

Re-source 2025

Chemisches Recycling von Kunststoffen

Ergebnisse des REFOPLAN-Vorhaben

„Thermochemisches Recycling von Kunststoffen Bewertung und Einordnung“

Dr. Julia Vogel
Umweltbundesamt
Leitung FG III 2.4 – Abfalltechnik, Abfalltechniktransfer

Einleitung

REFOPLAN Vorhaben

„Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“

Laufzeit: 2020-2024

Auftragnehmer:



Steinbeis



HoME
HOCHSCHULE
MERSEBURG

University of
Applied Sciences



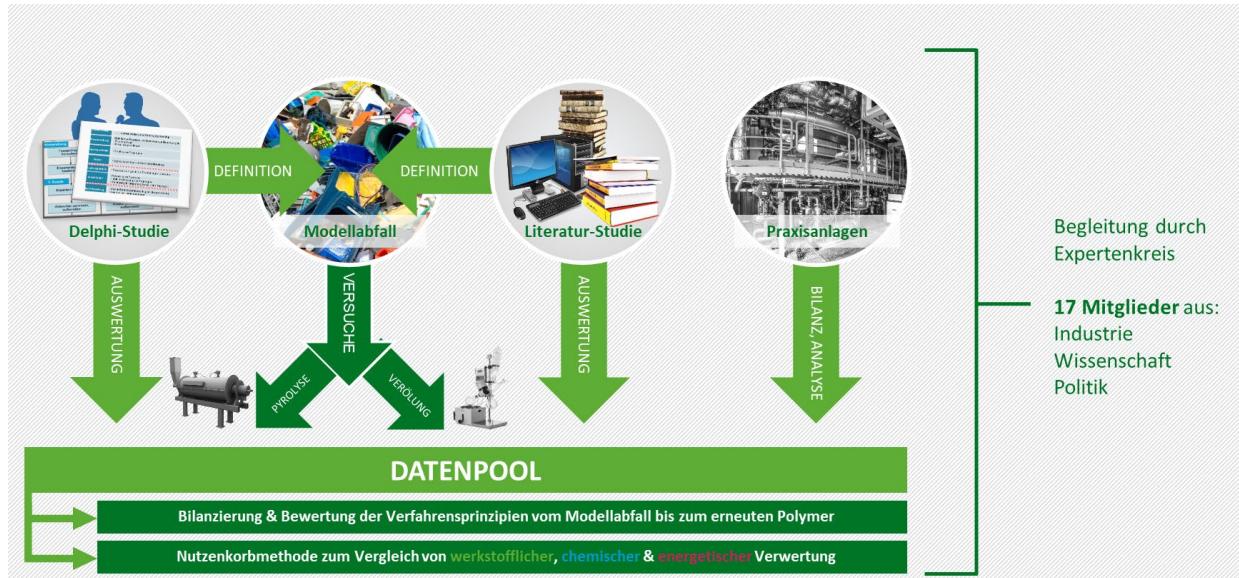
TIER



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Projektüberblick

- Laboruntersuchungen zur Verölung & Pyrolyse
 - Ausgewählte Abfallfraktionen
 - Probenahme und Aufbereitung
 - Charakterisierung Abfälle
 - Versuche zur Pyrolyse und Verölung
 - Charakterisierung Produkte
- Praxisverfahren
- Bilanzierung komplette Prozesskette vom Abfall bis zu den HVC*
- Nutzenkorbmethode zum Vergleich der Verwertungswege
- Politische Einordnung, Definition etc.



* HVC = High Value Chemicals [Ethen, Propen, Buten, Butadien, Aromaten]

Projektüberblick

- Laboruntersuchungen zur Verölung & Pyrolyse
 - Ausgewählte Abfallfraktionen
 - Probenahme und Aufbereitung
 - Charakterisierung
 - Versuche zur Pyrolyse und Verölung
 - Charakterisierung Produkte
- Praxisverfahren
- Bilanzierung komplette Prozesskette vom Abfall bis zu den HVC*
- Nutzenkorbmethode zum Vergleich der Verwertungswege
- Politische Einordnung, Definition etc.

* HVC = High Value Chemicals [Ethen, Propen, Buten, Butadien, Aromaten]

Definition „chemisches Recycling“

Das Chemische Recycling von Kunststoffen bezeichnet Prozessketten, in denen Polymere ganz oder teilweise in ihre Bestandteile zerlegt und diese anschließend stofflich zur Erzeugung neuer Polymere oder anderer Stoffe verwendet und [abgesehen von Nebenprodukten oder Reststoffen] nicht energetisch genutzt werden.

(ReFoPlan-Vorhaben „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Projektüberblick

- Laboruntersuchungen zur Verölung & Pyrolyse
 - Ausgewählte Abfallfraktionen
 - Probenahme und Aufbereitung
 - Charakterisierung
 - Versuche zur Pyrolyse und Verölung
 - Charakterisierung Produkte
- Praxisverfahren
- Bilanzierung komplette Prozesskette vom Abfall bis zu den HVC*
- Nutzenkorbmethode zum Vergleich der Verwertungswege
- Politische Einordnung, Definition etc.

* HVC = High Value Chemicals [Ethen, Propen, Buten, Butadien, Aromaten]

Praxisanlagen - Typische Einsatzstoffe

Verölung I



Verschieden PO-Materialien

Verölung II



EBS

PO/PA

PO/PA

Bilder: ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“

Praxisanlagen - Typische Produkte

Verölung I Leichtprodukt



Verölung I Schwerprodukt 1



Verölung I Wachs



Verölung II PE/PA- Verbund
(Post Industrial)



Verölung II EBS



Verölung II PE/PA-Verbund (Post
Produktion)



