

BKV-SYMPOSIUM 08.11.23“

# Kreislaufführung Kohlenstoff zur Rohstoffversorgung der Chemieindustrie

mimadeo/stock.adobe.com

**Dr. Jörg Rothermel**  
8. November 2023

# Warum Kreislaufwirtschaft/Zirkuläre Wirtschaft (von Kohlenstoff) in der Chemie?

## ◆ Historisch ausschließlich Ressourcenschonung

- ◆ Insbesondere wichtig in der Chemie, als einzige Industrie die auf endlichen kohlenstoffhaltigen Ressourcen (Erdöl, Erdgas) aufbaut
- ◆ Ressourcenschonungsargument bleibt aber „Endlichkeit“ ist vor dem Hintergrund des Ausstiegs aus der fossilen Energieerzeugung heute kein zwingendes Argument mehr

## ◆ Verhinderung des Austrags von Plastik in der Umwelt bzw. Rückführung aus der Umwelt

- ◆ Zwischenzeitlich extrem hoher Anteil an Kunststoffen in der Umwelt vor allem in den Meeren
- ◆ Hinzu kommt das daraus entstehende und in die Nahrungskette gehende Mikroplastik

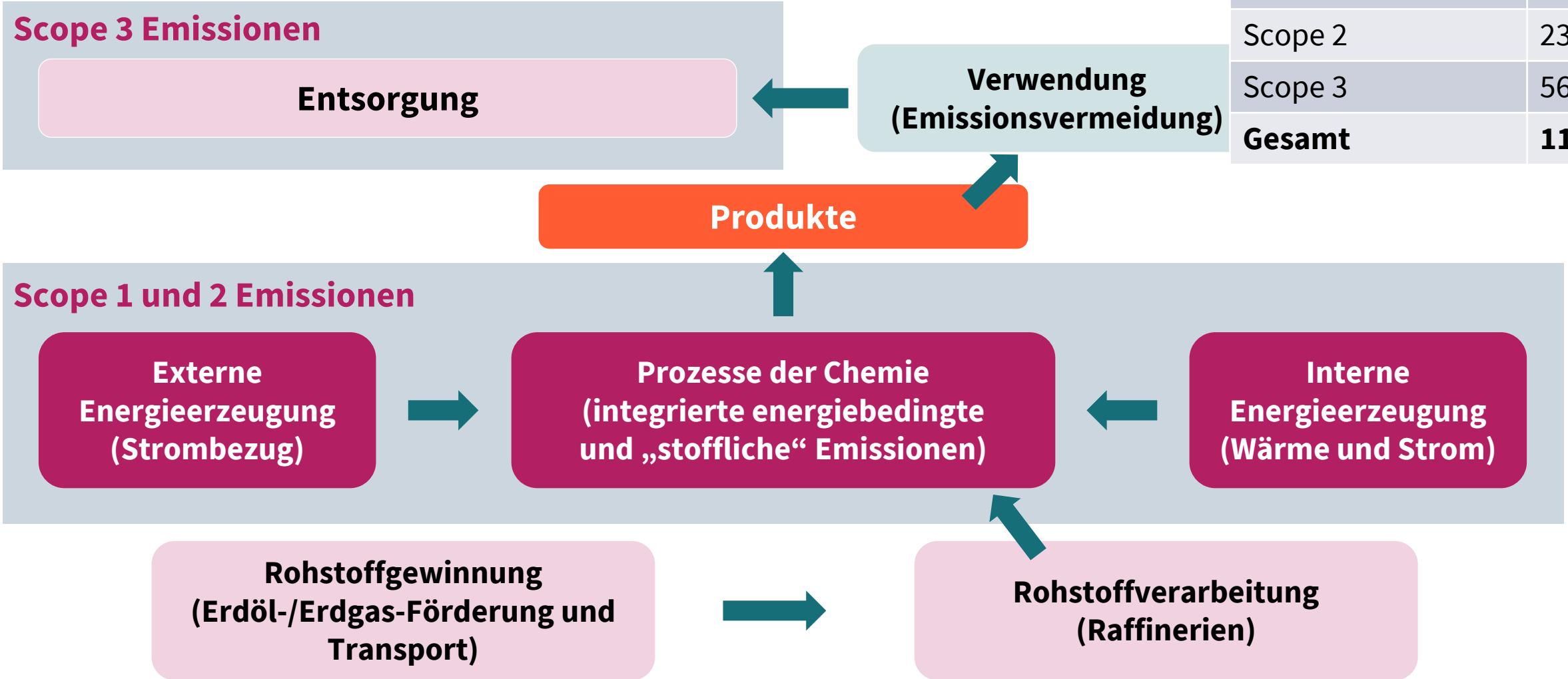
## ◆ Klimaschutz

- ◆ Chemische Industrie ist die einzige Industrie mit „organischen“ Produkten, d.h. auf Kohlenstoff basierenden Produkten
- ◆ Dieser Kohlenstoff geht am Ende der Produktlebenszeit in Form des Treibhausgases CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre

