

# „Wie viel CO<sub>2</sub> ist vermeidbar?“

Frank Uhlig

TU Graz  
Institut für Anorganische Chemie

## Der Einfluss des Menschen auf den Kohlenstoffkreislauf

—

### Wie viel CO<sub>2</sub> verträgt unsere Atmosphäre?

Ausgewählte plakative Beispiele.....

.....ohne tieferen chemischen Hintergrund.....

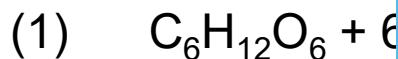
.....also, Fürchtet Euch Nicht.....

## Die Atmung - 1

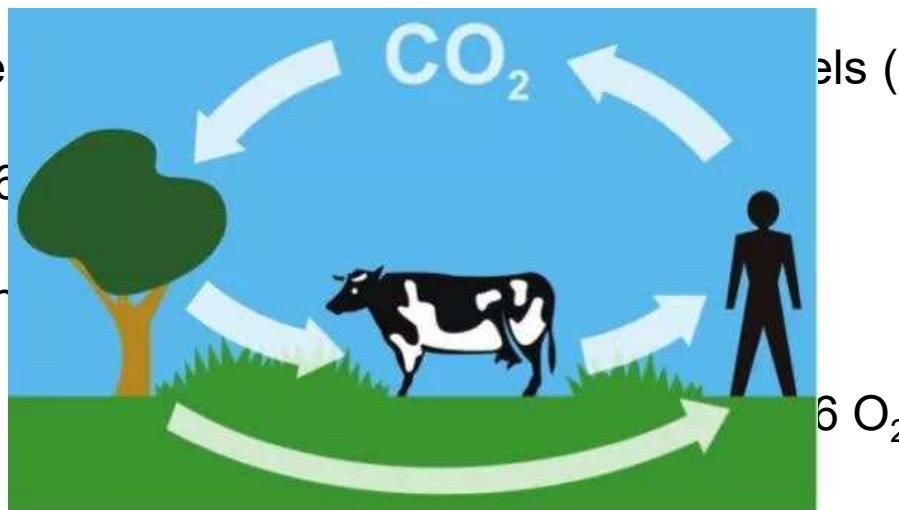
Jedes Schulkind weiß: Beim Einatmen nehmen wir Sauerstoff auf, und beim Ausatmen geben wir Kohlendioxid ab. Aus dieser schlichten Tatsache lässt sich aber nicht ableiten, dass wir mit unserer Atmung zur menschgemachten Erderwärmung beitragen. Denn das Kohlendioxid in der (Aus-)Atemluft ist bloß ein kleiner Teil im großen Kohlenstoffkreislauf der Erde.

Herzstück des me

els (Beispiel Glycose):



Das Gegenstück h



## Die Atmung - 2

„Aus dieser schlichten Tatsache lässt sich aber nicht ableiten, dass wir mit unserer Atmung zur menschgemachten Erderwärmung beitragen.“

Ist die Atmung also unschuldig?????????

Es wird Energie benötigt, diese resultiert aus Nahrung!

Wo kommt diese her? Was wird dafür benötigt?

