entsteht N<sub>2</sub>O

## Maßnahmen:

- Reduzierung der Proteinzufuhr von heute 36 kg/E/a auf 23 kg/E/a und damit -41% Emissionsfaktor



Klärwerk Kiel-Bülk mit 380.000 Einwohnerwerten (EW),  
Photo Von Louis-F. Stahl, CC BY-SA 3.0 de,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20913394>

# Biologische Abfallbehandlung (CRF 5.B+5.E, AG EB -)

## pb Emissionen (1 Mt CO<sub>2</sub>e aus CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O):

- 5.B: Kompostierung und Vergärung (1 Mt CO<sub>2</sub>e)
- 5.E: Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) von Restabfall (0,1 Mt CO<sub>2</sub>e)
- Mikroorganismen zersetzen biologische Abfälle zu Kompost, es entsteht CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O
- Bioabfälle werden in Biogasanlagen zu Biogas vergoren, es entsteht CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O

## Maßnahmen:

- Vergärungsstufe in Kompostierungsanlage und damit -30% Emissionsfaktor



Gelände mit Deponie und Kompostieranlage der Entsorgungswirtschaft Soest an der Scheidinger Straße 41 in Werl. Photo By Michael Kramer - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33786875>

# Abfalldeponierung (CRF 5.A, AG EB -)

## pb Emissionen (8 Mt CO<sub>2</sub>e aus CH<sub>4</sub>):

- Siedlungsabfälle inkl. Biomüll wurden früher deponiert, aus Biomüll entsteht Deponiegas
- seit 1990 strengere Regeln, seit 2005 ist es verboten, unbehandelte Bioabfälle auf einer Mülldeponie zu entsorgen
- Heutige Emissionen stammen aus abklingender Deponiegasbildung früherer Biomüllablagerungen

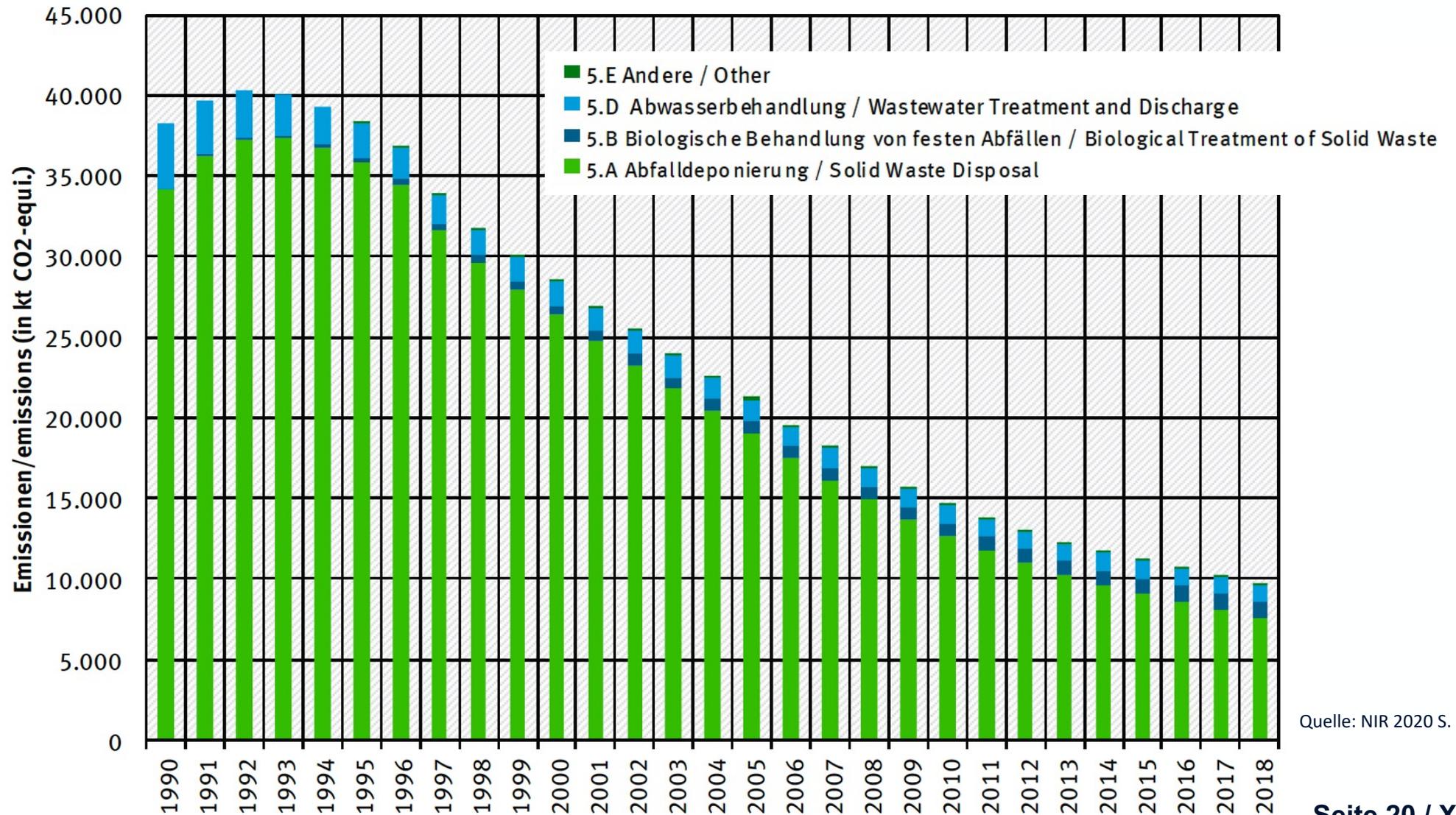
## Maßnahmen:

- Keine, Emissionen werden sich auf niedrigem Niveau einpendeln (0,7 Mt CO<sub>2</sub>e 2050), Zerfallszeit 12,82 y (auf 1/e, Trend seit 2005)



Luftaufnahme der Sondermülldeponie für Abfälle der Klasse 3 im bayerischen Raindorf bei Fürth (2020), Photo Von HaSe - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=89131123>

# Abfalldeponierung: -78% CO<sub>2</sub>e seit 1990



Quelle: NIR 2020 S. 699

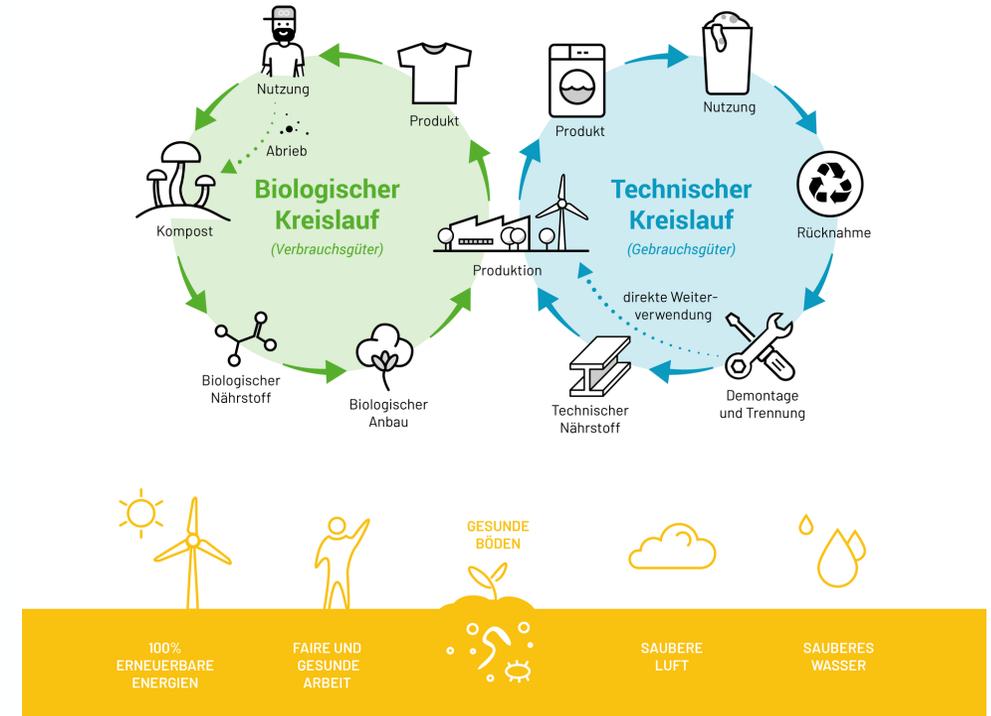
# Kreislaufwirtschaft und Pyrolyse als Backup zur Erreichung der netto 0 Zukunftsbild der Abfallwirtschaft

# Konsum der Zukunft: Nachhaltigkeit und lange Nutzbarkeit statt geplanter Obsoleszenz

- Kreislaufwirtschaft: Alle Produkte sind nach dem cradle-to-cradle-Prinzip konzipiert und lassen sich am Ende komplett trennen
- Abfall wird getrennt recycelt, nur noch biogene Reststoffe werden energetisch genutzt in Biogas- oder Pyrolyseanlagen
- Menge des Siedlungsabfalls sinkt von 50,3 Mt (2018) auf 3,7 Mt (2050 laut RESCUE)
- „Für das Jahr 2050 wird dagegen unterstellt, dass durch den Ersatz fossiler Stoffe in der nichtenergetischen Nutzung die Müllverbrennung CO<sub>2</sub>-neutral ist.“ = Rohstoffe in chemischer Industrie müssen synthetisch hergestellt werden, daher in KV keine Müllverbrennung mehr