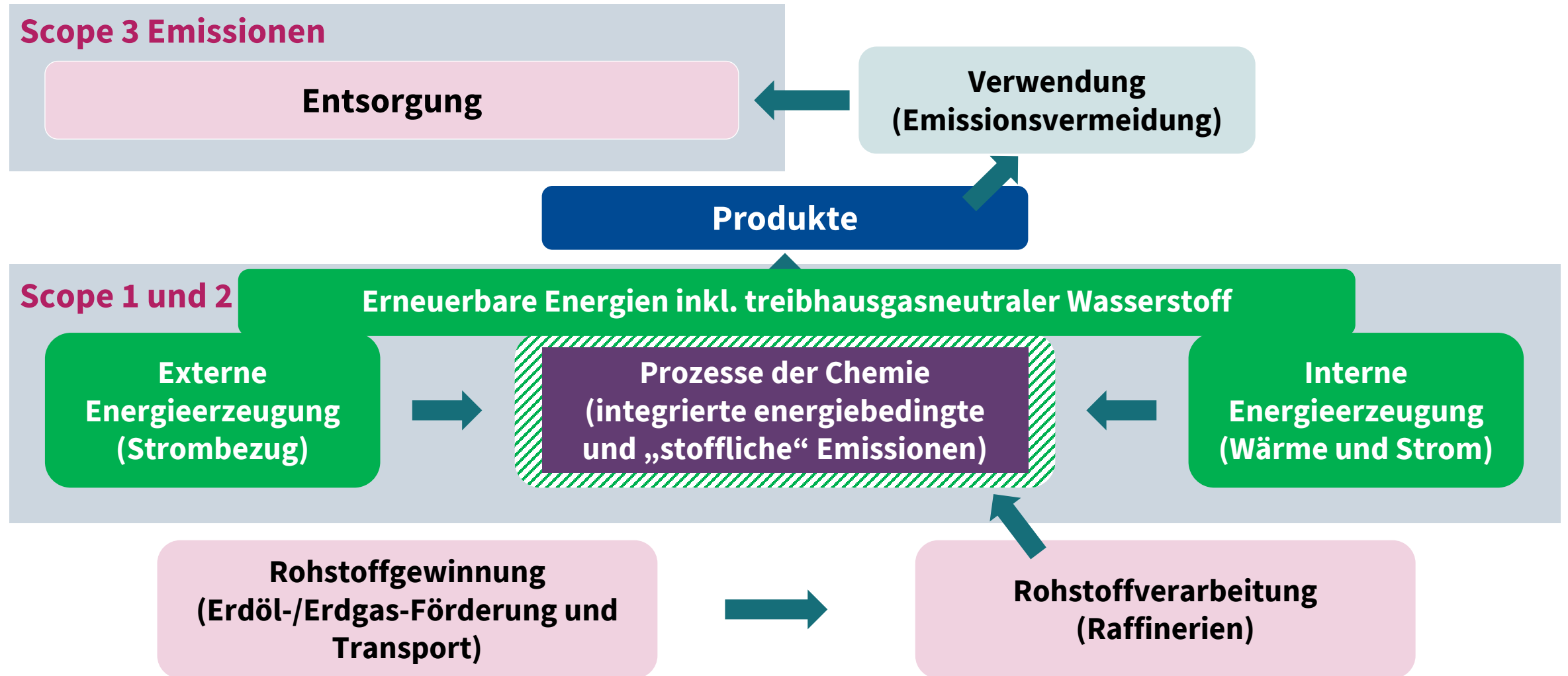


# Wo treten Emissionen auf?

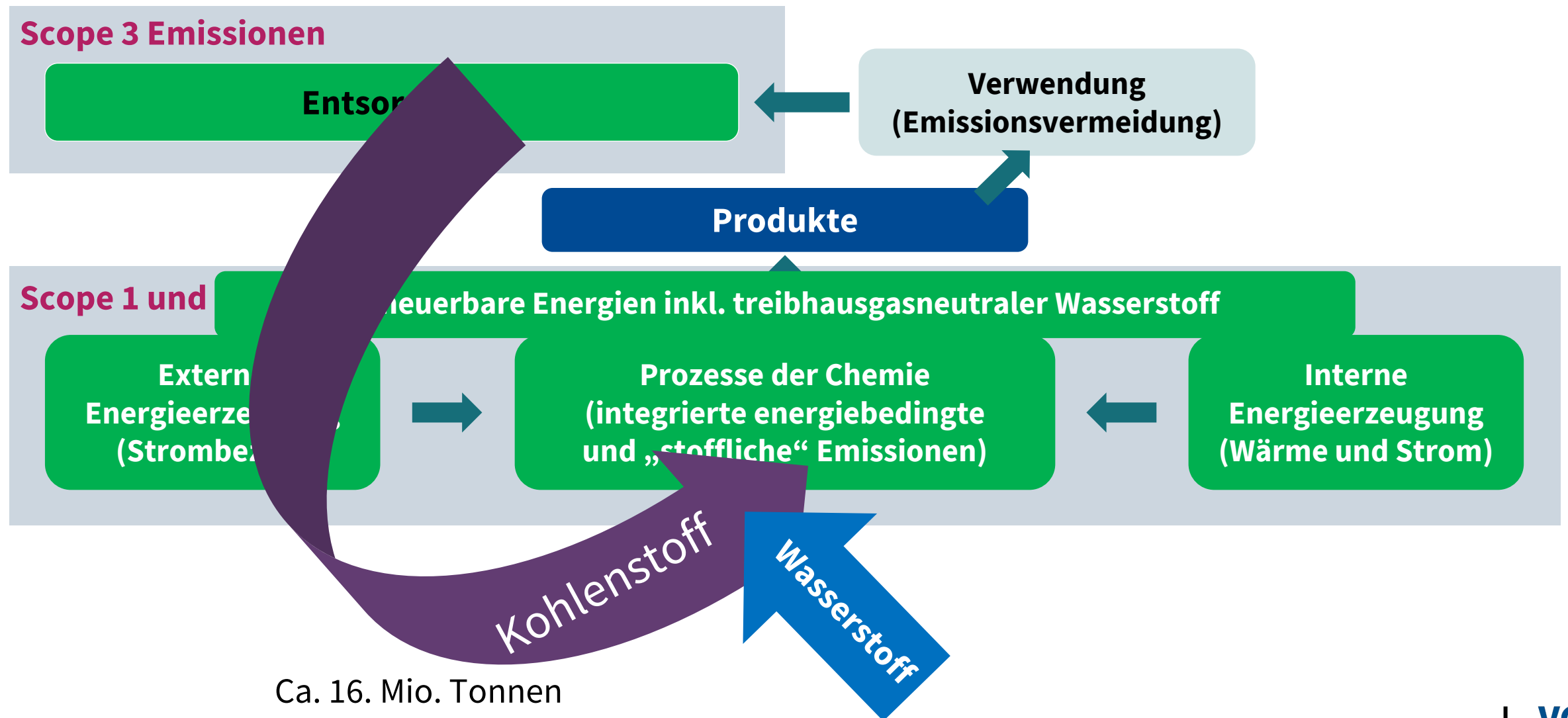
THG-Emissionen (in Mio. t CO <sub>2</sub> -äq/a)	2020
Scope 1	32,9
Scope 2	23,4
Scope 3	56,5
<b>Gesamt</b>	<b>112,8</b>