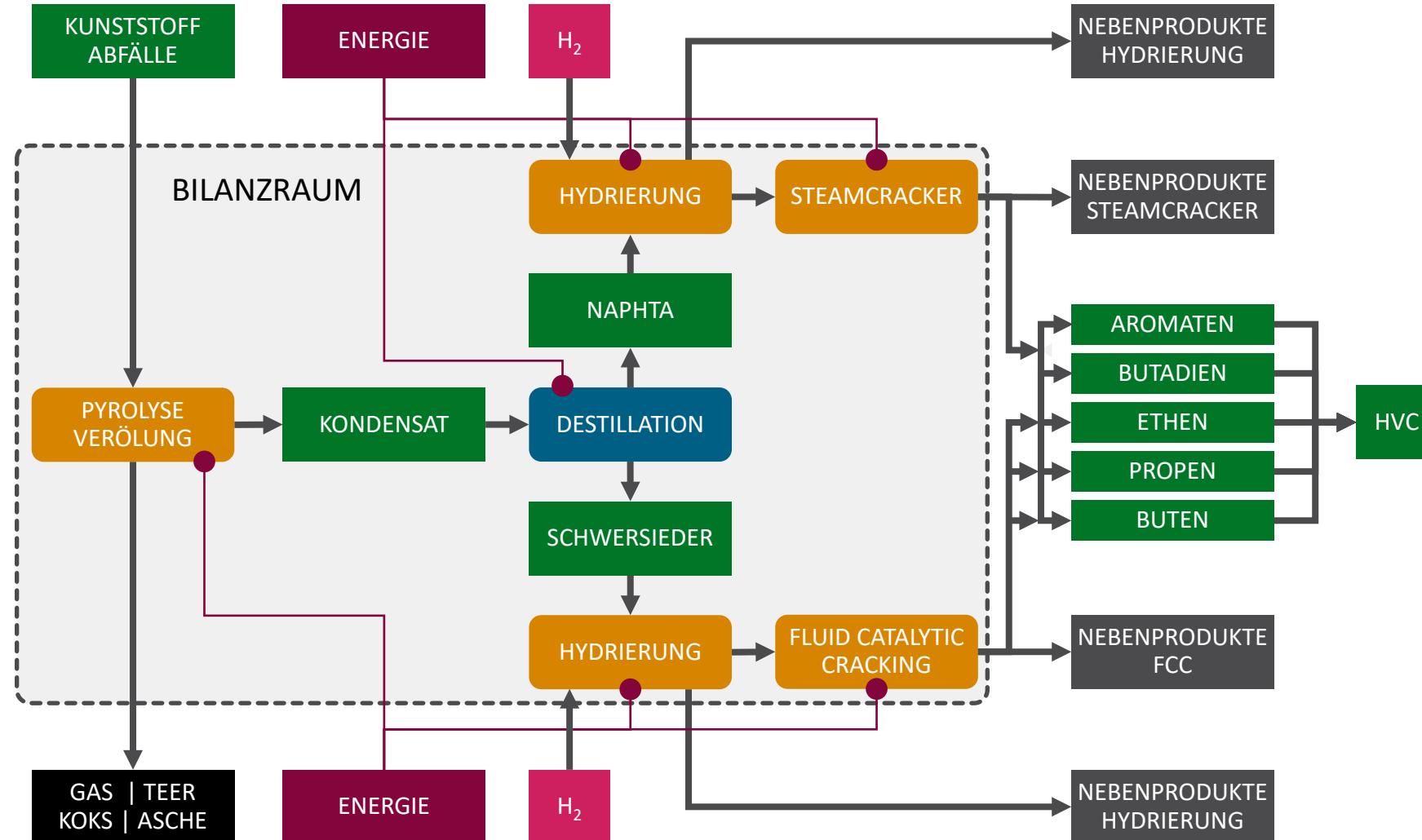
Bilder: ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“

Projektüberblick

- Laboruntersuchungen zur Verölung & Pyrolyse
 - Ausgewählte Abfallfraktionen
 - Probenahme und Aufbereitung
 - Charakterisierung
 - Versuche zur Pyrolyse und Verölung
 - Charakterisierung Produkte
- Praxisverfahren
- Bilanzierung komplette Prozesskette vom Abfall bis zu den HVC*
- Nutzenkorbmethode zum Vergleich der Verwertungswege
- Politische Einordnung, Definition etc.

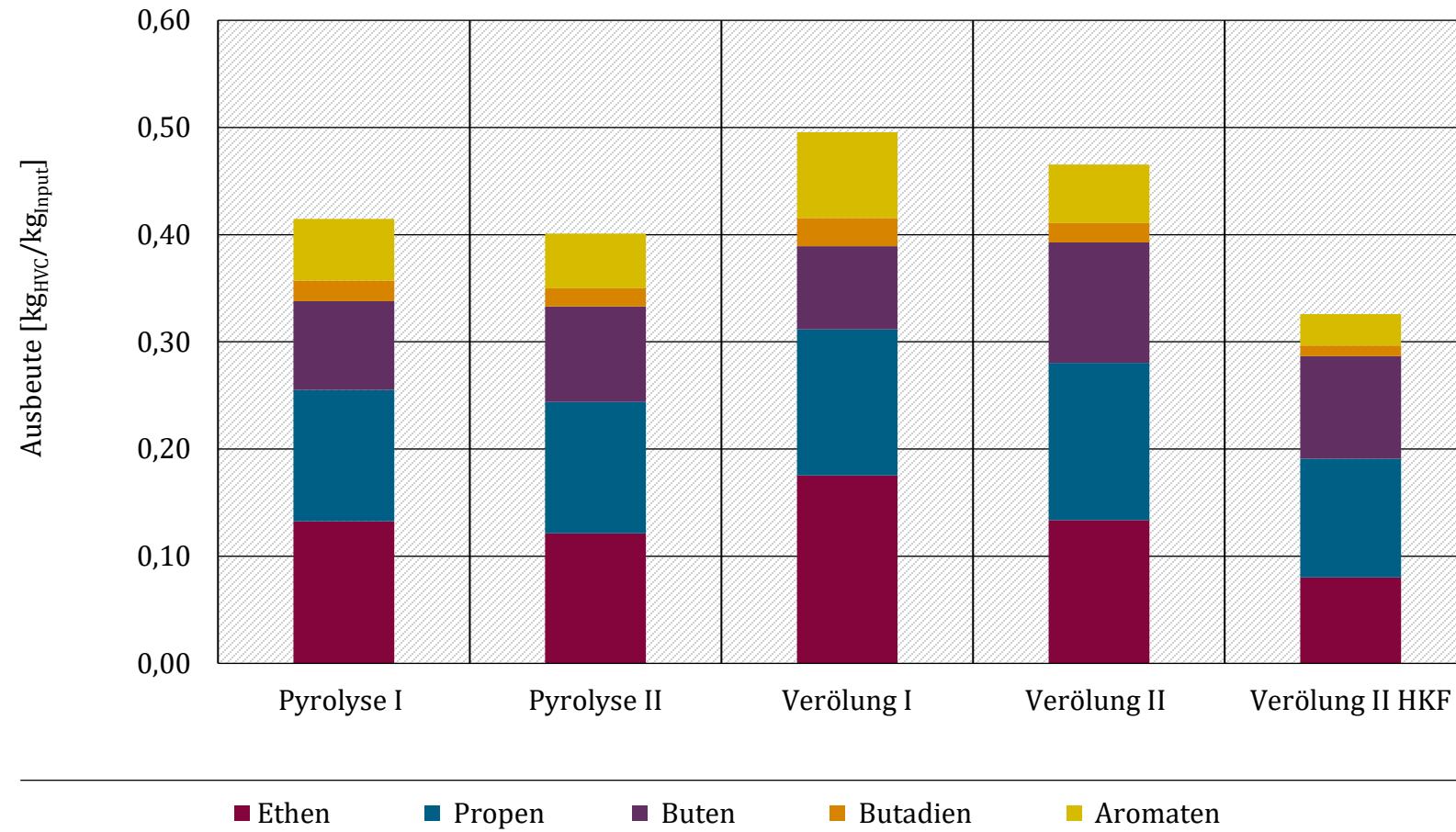
* HVC = High Value Chemicals [Ethen, Propen, Buten, Butadien, Aromaten]

