




BEST

Bioenergy and
Sustainable Technologies



 Bundesministerium
Arbeit und Wirtschaft

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



 Für die
Stadt Wien



Das Land
Steiermark

→ Wirtschaft, Tourismus, Regionen,
Wissenschaft und Forschung



Pyrolysetechnologien in Europa

Projektabschlussbesprechung
Wien, 19.03.2024

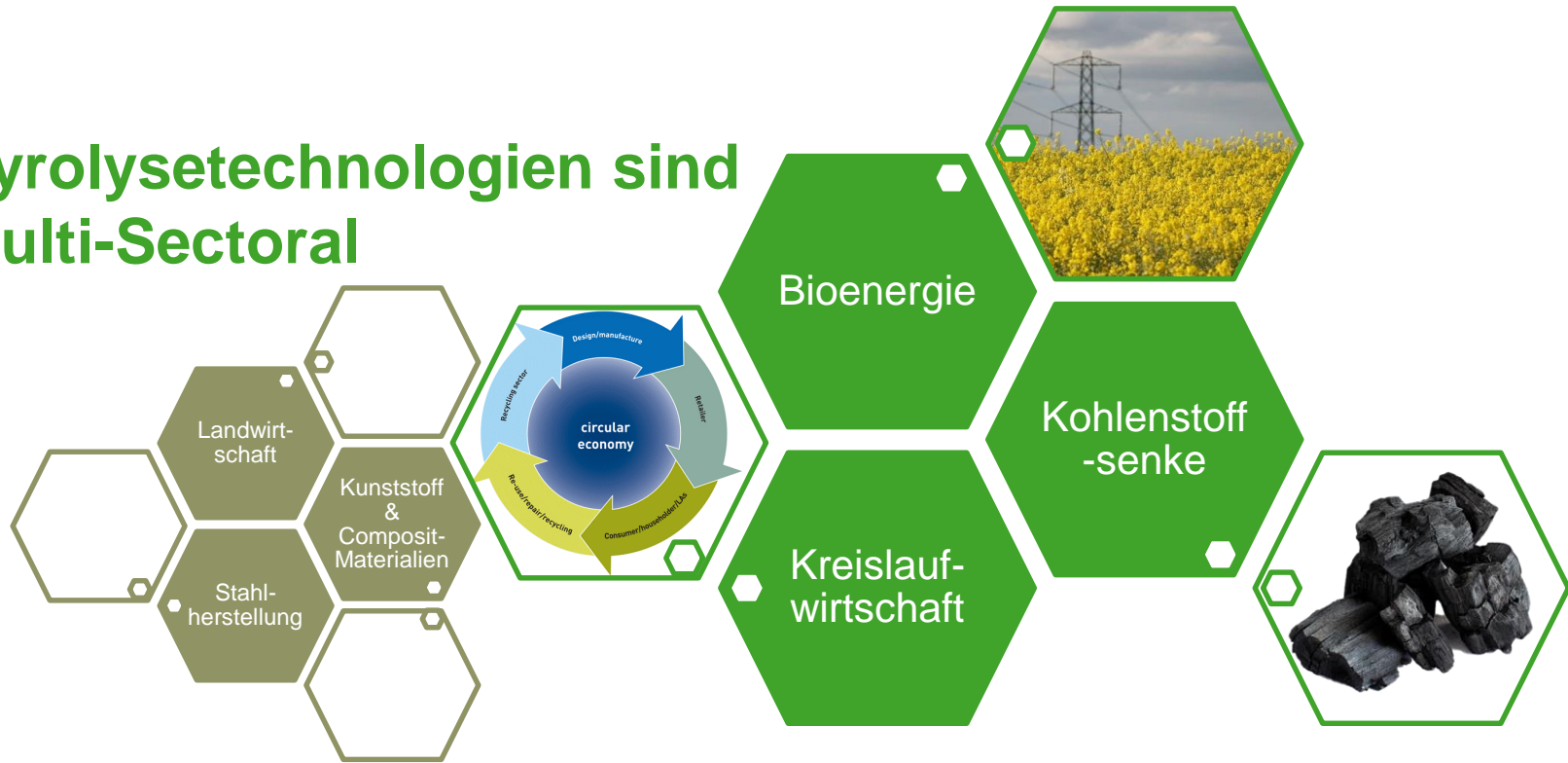
Gefördert durch