# Dekarbonisierung der Energieversorgung



# Kohlenstoffkreisläufe im weitesten Sinne





# Kohlenstoffkreislaufführung löst viele Probleme

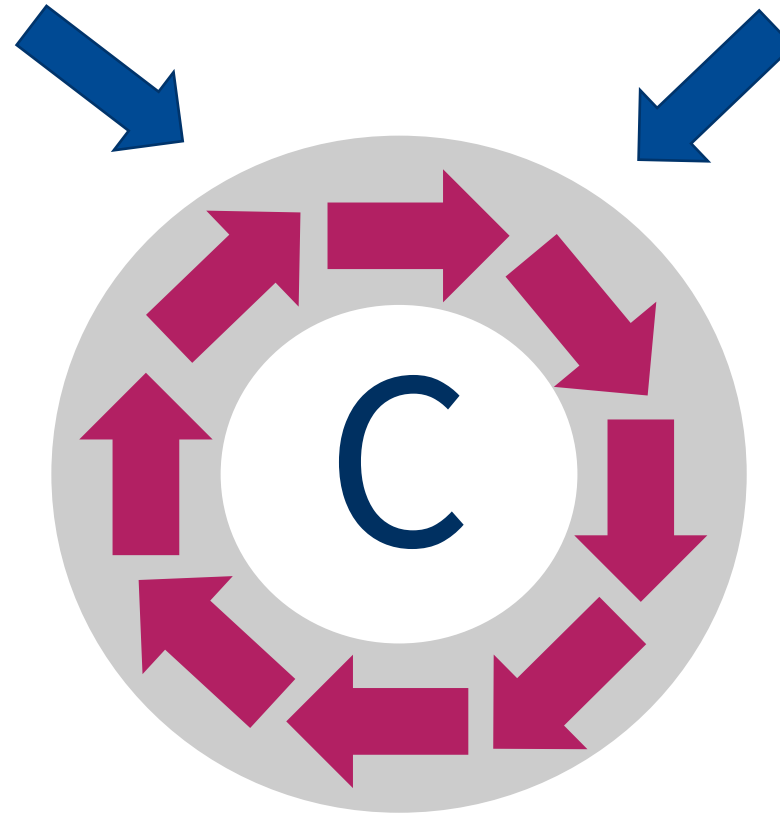
## Zirkuläre Wirtschaft

Forderung nach  
Zirkulärem  
Wirtschaften



## Klimaschutz

Forderung nach  
Treibhausgas-  
neutralität



CO<sub>2</sub> als Rohstoff (CCU) als ein zentrales Element

# Emissionen in der Chemie

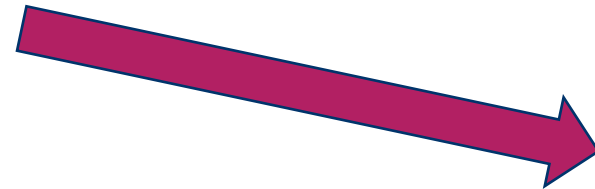
# Minderungsoptionen

Energie-/Prozesswärme-  
bereitstellung  
Erdgas und Strom



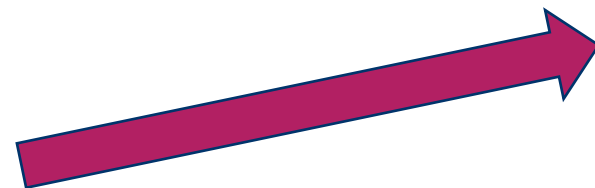
Dekarbonisierung  
Einsatz  
Erneuerbarer  
Energien