Bilanzierung Gesamtprozesskette: Bilanzraum



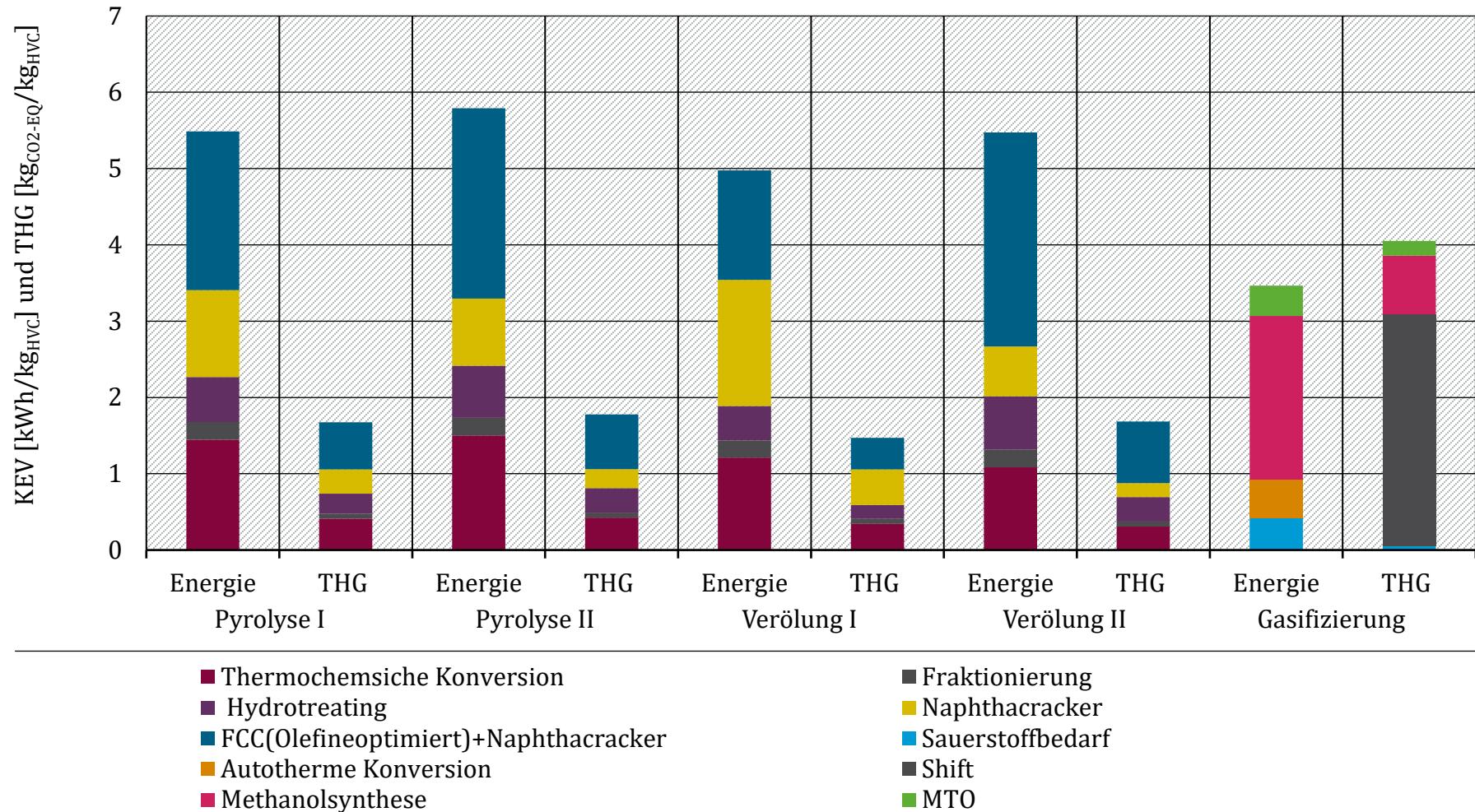
Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Bilanzierung Gesamtprozesskette: Ausbeuten HVC Pyrolyse & Verölung



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Bilanzierung Gesamtprozesskette: THG Emissionen und KEV



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Fazit Bilanzierung

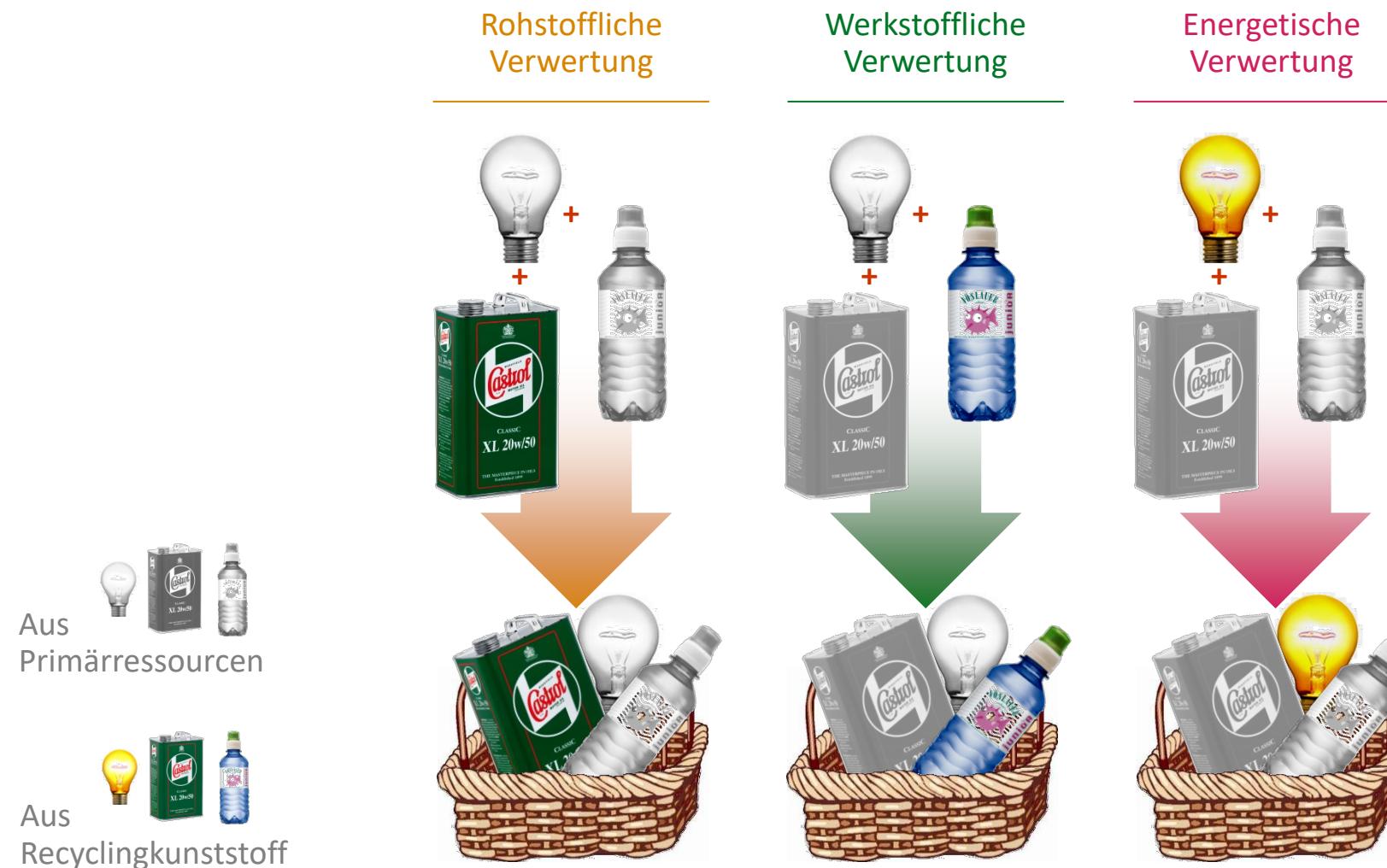
- z.T. schlechte Ölqualitäten (Viskositäten, Verunreinigungen, Heteroatome etc.)
- In Praxisverfahren relativ hohe Ölausbeuten von 70-80 %
- Erzielbare Ausbeuten HVC nach optimalem Downstream
 - **Verölung bis 50 % HVC/Mg_{Input} (bei ca. 80 % Ölausbeute)**
 - **Pyrolyse bis 45 % HVC/Mg_{Input} (bei ca. 70 % Ölausbeute)**
 - **Gasifizierung rund 30 % HVC/Mg_{Input} (bei ca. 850 kg Syngas pro Mg Input)**
- KEV & THG-Emissionen CR via Pyrolyse & Verölung vgl. mit Primärroute aus Naphta
- Erhöhung der HVC-Ausbeuten durch Verwertung Nebenprodukte (Wachse & KW-Gase außer CH₄) an integrierten Standorten (z.B Petrochemie, Raffinerie)