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

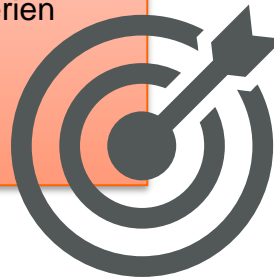
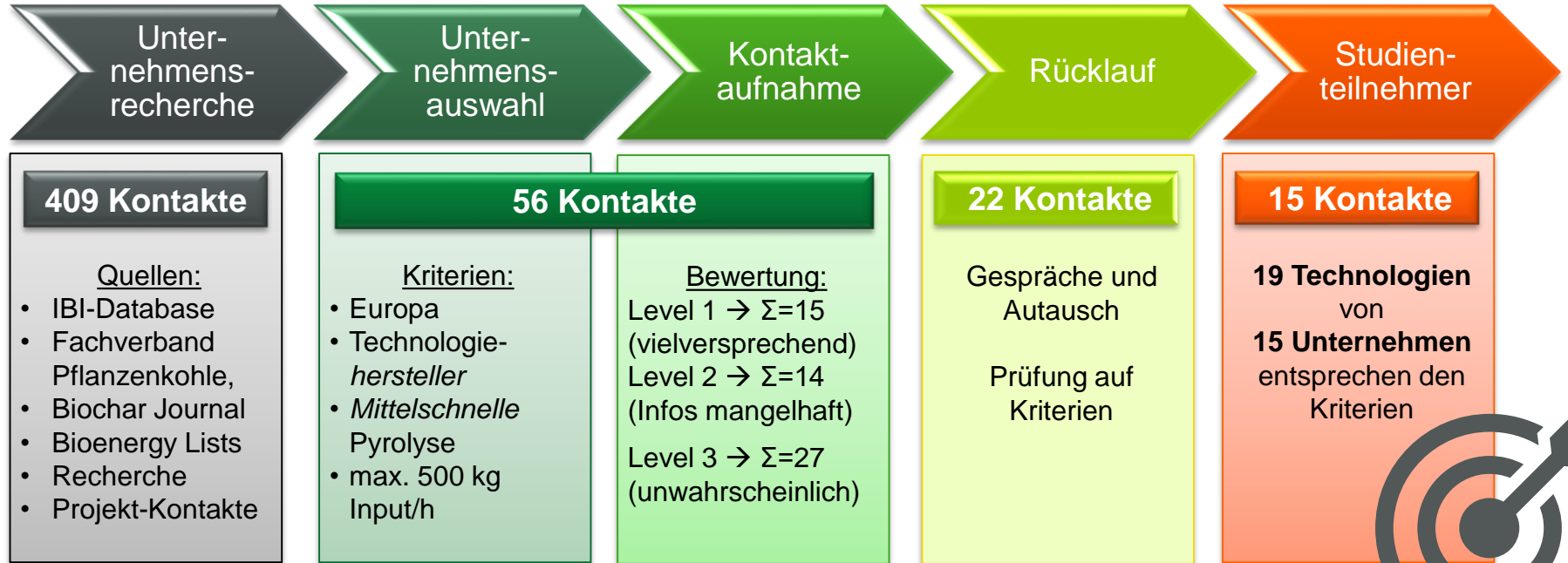
Manuel Schwabl, Franziska Klauser, Markus Schwarz



Pyrolysetechnologien sind Multi-Sectoral



Unternehmenskontakte



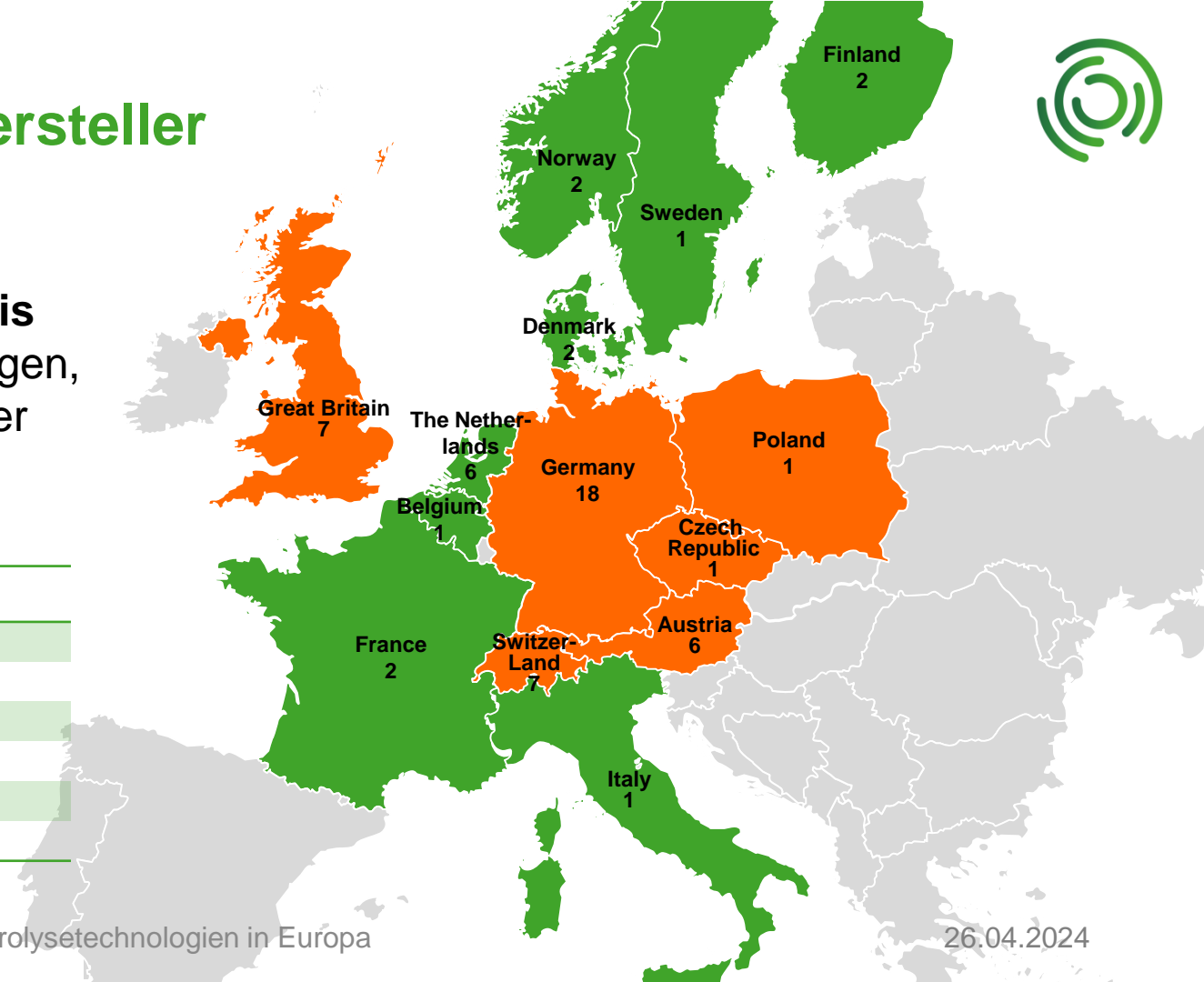
Europäische Hersteller



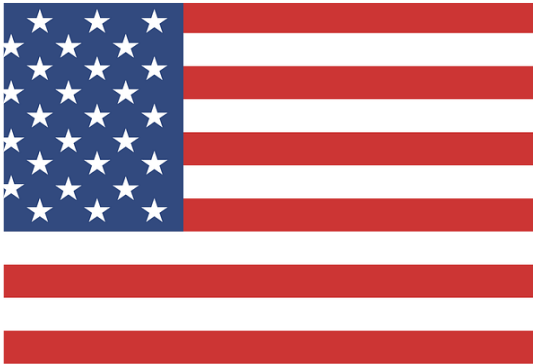
Intermediate Pyrolysis
Dezentrale Anwendungen,
insgesamt 57 Hersteller