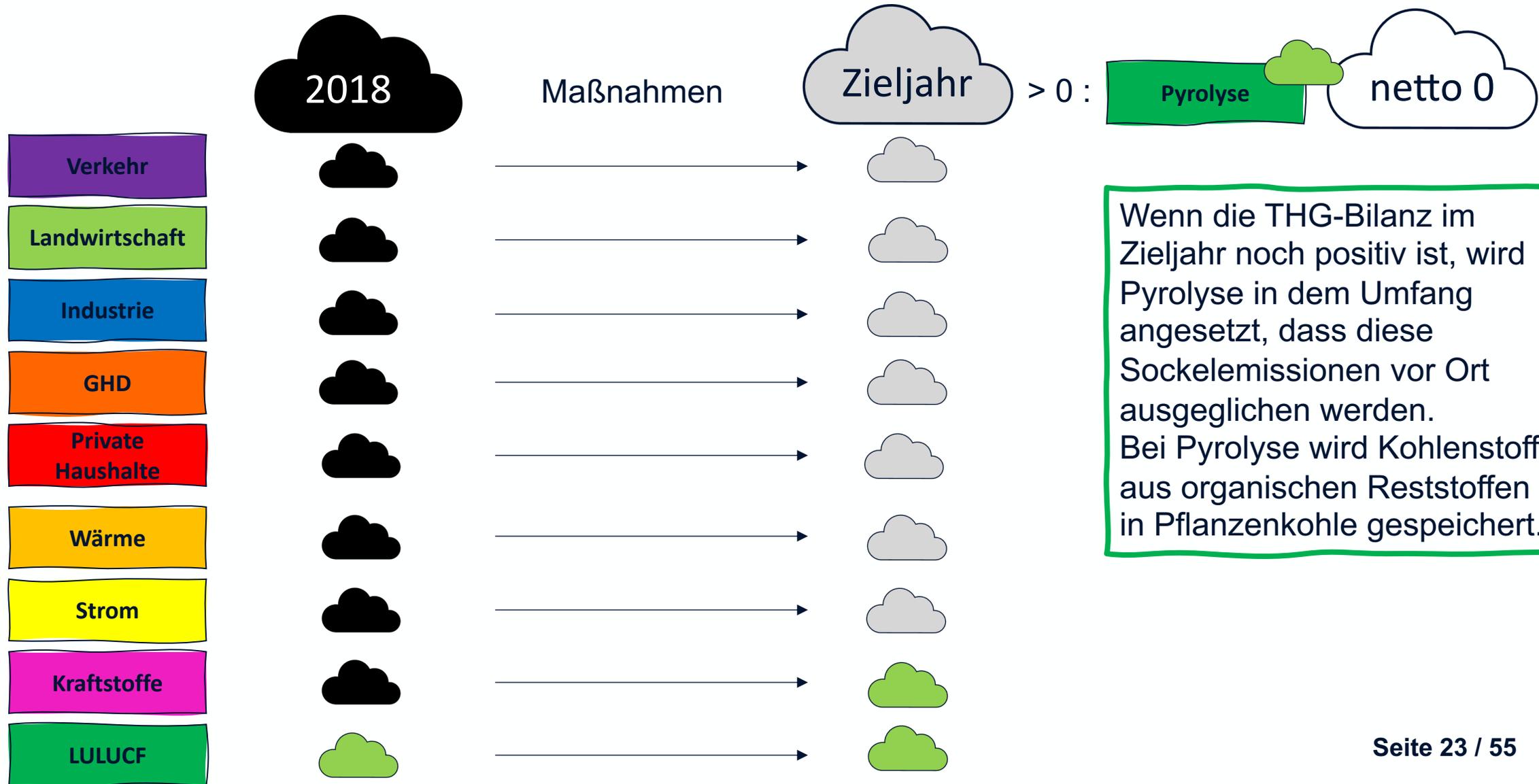
## CRADLE TO CRADLE

nach Prof. Michael Braungart und Prof. William McDonough



CRADLE TO CRADLE - Funktionsprinzip nach Braungart und McDonough, Photo Von Felix Jörg Müller - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=121594742>

# Wie erreichen wir das Klimaneutralitätsszenario?



Wenn die THG-Bilanz im Zieljahr noch positiv ist, wird Pyrolyse in dem Umfang angesetzt, dass diese Sockelemissionen vor Ort ausgeglichen werden. Bei Pyrolyse wird Kohlenstoff aus organischen Reststoffen in Pflanzenkohle gespeichert.