- Düngung
- Tierhaltung
- Transport

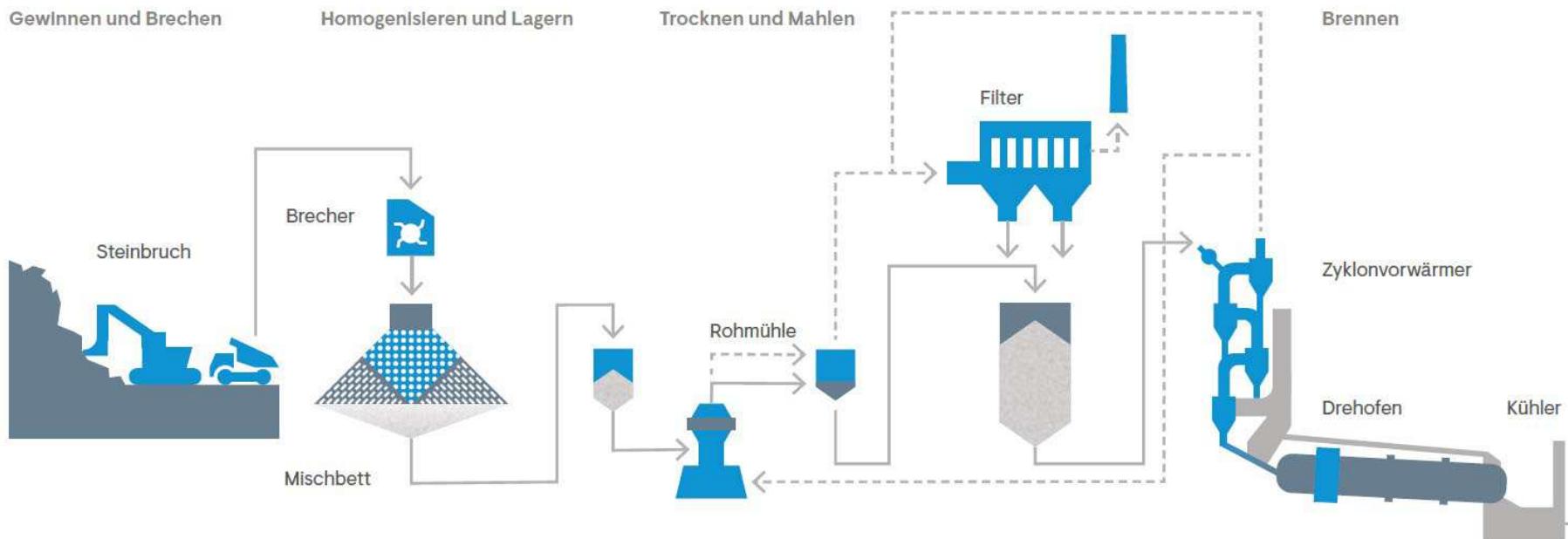
Funktioniert rein biologische Landwirtschaft für > 8 Mrd. Menschen ?

## Baustoffe - 1

# Zement, Klinker,.... “Klimakiller Zement” ?

### Rohstoffe

H. Böll Stiftung



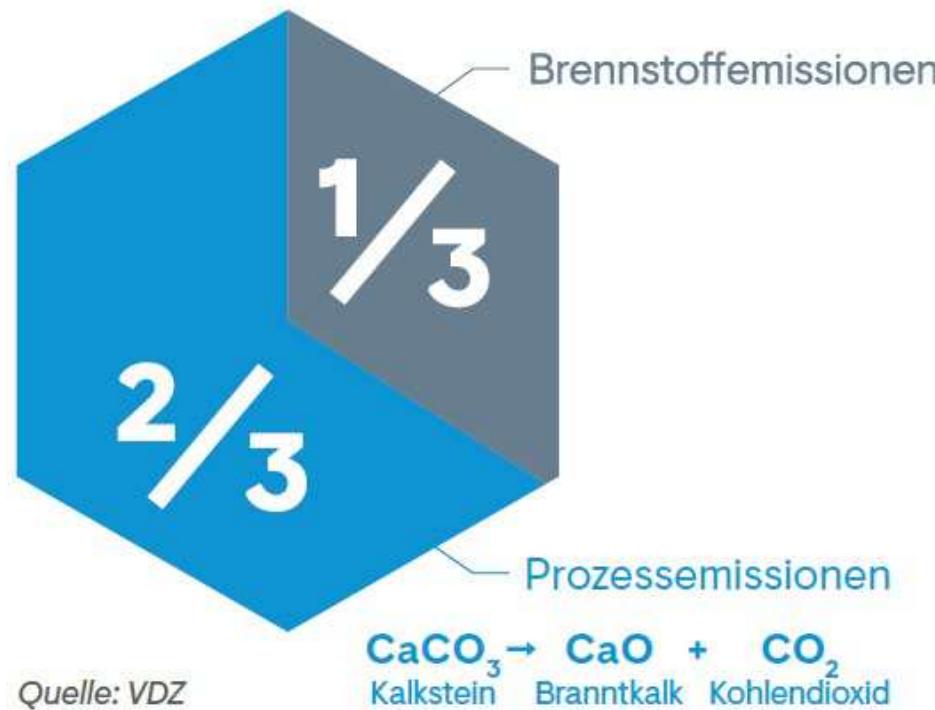
Schematischer Prozess der Zementherstellung