Studienteilnehmer

Country	
Germany	9
Switzerland	2
Great Britain	1
Austria	1
Czech Republic	1
Poland	1



Pyrolyse Weltweit



USA

- Von klein bis groß
- Förderungen



Asien – Pazifik

- Co-Combustion
- Große Anlagen



Afrika

- Ersatz von Holzkohle



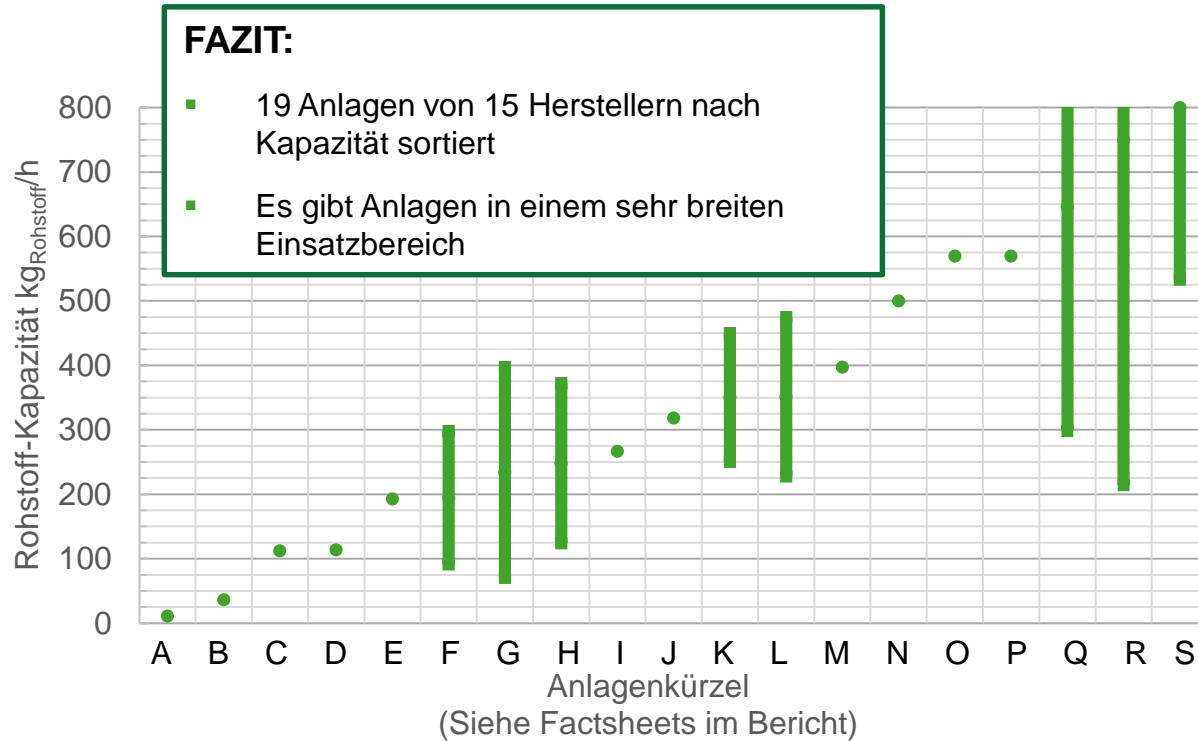
Technologie - Daten

- Kapazitäten
- Rohstoffe
- Produkte
- Technologie
- CAPEX
- OPEX
- Zielmärkte
- Technologiereife