Projektüberblick

- Laboruntersuchungen zur Verölung & Pyrolyse
 - Ausgewählte Abfallfraktionen
 - Probenahme und Aufbereitung
 - Charakterisierung
 - Versuche zur Pyrolyse und Verölung
 - Charakterisierung Produkte
- Praxisverfahren
- Bilanzierung komplette Prozesskette vom Abfall bis zu den HVC*
- **Nutzenkorbmethode zum Vergleich der Verwertungswege**
- Politische Einordnung, Definition etc.

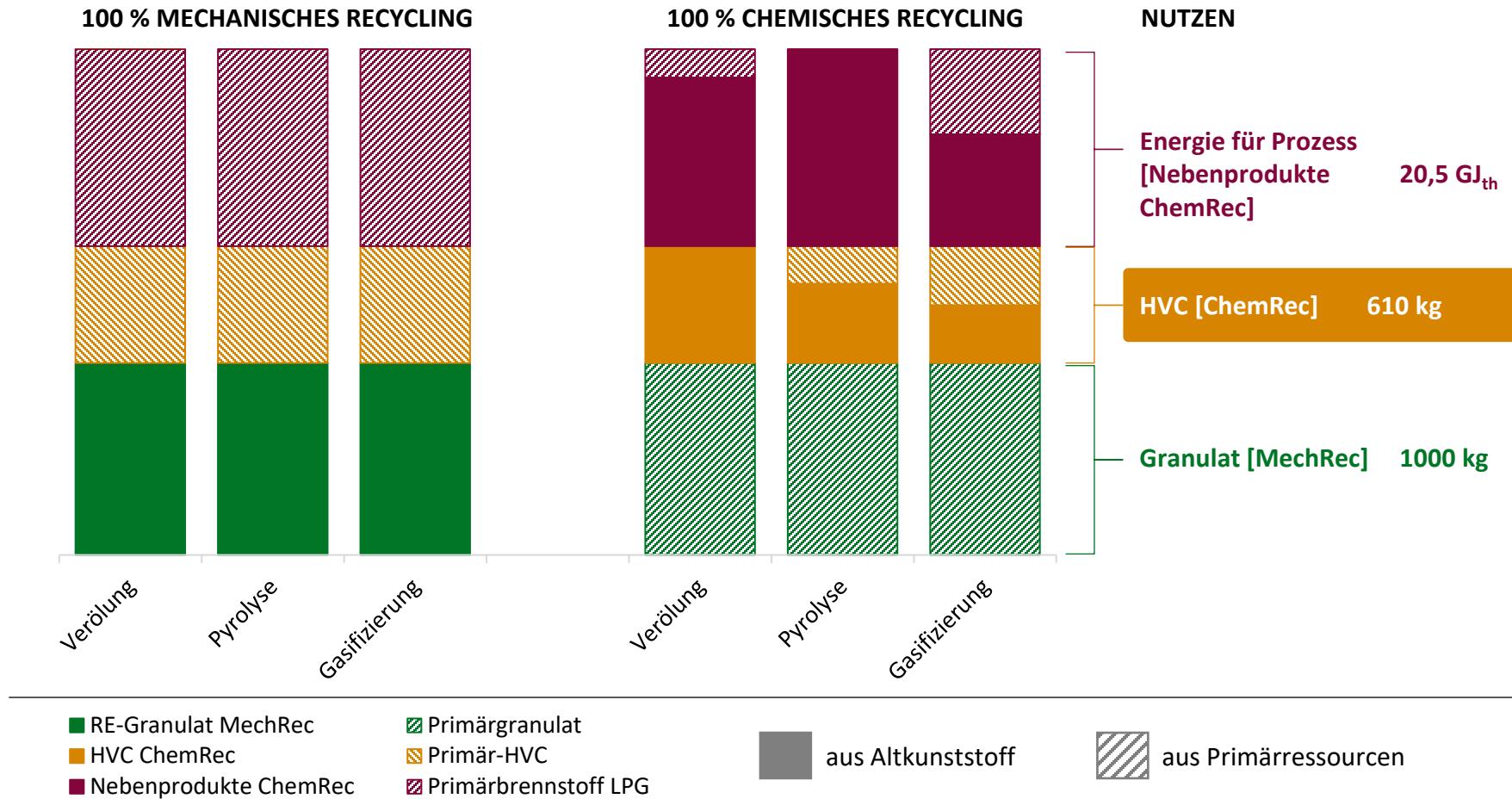
* HVC = High Value Chemicals [Ethen, Propen, Buten, Butadien, Aromaten]