Führt zu 6 bis 9% der weltweiten CO<sub>2</sub> Emissionen!

Quelle: VDZ „Eine Roadmap für die deutsche Zementindustrie (2019)“

# Baustoffe - 1

## Zement, Klinker,.... “Klimakiller Zement” ?



Prozesstemperaturen: Flammentemperaturen von rund 2.000 Grad Celsius und Materialtemperaturen von 1.450 Grad Celsius

## Baustoffe - 2

### Zement, Zementklinker,....

Beim Brennprozess im Drehrohrofen wird nach dem Calcinieren des Kalks (CaCO<sub>3</sub>) zu Calciumoxid CO<sub>2</sub> freigesetzt.

Calcinierung:



Plus Mineralien, die für die besonderen Eigenschaften von Zement von Bedeutung sind (Ferrite, Aluminate, Silikate).

Beim Aushärten von Zement mit Wasser (Hydratation) wachsen einerseits Calciumsilicathydrat-Fasern, kurz CSH oder C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>H<sub>3</sub> (3 CaO · 2 SiO<sub>2</sub> · 3 H<sub>2</sub>O) und andererseits bildet sich Portlandit, kurz CH (**Ca(OH)<sub>2</sub>**), der dem Endprodukt eine hohe Alkalität mit einem pH-Wert von 12–14 verleiht.

## Baustoffe - 3

# Zement, Klinker,.... eine Simplifizierung

Beim Brennprozess im Drehrohrofen wird nach dem Calcinieren des Kalks (CaCO<sub>3</sub>) zu Calciumoxid CO<sub>2</sub> freigesetzt.

Calcinierung:



Plus Mineralien, die für die besonderen Eigenschaften von Zement von Bedeutung sind (Ferrite, Aluminate, Silikate).

Carbonatisierung ist die chemische Umwandlung der alkalischen Bestandteile des Zementsteines durch CO<sub>2</sub> in Calciumcarbonat.<sup>[1]</sup>