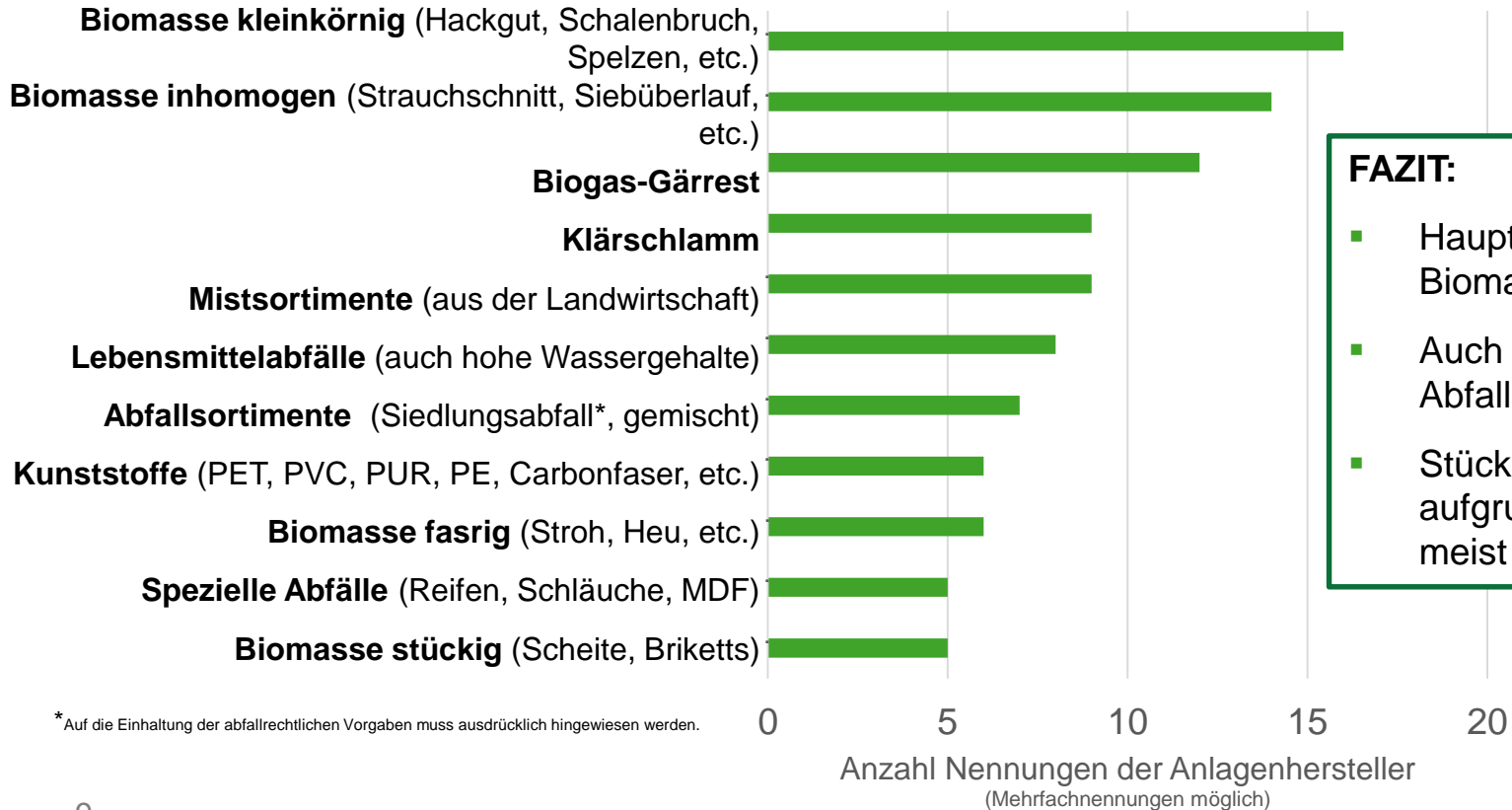


Kapazitäten der erhobenen Anlagen





Eignung der Anlagen für Roh-/Reststoffe



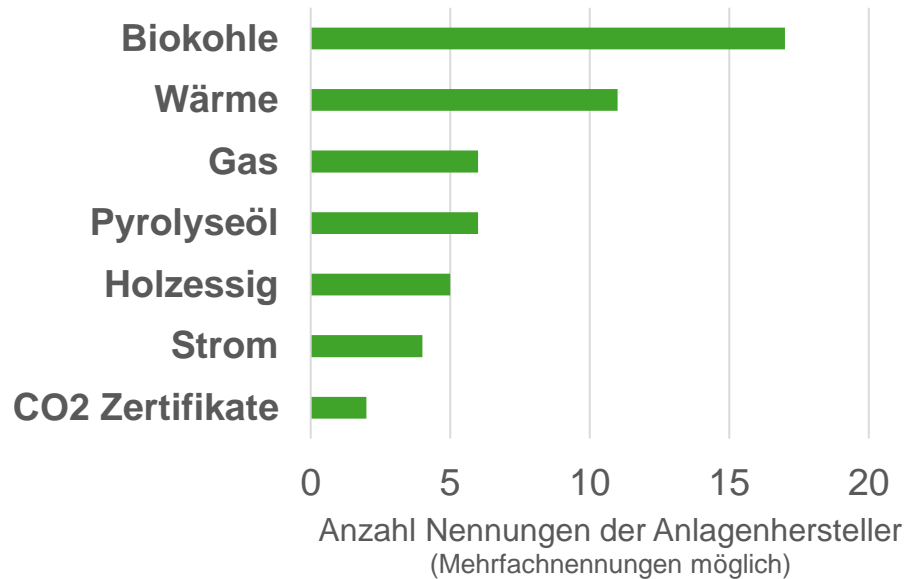
FAZIT:

- Hauptsächlich Biomasse-Schüttgüter
- Auch spezielle Abfallsortimente
- Stückige Biomasse aufgrund Anlagentechnik meist schwierig

* Auf die Einhaltung der abfallrechtlichen Vorgaben muss ausdrücklich hingewiesen werden.