Nutzenkorbmethode - Prinzip



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

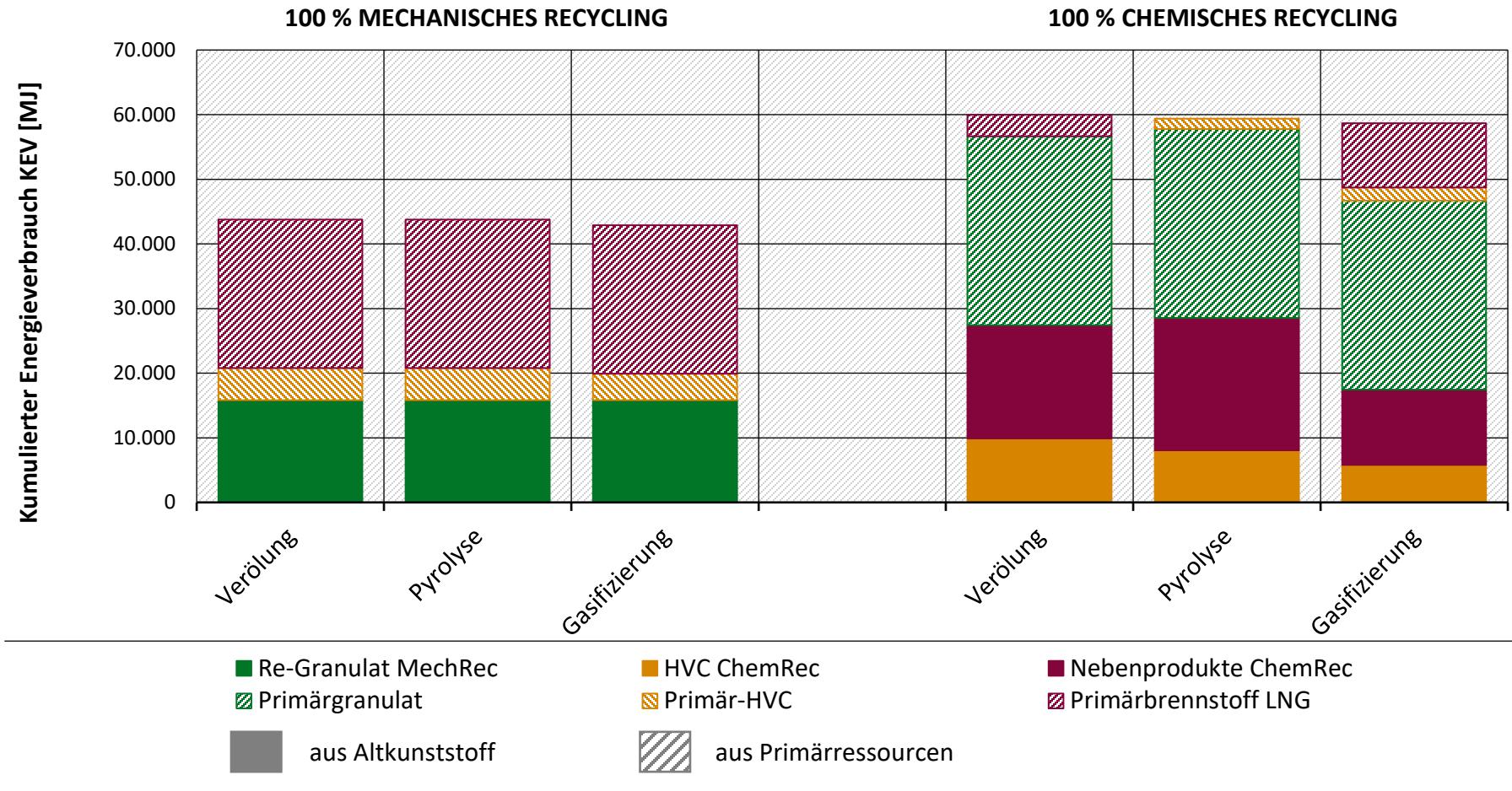
Nutzenkorbmethode – chem. vs. mech. Recycling



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Nutzenkorbmethode – chem. vs. mech. Recycling

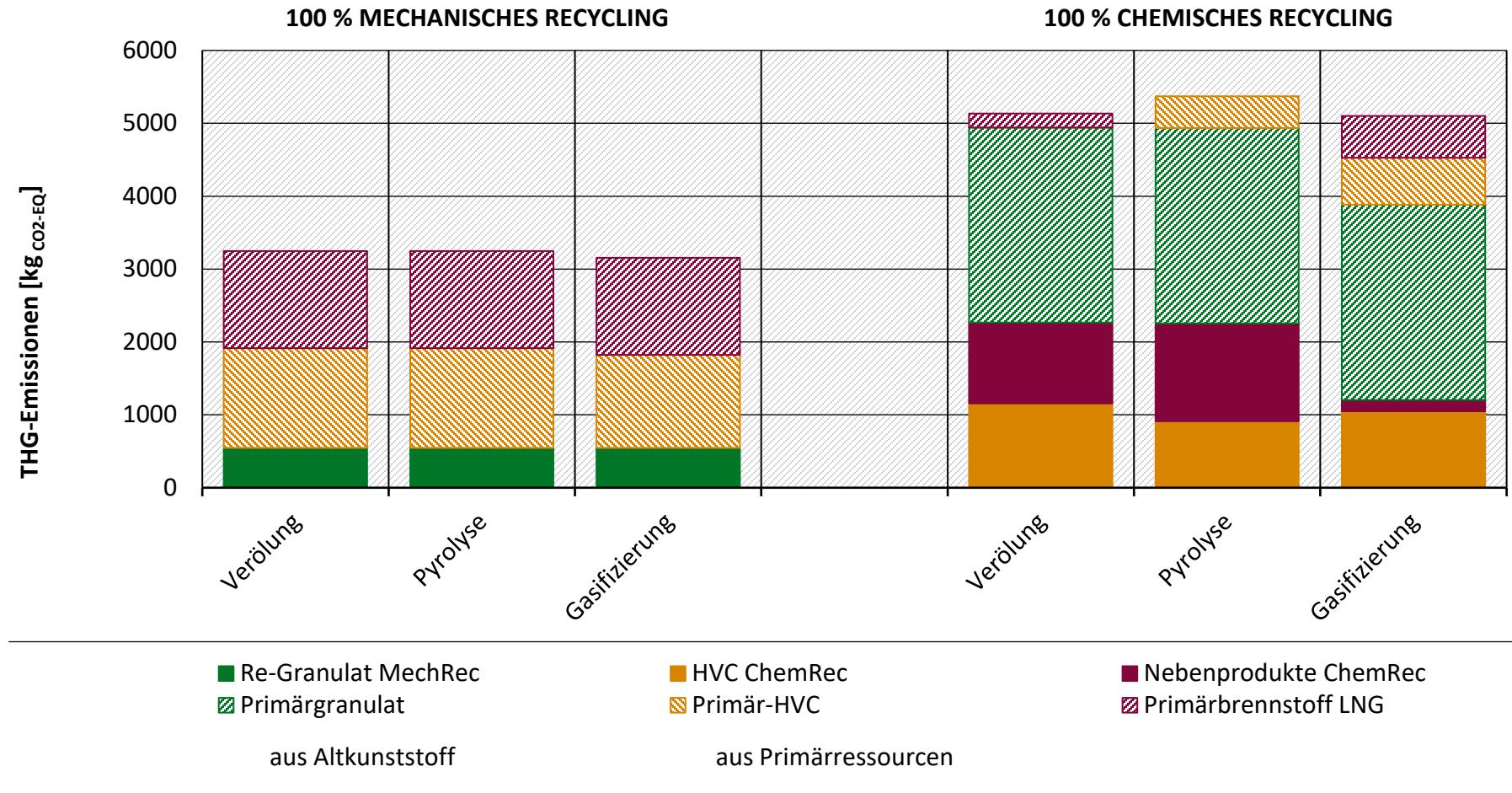
KEV



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Nutzenkorbmethode – chem. vs. mech. Recycling

CO₂



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Nutzenkorbmethode – Szenarien