Prozessemissionen aus dem  
Kohlenstoff der Rohstoffe

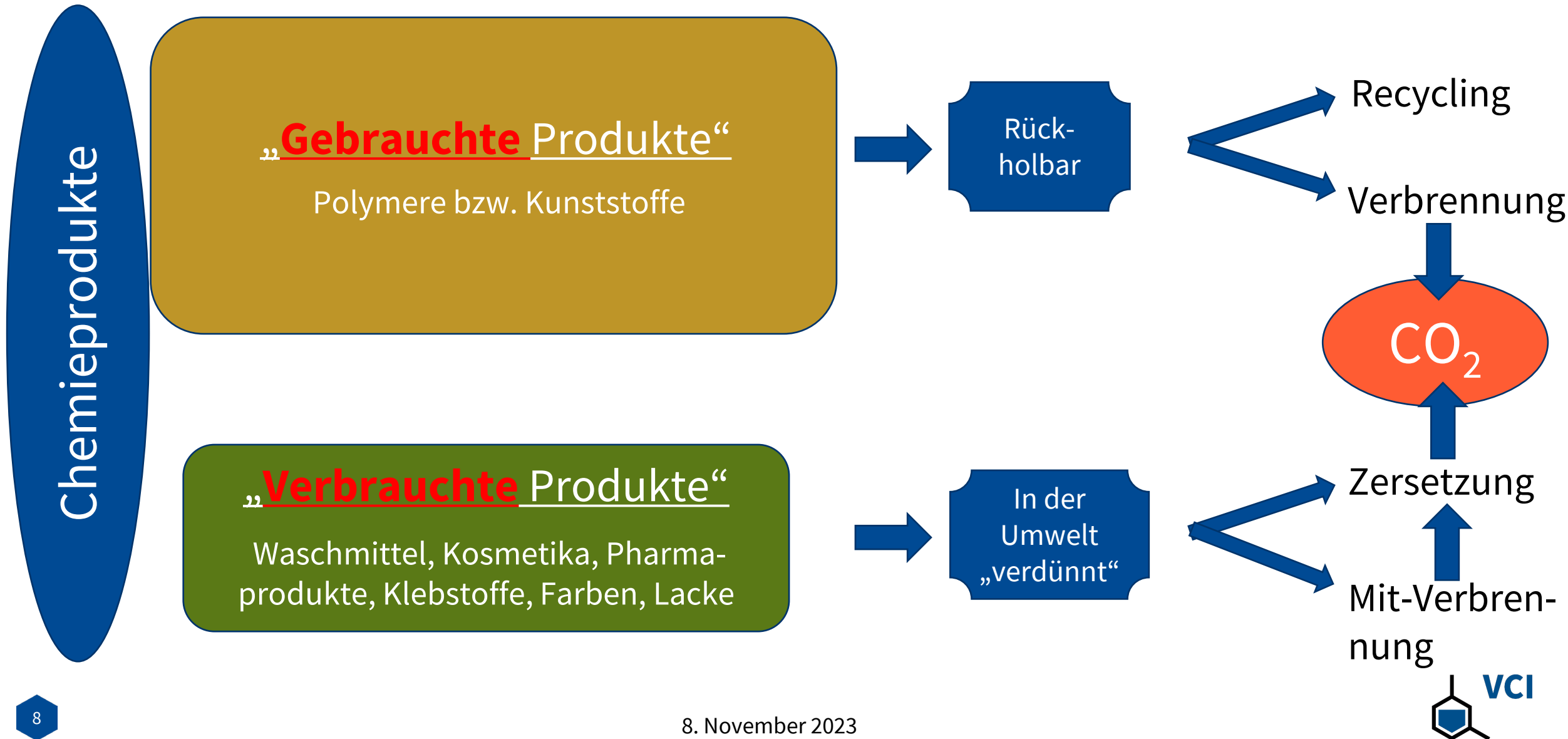


Kohlenstoff-  
Kreislaufwirtschaft

Emissionen aus dem  
Kohlenstoff der Produkte

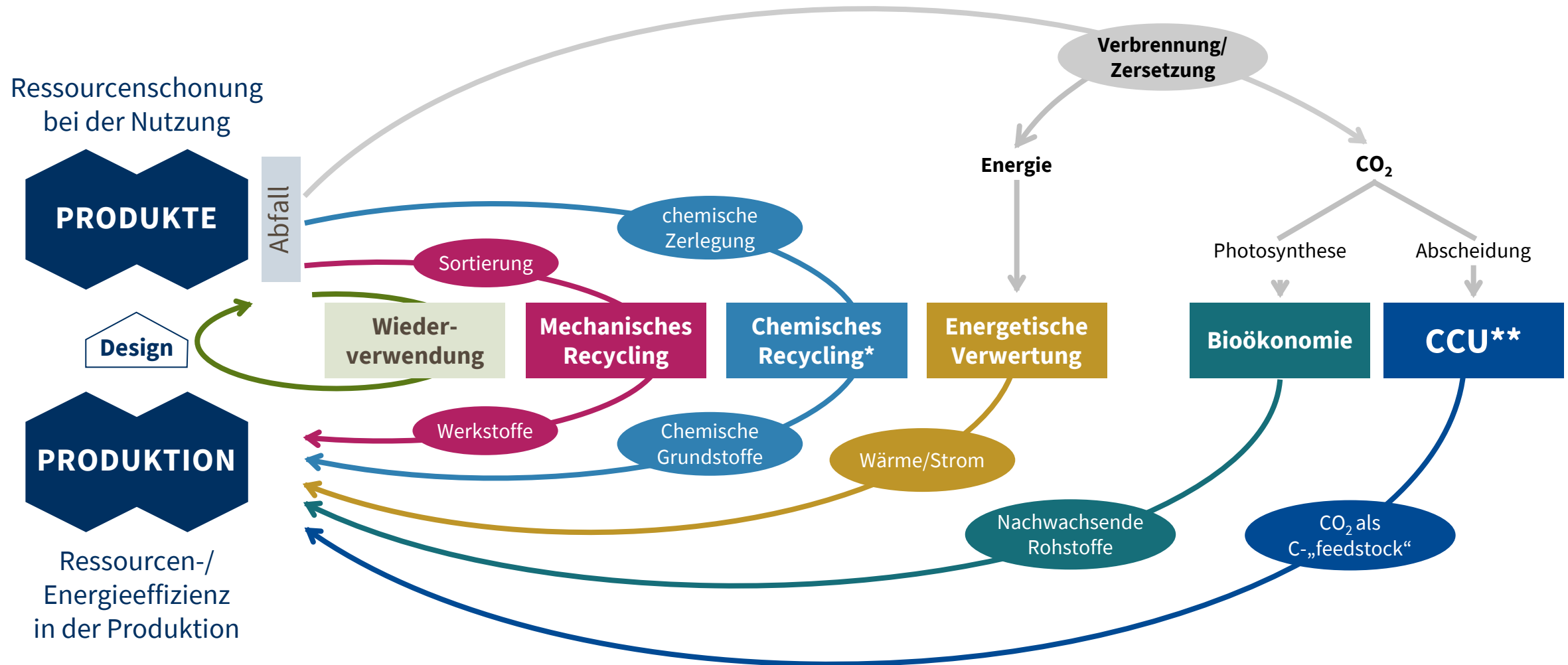


# Was macht die Kreislaufführung in der Chemie besonders?



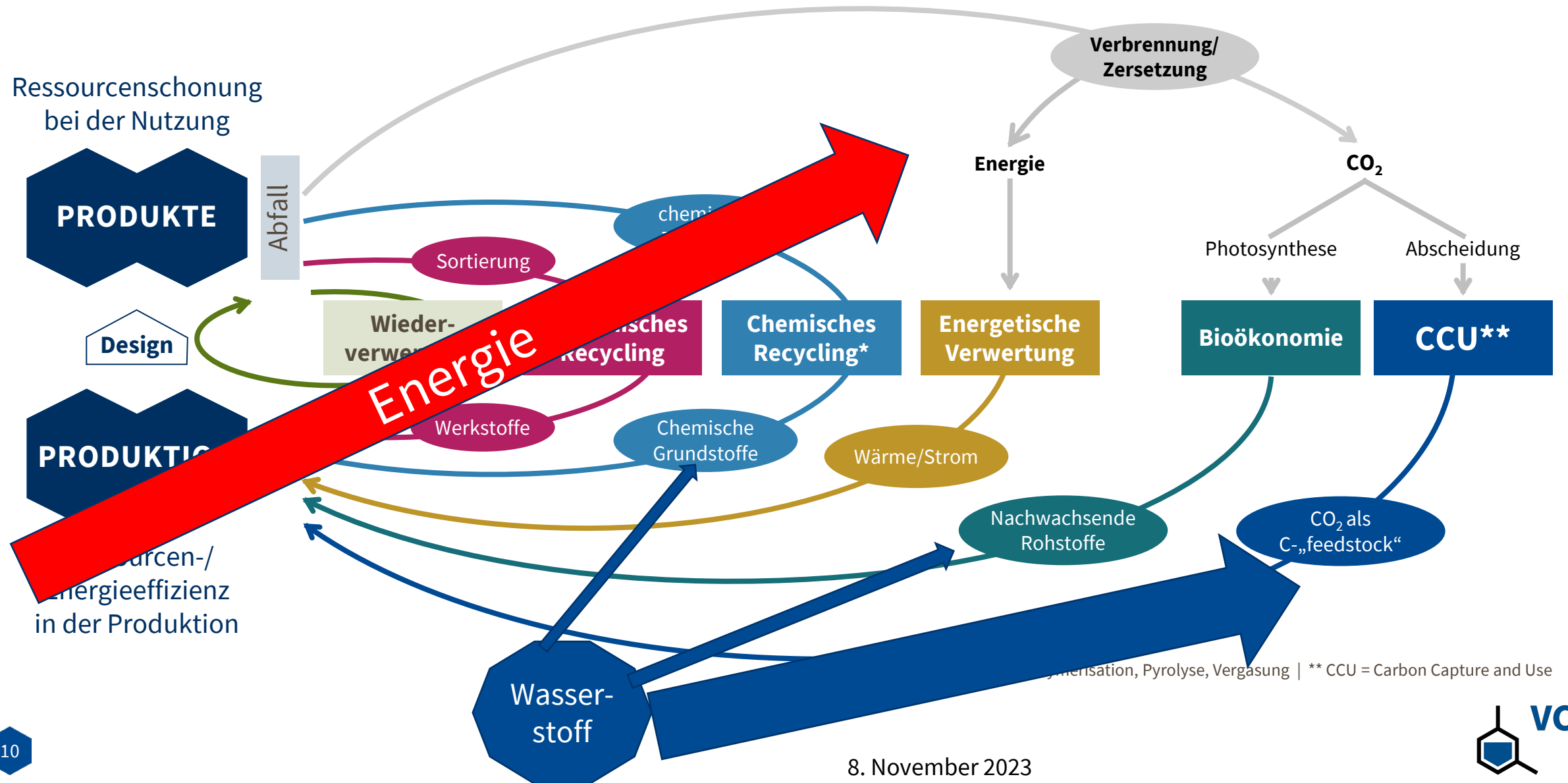


# Kohlenstoffkreisläufe in der Chemie



\* Depolymerisation, Pyrolyse, Vergasung | \*\* CCU = Carbon Capture and Use

# Kohlenstoffkreisläufe in der Chemie



# „Stoffliche Treibhausgasneutralität“: Technologien zur Kreislaufführung

## Recycling

- Chemieprodukte werden „zurückgeholt“ und
  - wiederverwendet
  - mechanisch recycelt (Kunststoff zu Kunststoff)
  - chemisch recycelt (Kunststoff zu neuem Rohstoff über Verflüssigung oder Vergasung)