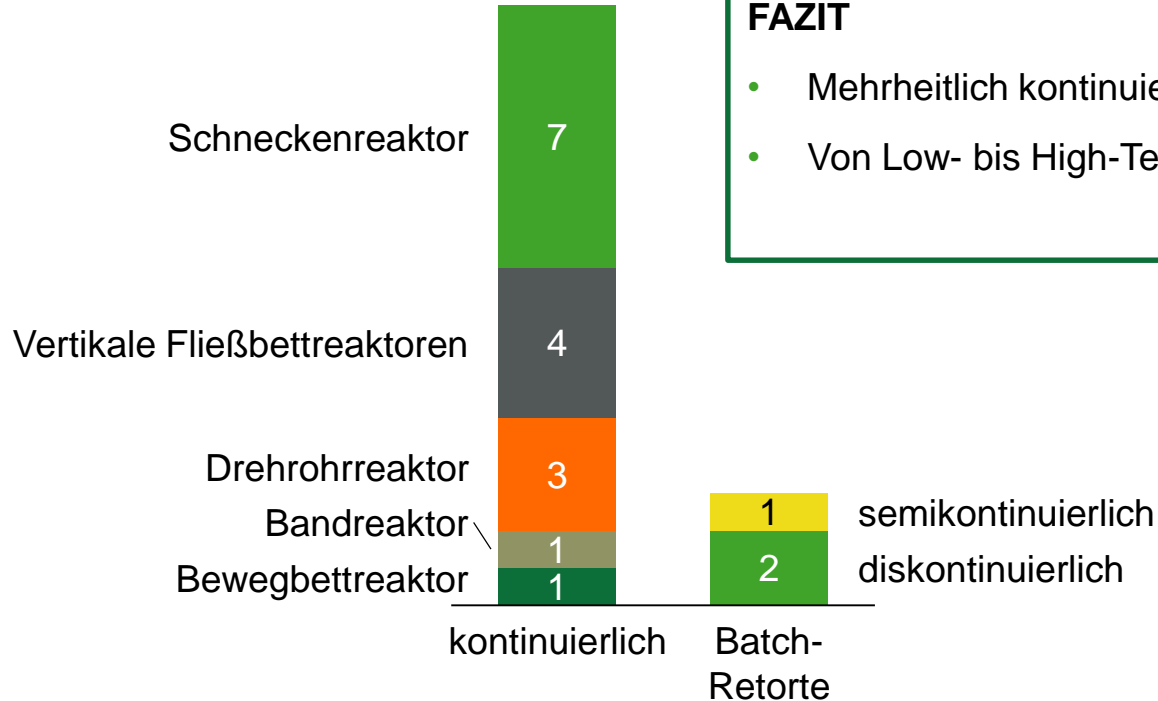
Mögliche Produkte der erhobenen Anlagen



FAZIT

- Schwerpunkt: Biokohle mit Pyrolysegasnutzung für Wärmeerzeugung, Viel Erfahrungswerte mit EBC-Zertifizierung
- Energie-Integration ist nicht immer vorgesehen und hat eher untergeordnete Rolle
- Nutzung von Gas und Öl möglich
- Gas speziell für Energienutzung vorgesehen
- Wenig Erfahrung mit CO₂ Zertifikaten (z.B. PuroEarth.com,...)

Pyrolyse-Technologien



FAZIT

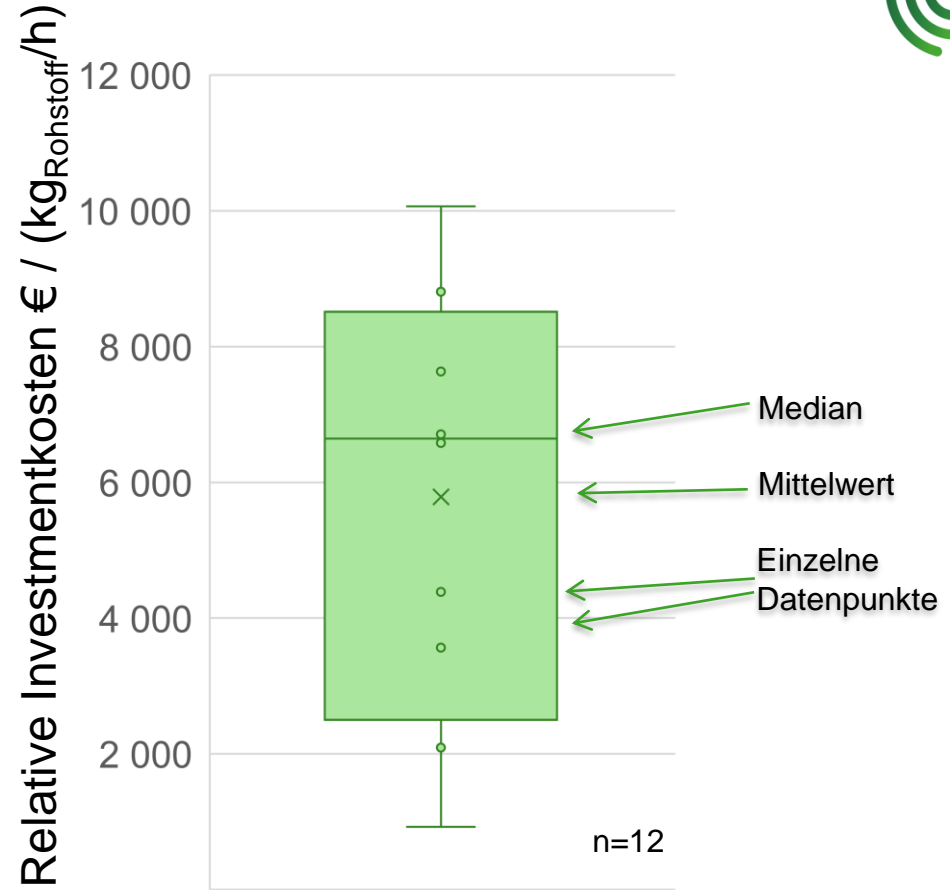
- Mehrheitlich kontinuierliche Systeme
- Von Low- bis High-Tech Systeme



Relativer CAPEX

FAZIT

- Mittlerer Investitionspreis:
5800 €/ (kg/h) oder
1.450.000 €/MW
(Rohstoffleistung)
- Hoher Schwankungsbereich
- Kein Trend entsprechend der Kapazität ersichtlich