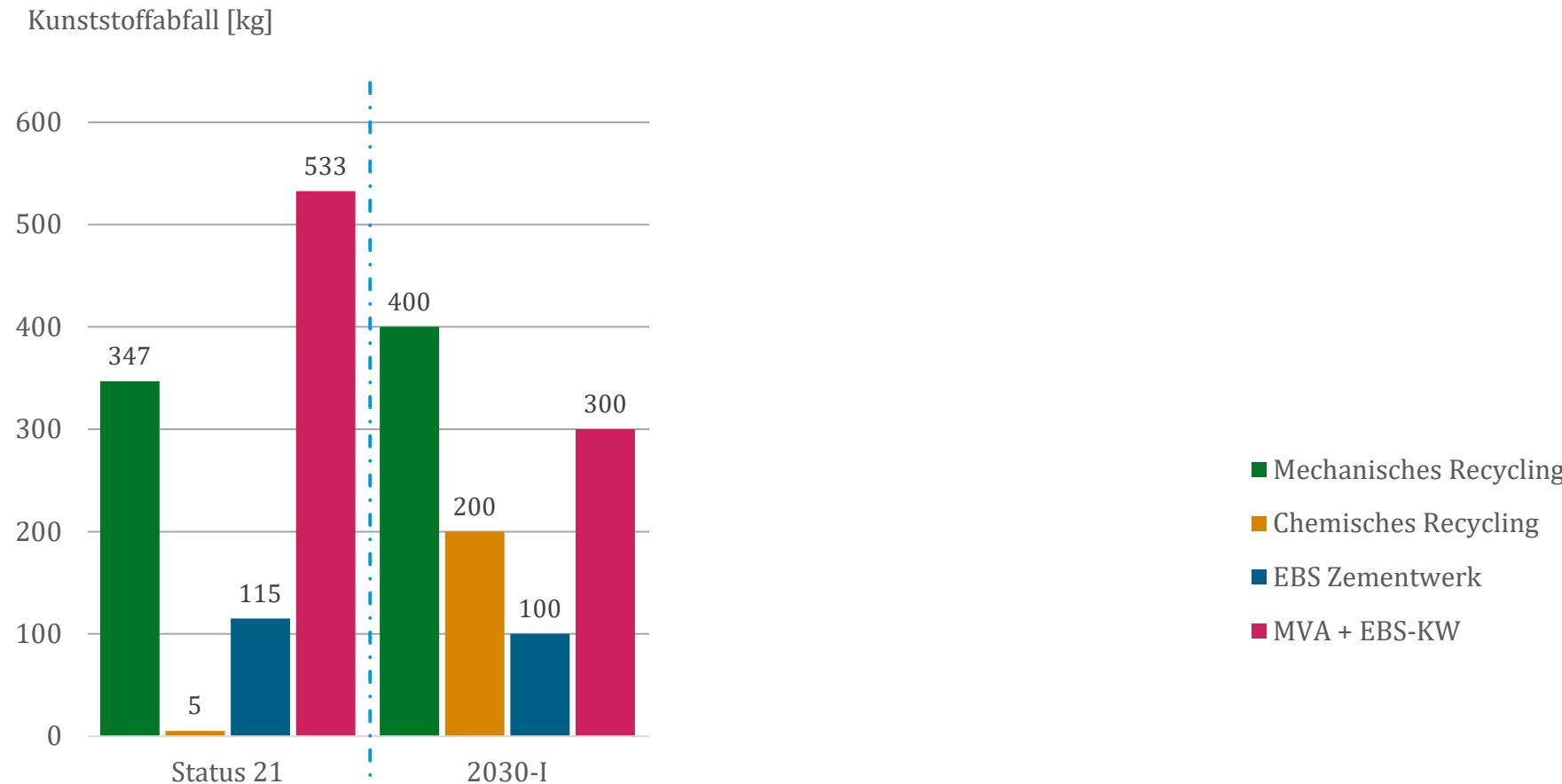
Status & Szenarien für die Verwertung von 1000 kg Kunststoffabfall



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Nutzenkorbmethode – Szenarien

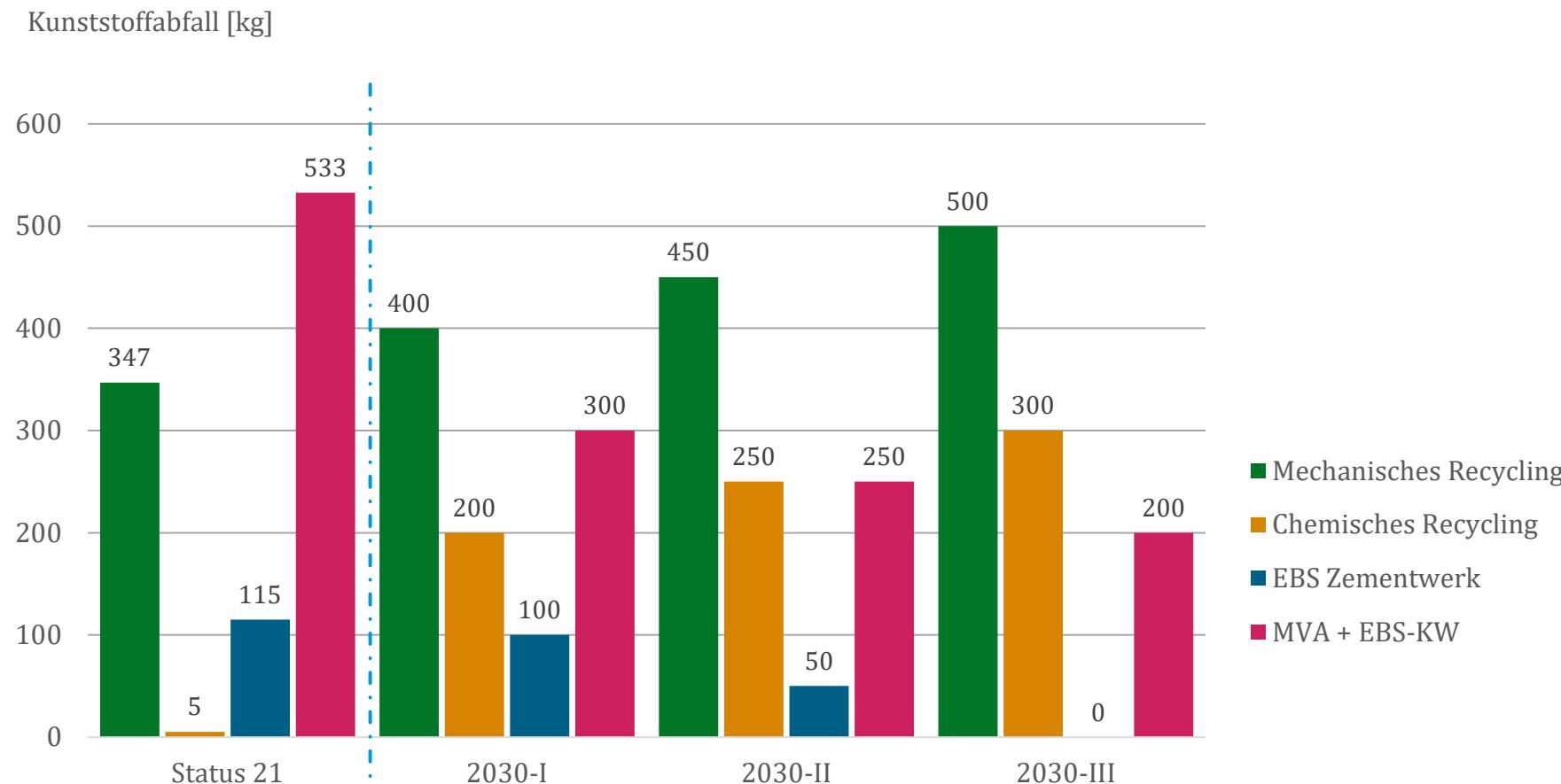
Status & Szenarien für die Verwertung von 1000 kg Kunststoffabfall