# Zukünftiger Subsektor: Pyrolyse (CRF -, AG EB -)

## pb Emissionen (-2,328 t CO<sub>2</sub>/t Pflanzenkohle):

- Pyrolyse ist ein technischer Prozess, bei dem konfektionierte (z.B. kleingehackte) Biomasse (Biomüll, Grünschnitt, Klärschlamm) unter Sauerstoffausschluss bei hohen Temperaturen verkohlt statt verbrannt wird.
- Ein großer Teil des enthaltenen Kohlenstoffs der Ausgangs-Biomasse wird so nicht wie bei der natürlichen Verrottung wieder als CO<sub>2</sub> freigesetzt, sondern als Pflanzenkohle (PK) konserviert.
- Bei der Produktion einer Tonne Pflanzenkohle mit einem C-Gehalt von 65% wird CO<sub>2</sub> mit dem CO<sub>2</sub>-zu-C Faktor 42/12 eingespeichert und gilt als Senke (vgl. Biomasse)

## Maßnahmen:

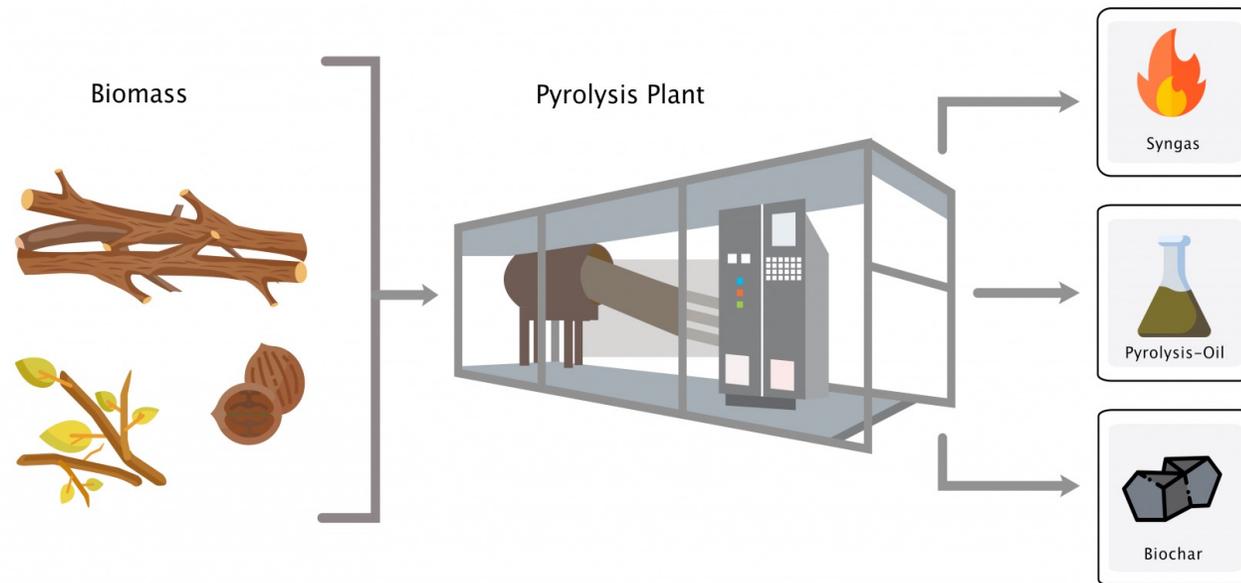
- Aufbau von Pyrolyseanlagen durch Abfallbetriebe im Umfang der auszugleichenden Sockelemissionen



Erste Pyrolyse-Anlage in Schweden bei Abfallentsorger NSR in Helsingborg  
produziert 1.500 t/a Pflanzenkohle und vermeidet 3.500 t CO<sub>2</sub>/a,  
Photo By Hauke Schmüling

# Zukünftiger Subsektor: Pyrolyse (CRF -, AG EB -)

**Pyrolyse ist ein technischer Prozess zur Produktion von Pflanzenkohle.**



Photos by [The European Biochar Industry Consortium](#)