## Biomasseeeinsatz

- Nachwachsende Rohstoffe/Biomasse werden
  - Direkt in Chemikalien umgewandelt
  - Analog zum chemischen Recycling umgewandelt in flüssigen oder gasförmigen Rohstoff

## CO<sub>2</sub> als Rohstoff (+ Wasserstoff)

- Kohlendioxid selbst wird
  - Mit Wasserstoff zu Methanol (Ausgangsstoff für weitere Chemikalien) umgewandelt (MTO/MTA)
  - Mit Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffen umgewandelt die als Öl-Ersatz dienen (Fischer-Tropsch) zum Einsatz im Cracker

# Herausforderungen: Drei Szenarien für die Transformation

Parameter [Einheit]	Szenario 1 (Strom max.)	Szenario 2 (H2 max.)	Szenario 3 (Sekundär max.)	Roadmap 2050 (Pfad 3 „Klimaneutralität“)
<b>Treibhausgasneutralität</b>	2045			2050
<b>Strombedarf [TWh]</b>	464	508	325	682
<b>Wasserstoffbedarf [TWh]</b>	214	283	148	230 TWh
<b>CO<sub>2</sub>-Bedarf [kt]</b>	44.051	51.977	21.310	42 000
<b>Biomassebedarf [kt TM]</b>	2.700 für Spezialchemie		26.567 für Grundstoff-, 2.700 für Spezialchemie	11.400
<b>Kunststoffabfallbedarf [kt]</b>	3.160 für mech. Recycling		3.160 für mech. Recycling 2.228 für chem. Recycling	2.800 für mech. Recycling
<b>FT Naphthbedarf [kt]</b>	-	15.334	6.134	-
<b>Methanolbedarf [kt]</b>	30.558	-	-	0, nicht vorgesehen
<b>Nomin. Investitionen [Mio. €]</b>	40.296	40.623	25.676	45.000

# Vergleich der drei Szenarien von Chemistry4Climate (und zur Roadmap 2050)

Parameter [Einheit]	Szenario 1 (Strom max.)	Szenario 2 (H2 max.)	Szenario 3 (Sekundär max.)	Roadmap 2050 (Pfad 3 „Klimaneutralität“)
<b>Treibhausgasneutralität</b>	2045			2050
<b>Strombedarf [TWh]</b> <i>[einschl. Strom für H<sub>2</sub>-Bedarf]</i>	464	508	325	682
<b>Wasserstoffbedarf [TWh]</b>	214	283	148	230
<b>CO<sub>2</sub>-Bedarf [kt]</b>	44.051	51.977	21.310	43 000
<b>Biomassebedarf [kt TM]</b>	2.700 für Spezialchemie		26.567 für Grundstoff-, 2.700 für Spezialchemie	11.400
<b>Kunststoffabfallbedarf [kt]</b>	3.160 für mech. Recycling		3.160 für mech. Recycling 2.228 für chem. Recycling	2.800 für Recycling
<b>FT Naphthabedarf [kt]</b>	-	15.334	6.134	N.N.
<b>Methanolbedarf [kt]</b>	30.558	-	-	Keiner weil nicht untersucht
<b>Nomin. Investitionen [Mio. €]</b>	40.296	40.623	25.676	45.000 nur für die Basischemie



# Vergleich der drei Szenarien von Chemistry4Climate (und zur Roadmap 2050)

Parameter [Einheit]	Szenario 1 (Strom max.)	Szenario 2 (H2 max.)	Szenario 3 (Sekundär max.)	Roadmap 2050 (Pfad 3 „Klimaneutralität“)
<b>Treibhausgasneutralität</b>	2045			2050
<b>Strombedarf [TWh]</b> <i>[einschl. H2-Bedarf]</i>	464	508	325	682
<b>Wasserstoffbedarf [TWh]</b>	214	283	148	230
<b>CO<sub>2</sub>-Bedarf [kt]</b>	44.051	51.977	21.310	43 000
<b>Biomassebedarf [kt TM]</b>	2.700 für Spezialchemie		26.567 für Grundstoff-, 2.700 für Spezialchemie	11.400
<b>Kunststoffabfallbedarf [kt]</b>	3.160 für mech. Recycling		3.160 für mech. Recycling 2.228 für chem. Recycling	2.800 für Recycling
<b>FT Naphthabedarf [kt]</b>	-	15.334	6.134	N.N.
<b>Methanolbedarf [kt]</b>	30.558	-	-	Keiner weil nicht untersucht
<b>Nomin. Investitionen [Mio. €]</b>	40.296	40.623	25.676	45.000 nur für die Basischemie