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

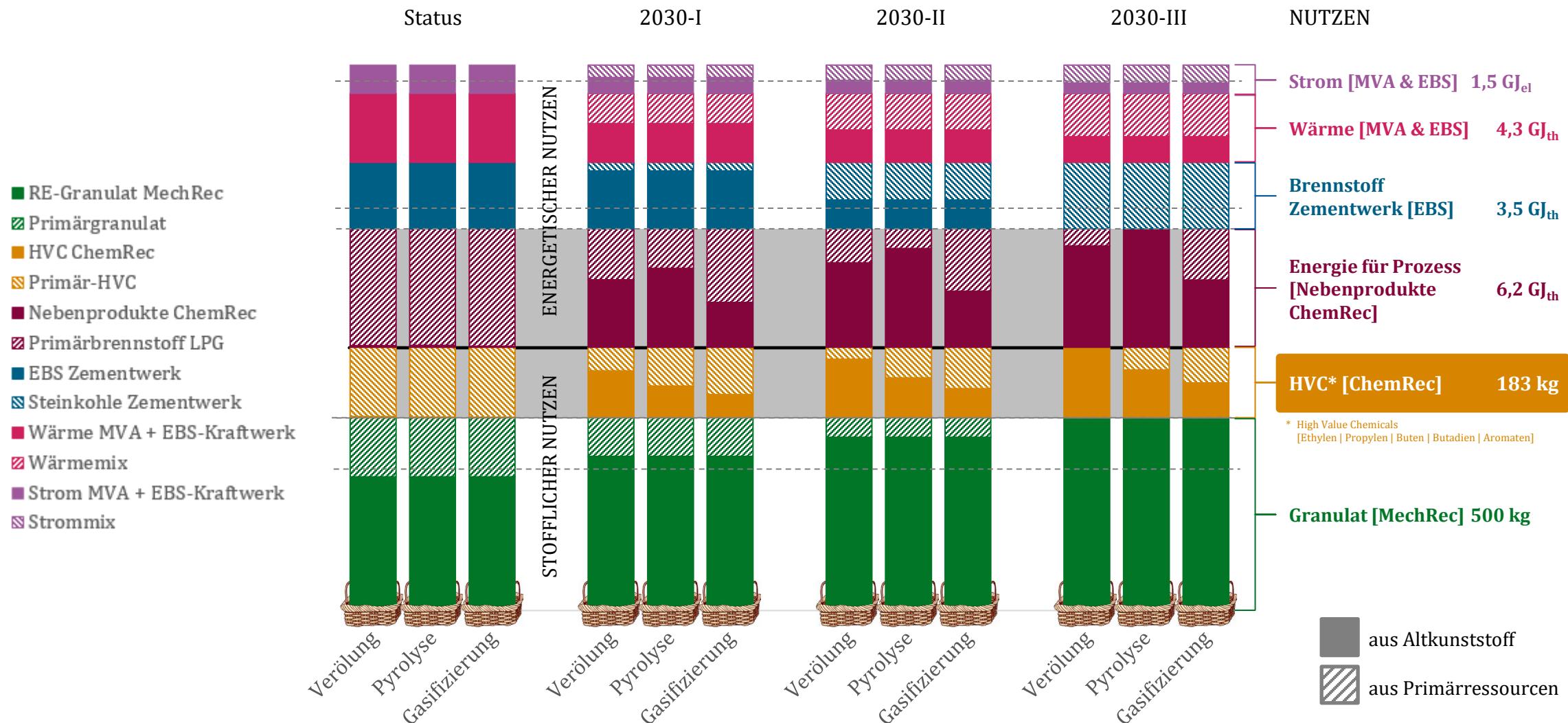
Nutzenkorbmethode – Szenarien

Status & Szenarien für die Verwertung von 1000 kg Kunststoffabfall



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

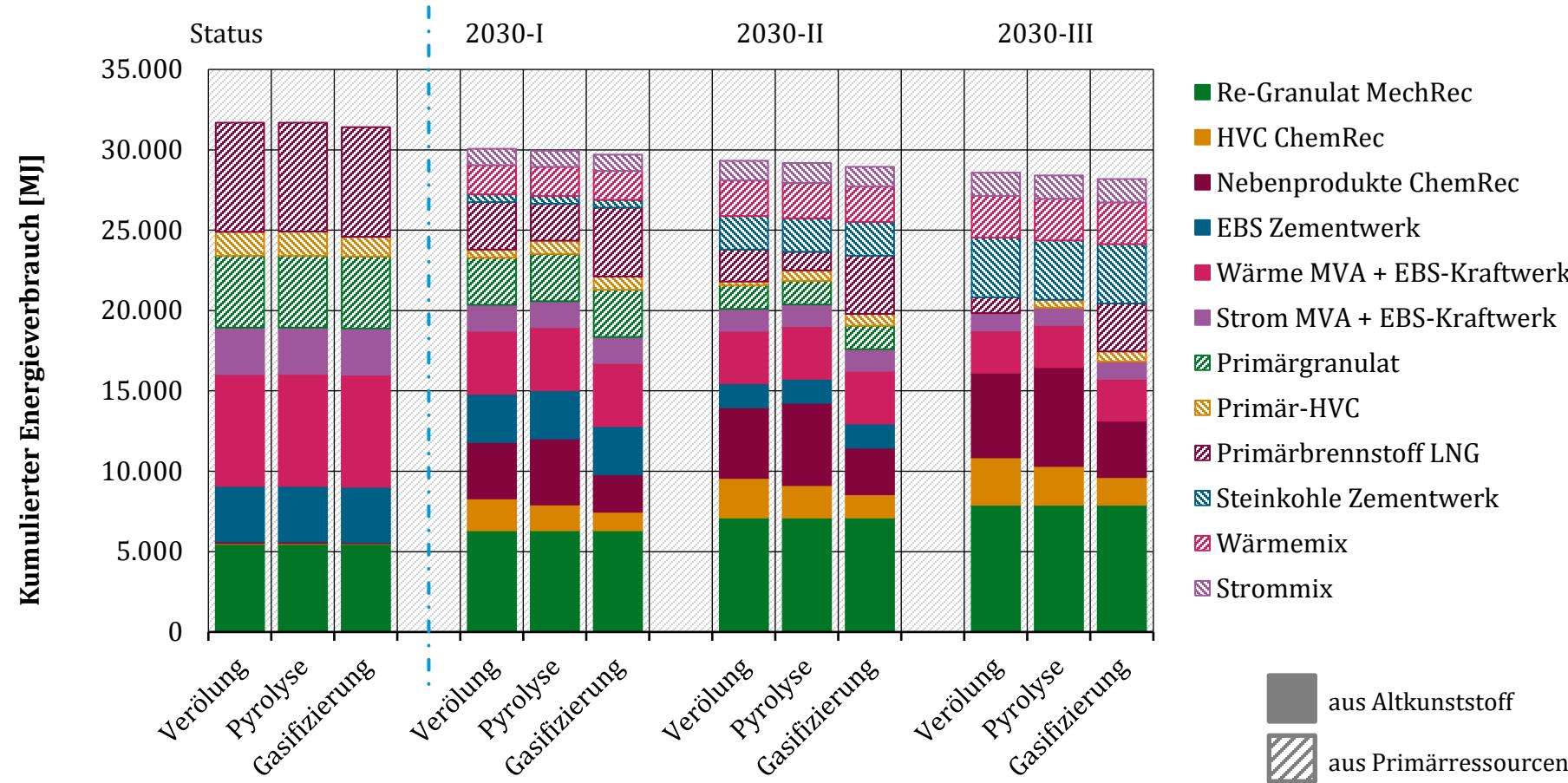
Nutzenkorbmethode – Füllung der Nutzenkörbe