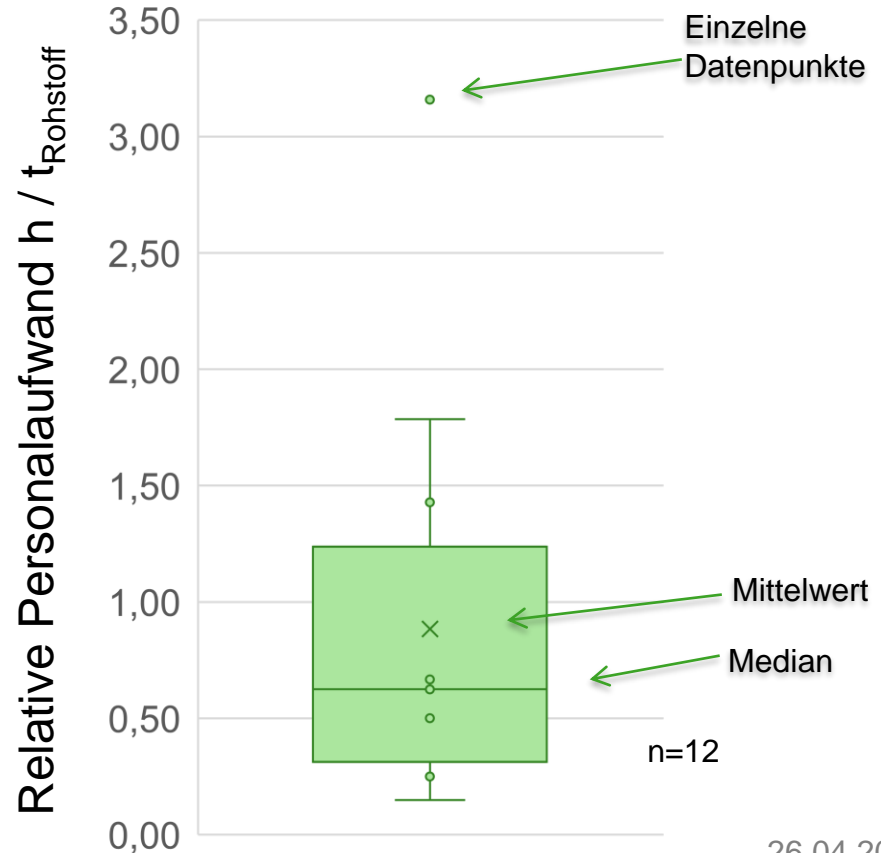




OPEX - Personalaufwand

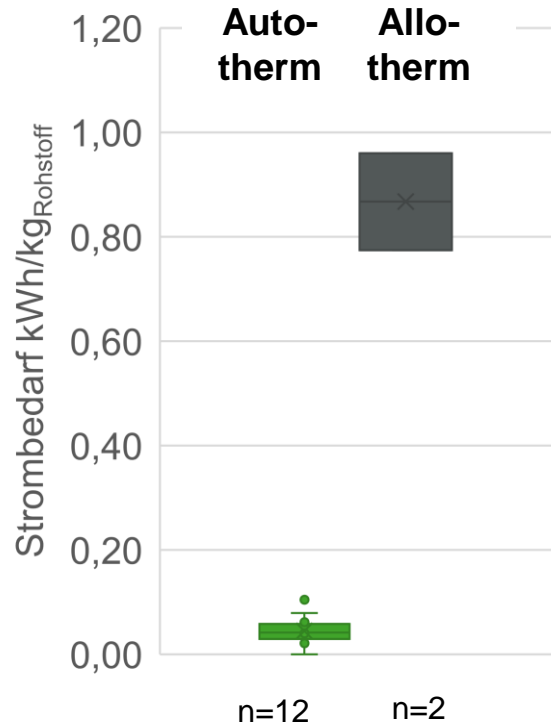
FAZIT

- Mittlerer Personalaufwand:
0,9 h/t Rohstoffeinsatz bzw.
4,5 h/t Biokohle
(bezogen auf Hackgut mit 20% Wassergehalt,
25% Ausbeute)
- Mittelwert für kontinuierliche
Anlagen: 0,6 h/t (Rohstoffeinsatz)
- Höherer Personalaufwand bei
Batchanlagen
- Für fast alle Anlagen ist zusätzlich
Fernüberwachung erforderlich





OPEX - Strombedarf



Autotherm – Energie des Rohstoffes wird genutzt für Prozess

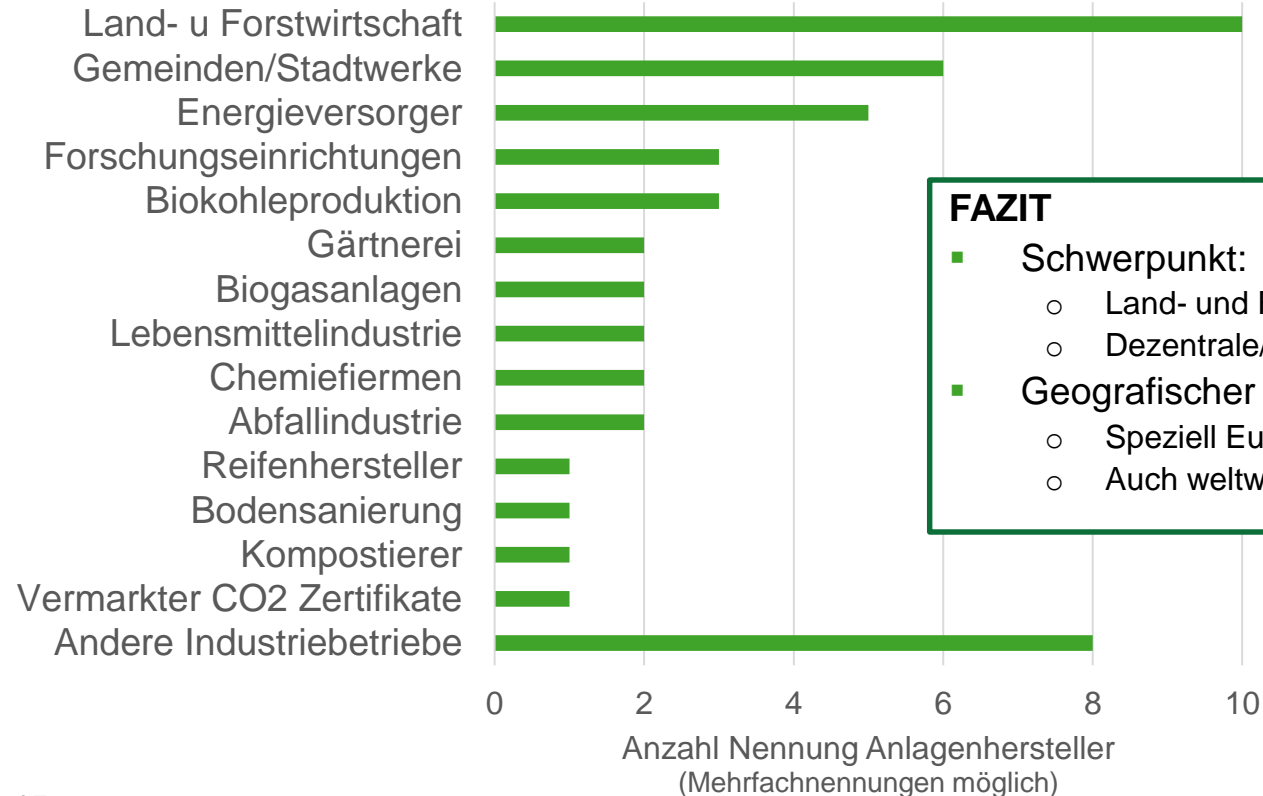
Allotherm – externe/zusätzliche Energie wird benötigt für Prozess