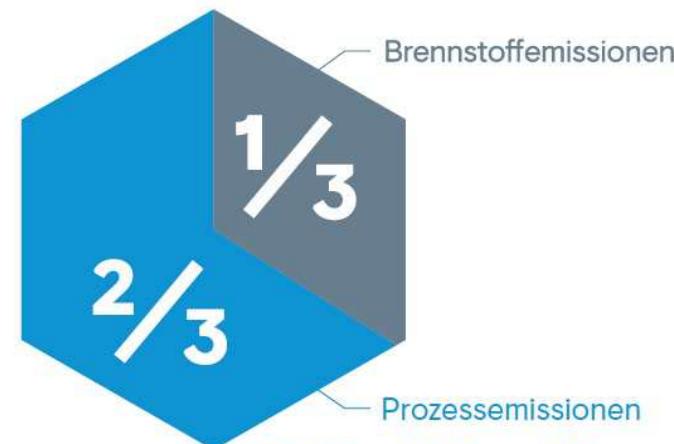
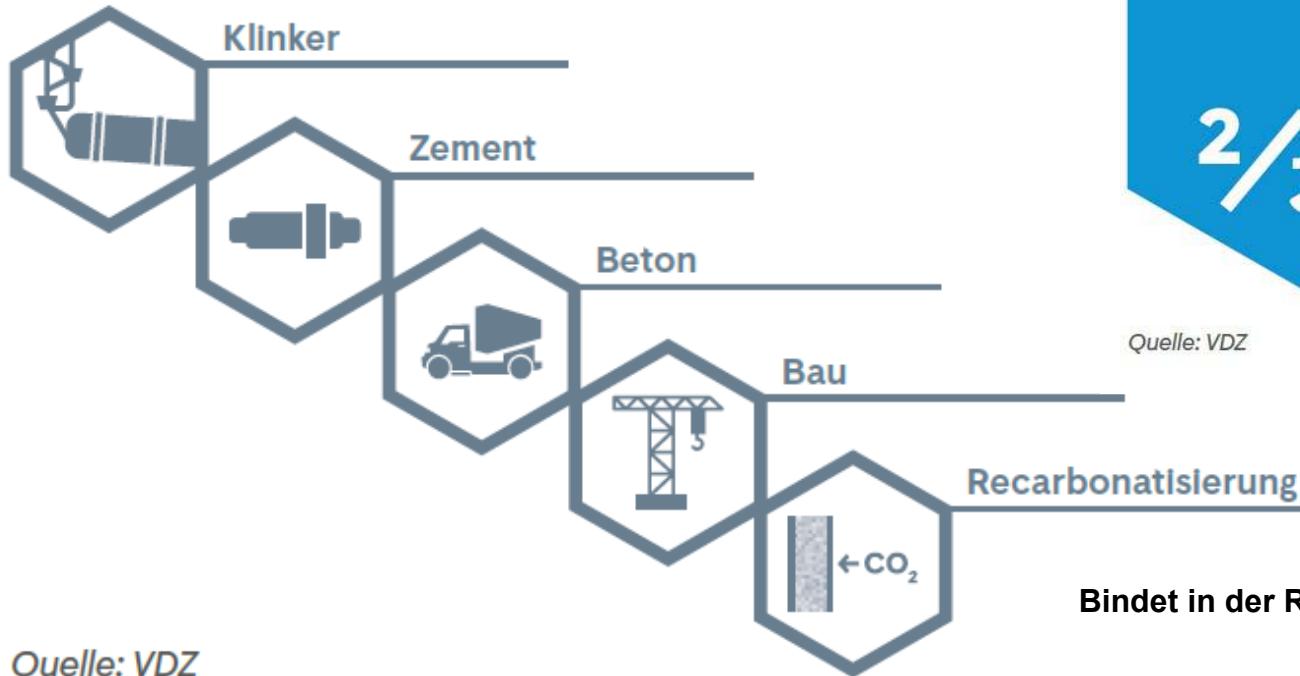
Carbonatisierung des Zementsteins:



[1] Roland Benedix: *Bauchemie*. Vieweg & Teubner Verlag, 2009, ISBN 978-3-8348-9549-3

## Baustoffe - 4

# Zement, Zementklinker,....



Quelle: VDZ



Bindet in der Regel 20-23% des CO<sub>2</sub>

Quelle: VDZ

## Baustoffe - 5

# Zement, Zementklinker,....

Strategien zur Vermeidung betreffen hauptsächlich den Teil Brennstoffemissionen.

Verringerung der Zementklinkeranteils und damit des gebrannten CaO.

Carbon Capture, Carbon Storage? Ja, aber zu welchem Preis?

CO<sub>2</sub> als Rohstoff in der Chemie?