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Nutzenkorbmethode – KEV der Szenarien

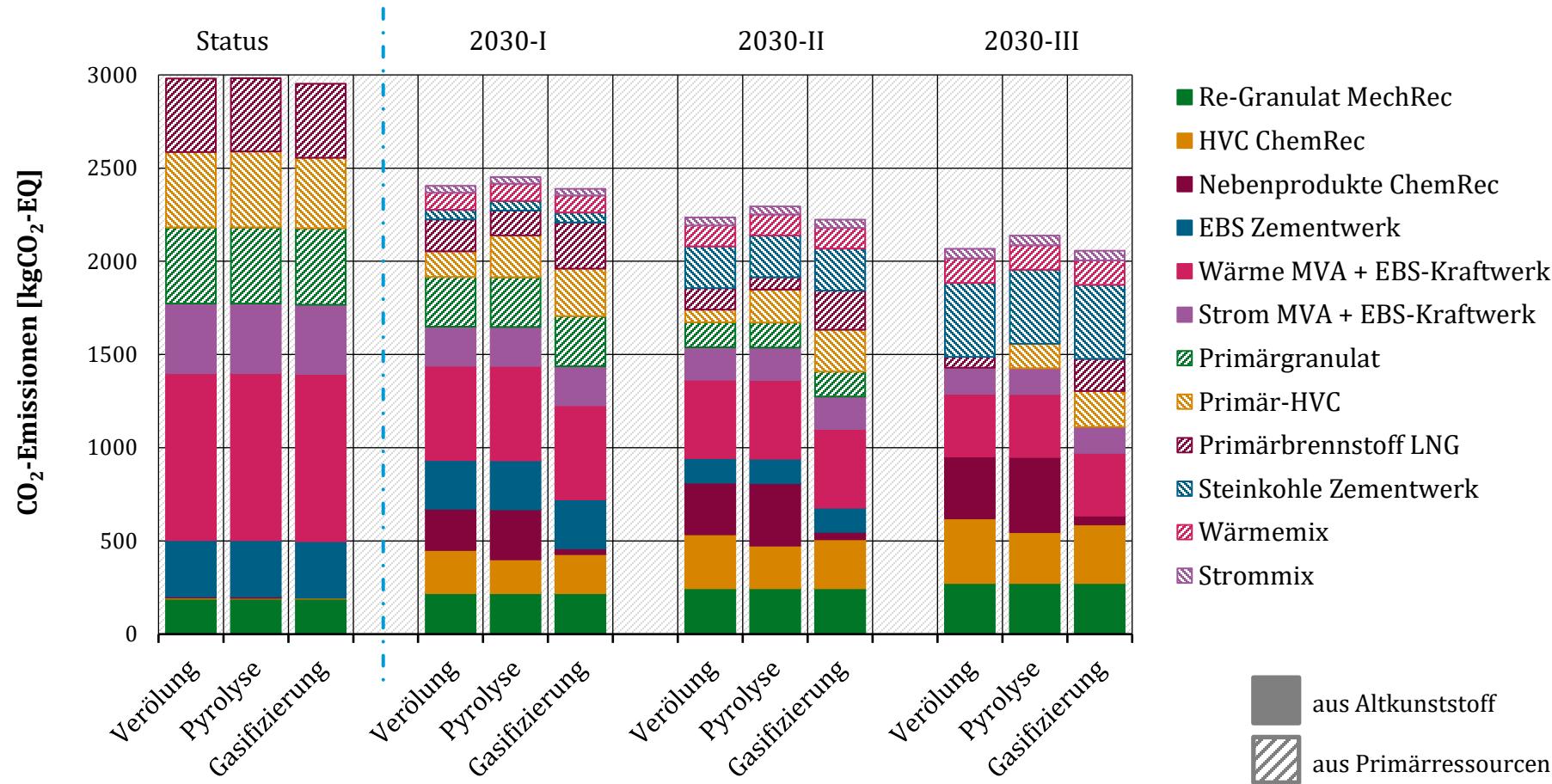
KEV



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Nutzenkorbmethode – CO₂ Emissionen der Szenarien

CO₂



Grafik: Peter Quicker (ReFoPlan: „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“)

Fazit Nutzenkorb

- Vergleich CR und andere Verwertungswege mittels Nutzenkorbmethode (Parameter KEV & THG)
 - Signifikante Nachteile chemisches Recyclings gegenüber mechanischem Recycling
 - Geringfügige Nachteile chemisches Recyclings gegenüber energetischer Verwertung im Zementwerk (nicht gezeigt)
 - Vorteile CR gegenüber energetischer Verwertung in MVA & EBS-K (nicht gezeigt)
- THG-Emissionen lassen sich signifikant reduzieren bei konsequentem Einsatz von Recycling (Kombination CR und MR in Szenarien)

Fazit gesamt

- Chemisches Recycling
 - ist als Recycling einzustufen, wenn Rohstoffe für die chemische Industrie gewonnen werden; Abgrenzung energetische Verwertung!
 - kann eine Ergänzung zum mechanischen Recycling und zur energetischen Verwertung sein, insbesondere zukünftig wenn H₂ & erneuerbare Energie vorhanden (Ausbeute Gasifizierung könnte deutlich gesteigert werden),
 - hat ökonomische Nachteile aufgrund des hohen Aufwandes (Edukt- und Produktaufbereitung),
 - bietet aber die potenzielle Option der Detoxifizierung und einen möglichen Beitrag zur einer Kohlenstoffautarkie.
- Mechanisches Recycling ist zu bevorzugen wo möglich (Energieverbrauch, CO₂ Emissionen)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Julia Vogel
julia.vogel@uba.de

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau

www.umweltbundesamt.de

Umwelt 
Bundesamt