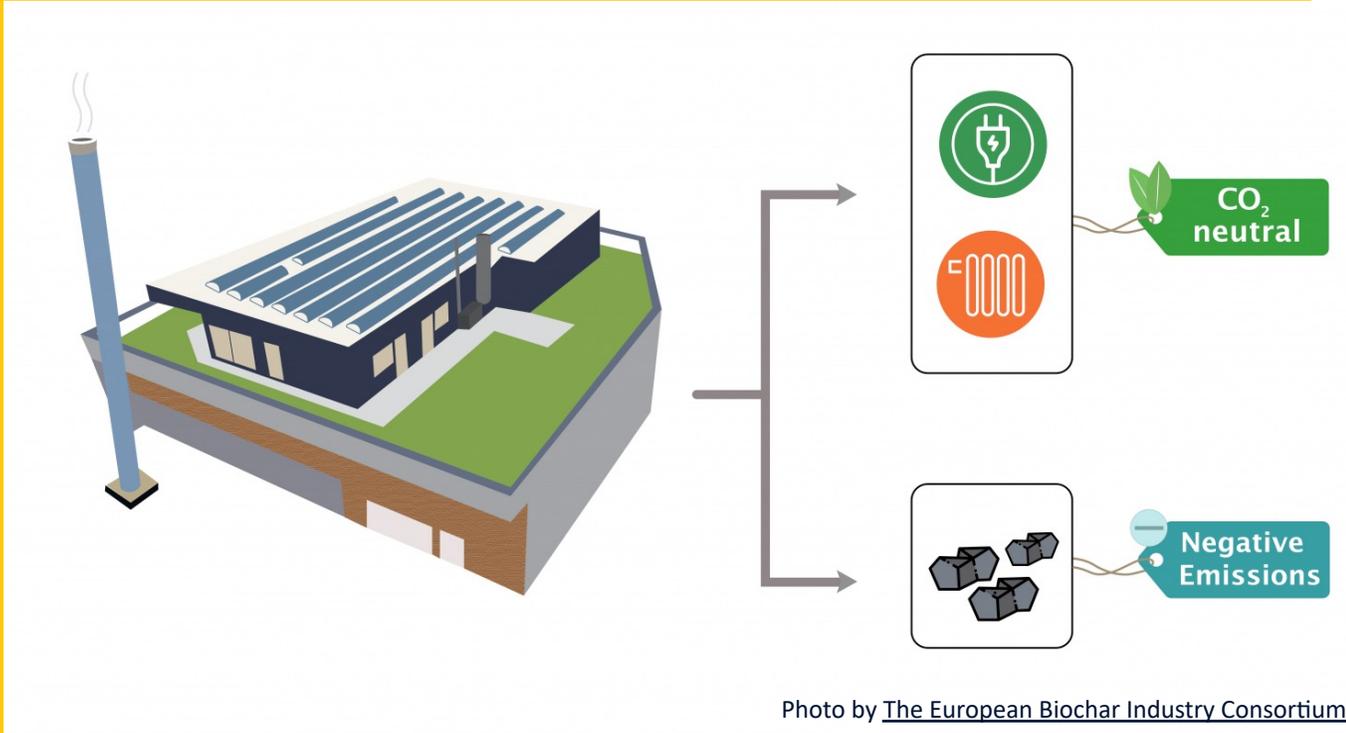
Biomasse wird strombasiert bei hohen Temperaturen in einer Metallschnecke verkohlt und zu Pflanzenkohle umgewandelt.



Pflanzenkohle ist ein begehrtes Produkt im Gartenbau, Bauindustrie, Landwirtschaft und anderen Bereichen.

# Zukünftiger Subsektor: Pyrolyse (CRF -, AG EB -)

**Pyrolyse-Gas und -Öl werden in Strom und Wärme umgewandelt.**



**Holzverstromungsanlage Diemelstadt**

Klimaschutz: Restholz im Holzvergaser zu Strom, Wärme und Dünger machen,  
Photo By <https://www.diemelstadt.de/aktuelles/2021/klimaschutz-restholz-im-holzvergaser-zu-strom-waerme-und-duenger-machen/>

**CO<sub>2</sub>-Senke: Kohlenstoff aus Biomasse, die sonst kompostiert oder verbrannt wird, wird langfristig als Pflanzenkohle gespeichert.  
Wirtschaftlich: Pflanzenkohle bringt >200€/t plus CO<sub>2</sub>-Zertifikate.**

**Recherchiert, wie viele  
Müllverbrennungsanlagen und  
Pyrolyseanlagen es in Deutschland  
gibt.**

**5 Minuten in 2er Breakouts**



**German Zero**

**Fragen?**

Block 1



# Klausur und Klassenfahrt: Fragen?

5 Minuten Puffer

Super, du wirst Klimavisionär:in!  
Feedback zur neunten Session?

Danke und schönen Abend 😊

Hauke Schmülling, Projektmanager LocalZero