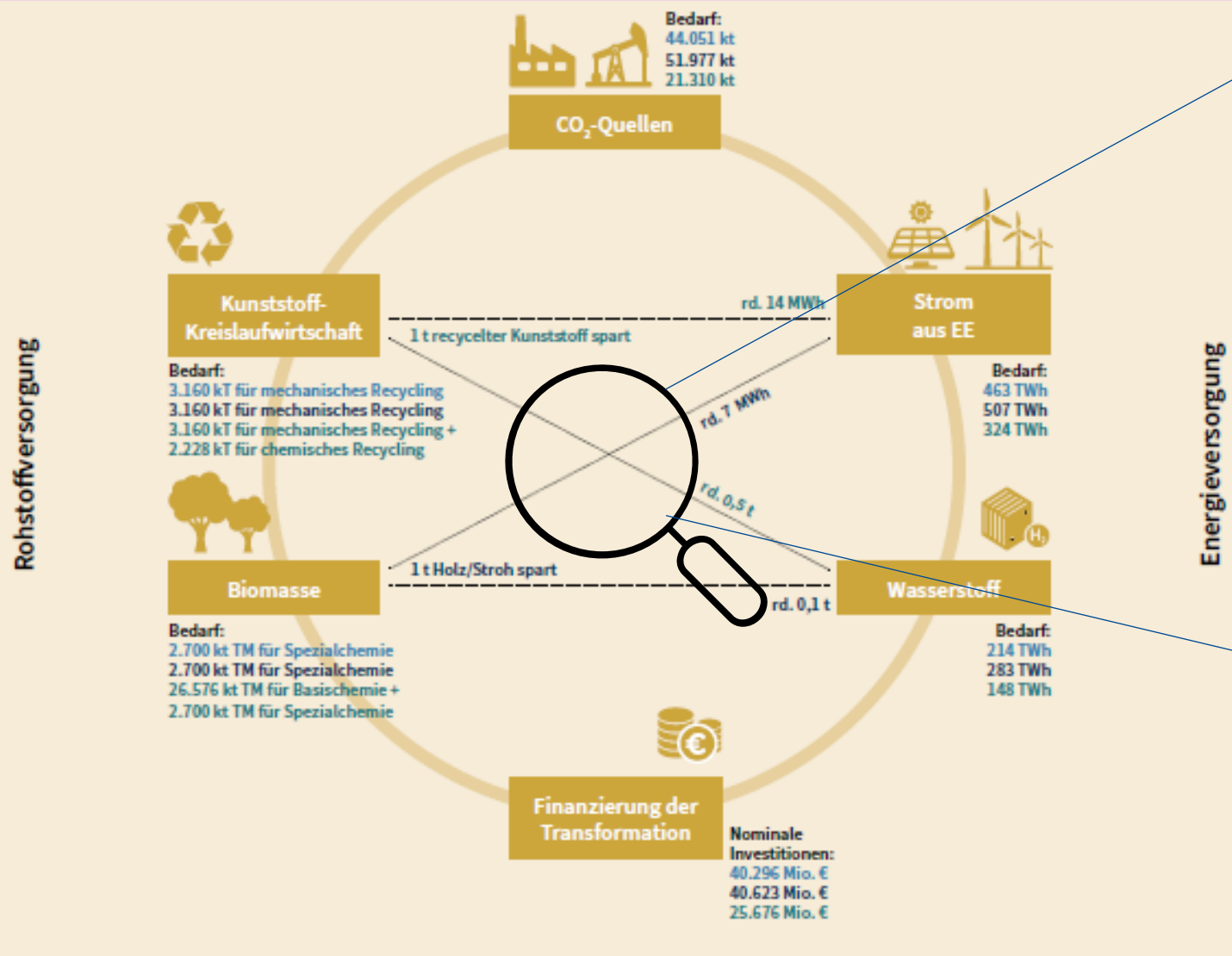


# Vergleich der drei Szenarien von Chemistry4Climate (und zur Roadmap 2050)

Parameter [Einheit]	Szenario 1 (Strom max.)	Szenario 2 (H2 max.)	Szenario 3 (Sekundär max.)	Roadmap 2050 (Pfad 3 „Klimaneutralität“)
<b>Treibhausgasneutralität</b>	2045			2050
<b>Strombedarf [TWh]</b> <i>[einschl. H2-Bedarf]</i>	464	508	325	682
<b>Wasserstoffbedarf [TWh]</b>	214	283	148	230
<b>CO<sub>2</sub>-Bedarf [kt]</b>	44.051	51.977	21.310	43 000
<b>Biomassebedarf [kt TM]</b>	2.700 für Spezialchemie		26.567 für Grundstoff-, 2.700 für Spezialchemie	11.400
<b>Kunststoffabfallbedarf [kt]</b>	3.160 für mech. Recycling		3.160 für mech. Recycling 2.228 für chem. Recycling	2.800 für Recycling
<b>FT Naphthabedarf [kt]</b>	-	15.334	6.134	N.N.
<b>Methanolbedarf [kt]</b>	30.558	-	-	Keiner weil nicht untersucht
<b>Nomin. Investitionen [Mio. €]</b>	40.296	40.623	25.676	45.000 nur für die Basischemie



# Warum sind Recycling und Biomassenutzung so wichtig?



**1t recycelter Kunststoff**  
 spart  
 rd. 14 MWh Strom  
 rd. 0,5 t Wasserstoff

**1t Holz/Stroh**  
 spart  
 rd. 7 MWh Strom  
 rd. 0,1 t Wasserstoff

# Herausforderungen



Zeitschiene

- Physische Verfügbarkeit der Technologien (TRL 9): nicht vor 2030
- Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit: ohne Unterstützung nicht vor Mitte bis Ende der 30er Jahre

- Biomasse- und Abfallverfügbarkeit
- Erneuerbarer Strombedarf: bis > 500 TWh
- Wasserstoffbedarf: 150 bis 280 TWh, Wettbewerb mit anderen Anwendungen
- Infrastruktur für Strom, Wasserstoff und CO<sub>2</sub>