FAZIT

- Autotherme Pyrolyse-Anlagen brauchen vergleichbar viel Strom als Verbrennungsprozesse
- Allotherme Prozesse benötigen einen signifikanten Stromaufwand, und ist stark abhängig von Rohstoff und Technologie



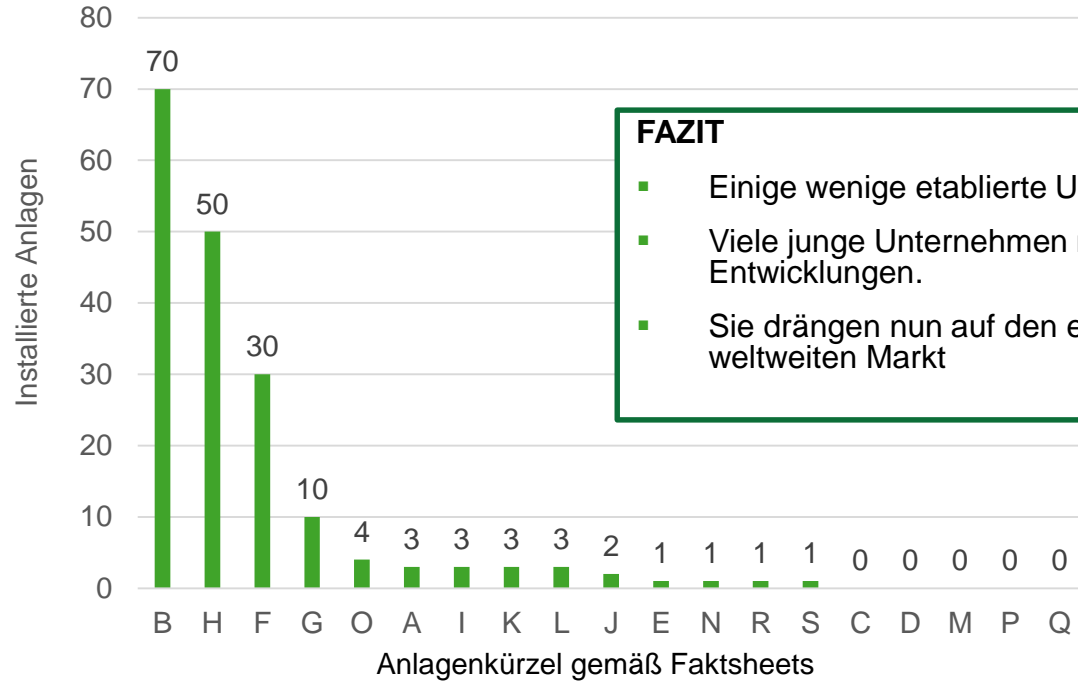
Zielmarkt laut Hersteller



FAZIT

- **Schwerpunkt:**
 - Land- und Forstwirtschaft
 - Dezentrale/kommunale Einrichtungen
- **Geografischer Schwerpunkt:**
 - Speziell Europa
 - Auch weltweit (speziell Nordamerika, Asien)

Technologiereife



Factsheets

Firma: Pyromat GmbH
<https://www.pyromat.ch/>
Bezeichnung: Pyroform P10
 (Anlage A)



FACTSHEET PYROLYSEANLAGE

FACTSHEET PYROLYSEANLAGE

6. Peripherie/Integration ins Gesamtsystem:
 Rohstoffzuführung, Dosierung und Maß- Nachschleiche zur Beschickung, danach manuelle
 nahmen gegen Luftfeinrät: Verschleudung des Pyrolysestromes mit Bremsbremse
 Kohleaustrag & -kühlung: Kühlung im Reaktor - Abstrahlung mittels langwelliger

Firma: SPSC GmbH
www.spsc.de
Bezeichnung: Mobile Retorten VARIO L+
 (Anlage B)



FACTSHEET PYROLYSEANLAGE

FACTSHEET PYROLYSEANLAGE

6. Peripherie/Integration ins Gesamtsystem:
 Rotationsführung, Dosierung und Maß- betrieberspezifisch, manuell oder mittels technischer Hilfsmittel
 nahmen gegen Luftfeinrät: Kühlung im Reaktor - Kohleaustrag über oberen Deckel mittels
 Kohleaustrag & -kühlung: Kipmechanismus
 Pyrolysegasnutzung: Vollständige Verbrennung

Firma: Pyrum Innovations AG
<http://www.pyrum.net>
Bezeichnung: Pyrum Thermolyse TA-1.3
 (Anlage C)