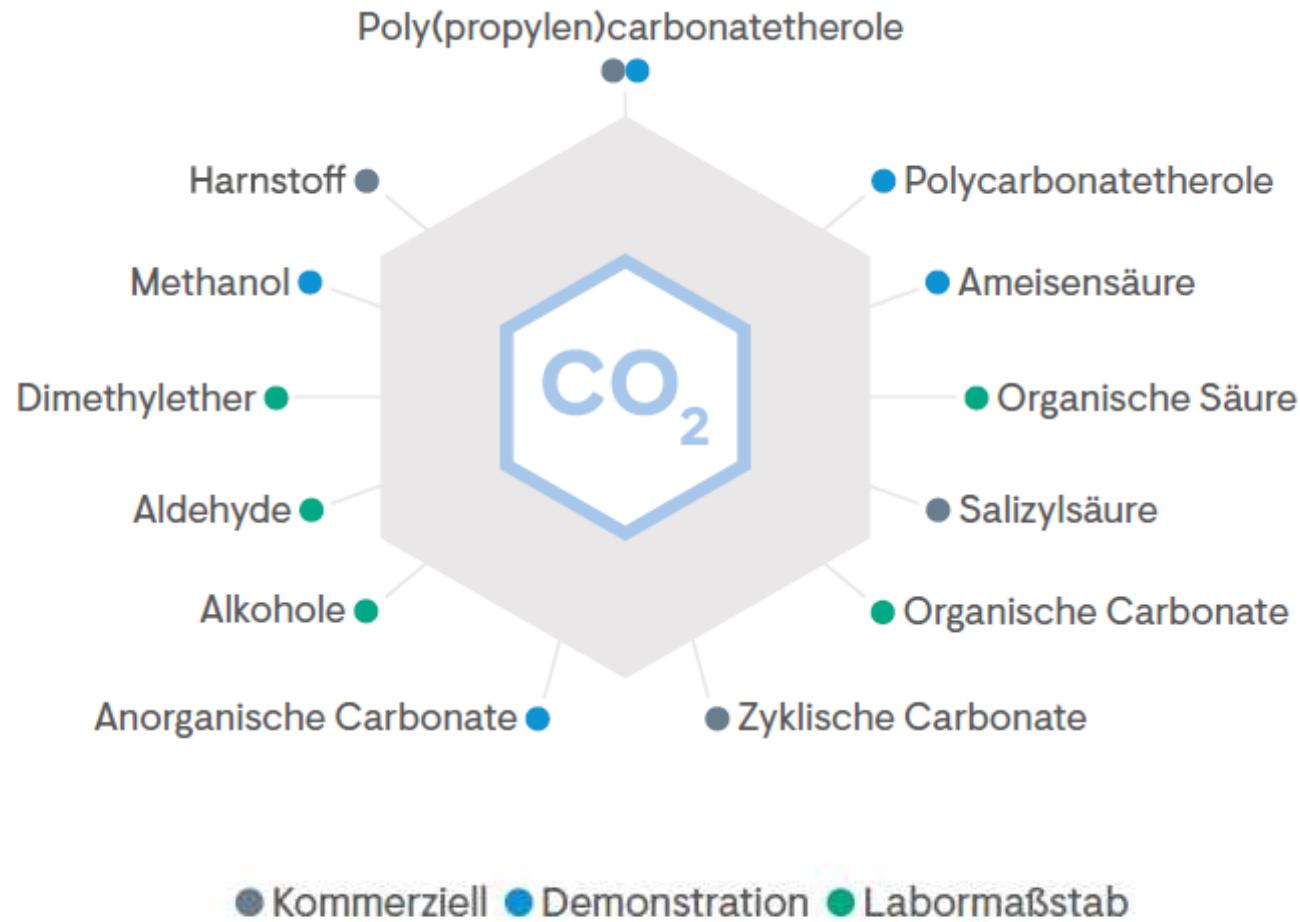
*Basischemikalien, synthetische Brenn- und Kraftstoffe*

Eine katalytische Umsetzung von CO<sub>2</sub> mit Wasserstoff zu Basischemikalien oder CO<sub>2</sub>-neutralen Brenn- bzw. Kraftstoffen ist durch die Methanol- oder die Fischer-Tropsch-Synthese möglich.

Die Verfahren sind unter den Begriffen „Power-to-gas“ (z.B. Methansynthese) und „Power-to-liquids“ (z. B. Methanol oder Kraftstoffen) bekannt.

**Teilweise schon verfügbar oder werden es absehbar bis 2030 sein.....**

# CO<sub>2</sub> als Rohstoff in der Chemie?



# „Wie viel CO<sub>2</sub> ist vermeidbar?“

Es geht uns alle an!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!