Strommast – © iStockphoto.com ZU\_09

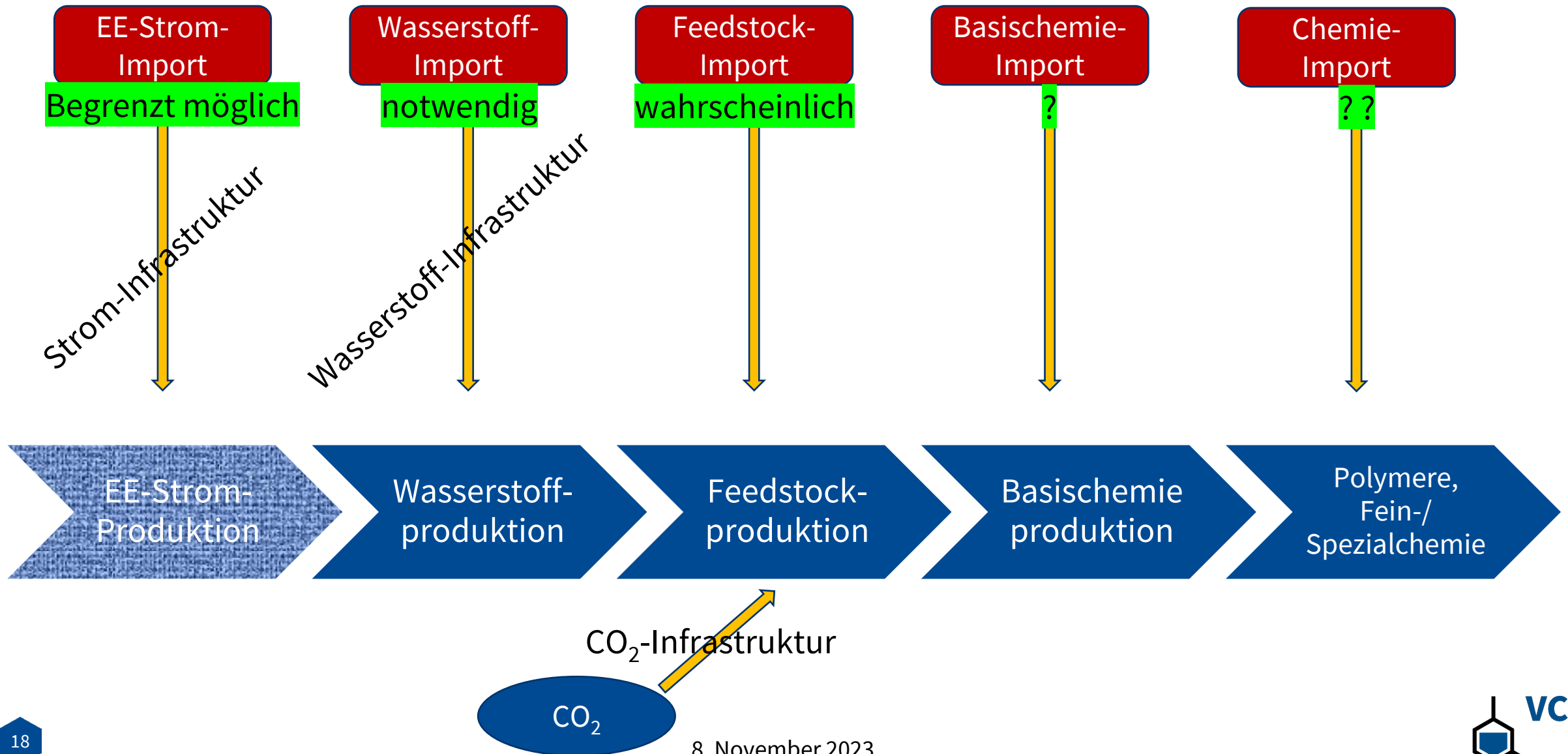
Energie- und Rohstoffbedarf



Ökonomie

- Strompreise (Zielwert 4 Cent/kWh) → Günstiger Wasserstoff
- Hohe zusätzliche Investitionen (45 Mrd. € nur für die Basischemie)
- Fehlender Markt für teurere Produkte, wenn Klimaschutz auf Europa beschränkt bleibt
- Erhalt der Produktion in Deutschland

# Zukunft der Chemie: Treibhausgasneutrale Wertschöpfungskette



# Zusammenfassung

- ◆ Notwendigkeit der Kreislaufwirtschaft (insbesondere für Kohlenstoff) in der chemischen Industrie nimmt stark an Bedeutung zu
- ◆ Kreislaufwirtschaft löst mehrere Probleme
- ◆ Klimaschutz als neues/zusätzliches zentrales Ziel der Kreislaufwirtschaft in der Chemie
- ◆ Notwendigkeit einer technologieoffenen Herangehensweise:
  - ◆ Chemisches Recycling als notwendige Ergänzung zum mechanischen Recycling
  - ◆ Biomasseinsatz als Teil der Kreislaufwirtschaftsstrategie
  - ◆ CCU (Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff) als Abrundung der Kreislaufwirtschaftstechnologien





VCI/Thomas Koc

Kontakt:

**Verband der Chemischen  
Industrie e.V. (VCI)**

**Dr. Jörg Rothermel**

Mainzer Landstraße 55

60329 Frankfurt am Main

T: 069 / 2556-1463

E: [rothermel@vci.de](mailto:rothermel@vci.de)