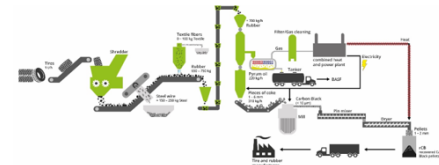


FACTSHEET PYROLYSEANLAGE

1. Grundprinzip/Verfahren:	Verfahren: Kontinuierlich Reaktortyp: Fließbettreaktor ¹⁾ Wärmeübertragung (Modus, Richtung): Elektrisch, über Heizplatten, Kreuzstrom Wärmequelle: Elektrisch Pyrolyseführung: Gleichstrom ²⁾ Alleinstellungsmerkmale / Besonderheit: Komplette Elektrisch beheizt, Permanent technisch dicht da keine beweglichen Teile, sehr präzises Temperaturprofil, Wartung möglich in vollem Betrieb Sonstiges: ¹⁾ vertikaler Schacht, mit Heizelementen, Rohstoff fällt auf heiße Platten ²⁾ Gas werden in einem zentralen Rohr in der Mitte im aufsteigenden Strom gesammelt und dann nach unten abgezogen
2. Rohstoff - Erfahrungen und Anforderungen:	Bisher erfolgreich getestete Rohstoffe: Carbonfaser verstärkte Kunststoffe(Laut), Reifen, Kohlenfaser verstärkte Kunststoffe, Schläuche, PUR Maximaler Wassergehalt: 2% Anforderungen Stückigkeit: nicht definiert Sonstiges: -
3. Produkte:	Hauptprodukt: Öl und rCB (recovered Carbon Black) Ausbeute Kohle (oder anderes Hauptprodukt): ~15% rCB und ~35% Öl (bezogen auf Reifenerohstoff ohne) Bisher erreichte Qualitätsstandards: REACH Zulassungen für Öl (Thermo tre oil) und Carbon black (rCB - Recovered carbon black) Sonstiges: -
4. Kapazität:	Referenzrohstoff: Altreifen Produktionskapazität Kohle (oder anderes Hauptprodukt): 40% Öl, 45% rCB, 15% Gas Rohstoffkapazität: 50 kg/h Volllaststunden pro Jahr: 7800 Stunden/Jahr Sonstiges: -
5. Betriebsparameter:	Möglicher Zietemperaturbereich: 650°C Typische Anlagenerweiterzeit: 40 min Systemdruck: Umgebungsdruck (leichter Unterdruck) Möglichkeit zur Leistungsreduktion: nicht vorgesehen Sonstiges: -

FACTSHEET PYROLYSEANLAGE

6. Peripherie/Integration ins Gesamtsystem:	Rohstoffzuführung, Dosierung und Maß- Stickstoffgeführter Vorlagebehälter und Doppelschieber mit nahmen gegen Luftfeinrät: Zwischenkammer zur Dosierung (auch mit Stickstoff gefüllt). Kohleaustrag & -kühlung: Austrag über stickstoffgeführten Plattenkühler über Doppelschieber und Gasdichter Zentralschieuse Pyrolysegasnutzung: Vollständige Verbrennung bei >1000°C Integration im Wärmeverbund: keine Standardlösung, projektspezifisch Platzbedarf: Zwischen 140 m ³ und 15.000 m ³ Mobilität: nicht vorgesehen Sonstiges: Öl wird dekantiert, Abwärme 10%, hohe Temperaturen für Wirbelschichttrockner der Pelletieranlage
7. Ökonomische Daten:	Anschaffungspreis: 1.000.000 € vor Ort Durchschnittlicher Arbeitsaufwand: nicht definiert Bedarf Betriebsmittel (Arz, Kosten): Stickstoff, ca. 400 € im Monat Erforderliche Anschlussleistung: - Mittlerer Strombedarf: - Frequenz und Aufwand für Service und Wartung: Reinigung alle 8 Wochen für 3 Tage, Komplettstillstand 1 Mal pro Jahr für 3 Wochen Sonstiges: -
8. Markt und Referenzen	Zielmarkt (Branche; geografisch): Reifenhersteller, Chemiefirmen, Autoindustrie; Europa Installierte Anlagen: 0 (Erfahrung mit größeren Anlagen, mehrere Anlagen dieser Dimension in Planung) Referenzanzahl: -



mehr Details zu den Anlagen im Bericht zur Studie!





Case-Studies & Wirtschaftlichkeits betrachtung

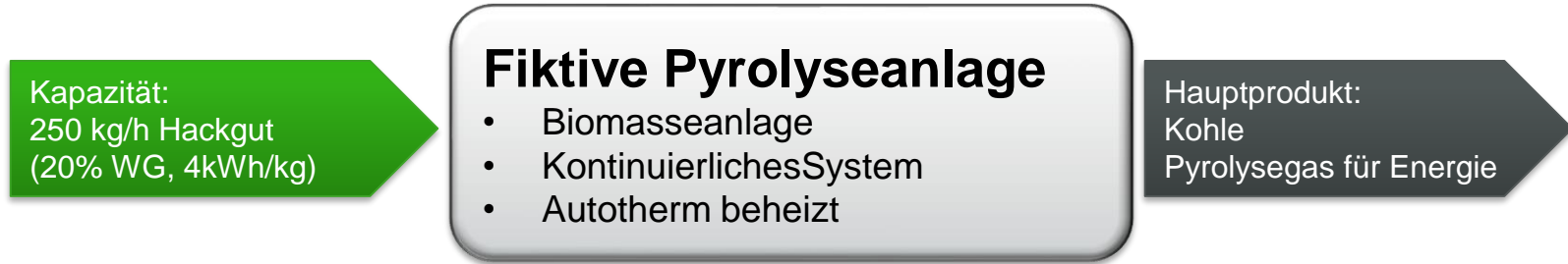
- Vergleich mit Bioenergieanlagen
- Sensitivitätsanalyse





Wirtschaftlichkeitsanalyse - Annahmen

- Berechnungen anhand einer **fiktiven Pyrolyseanlage**

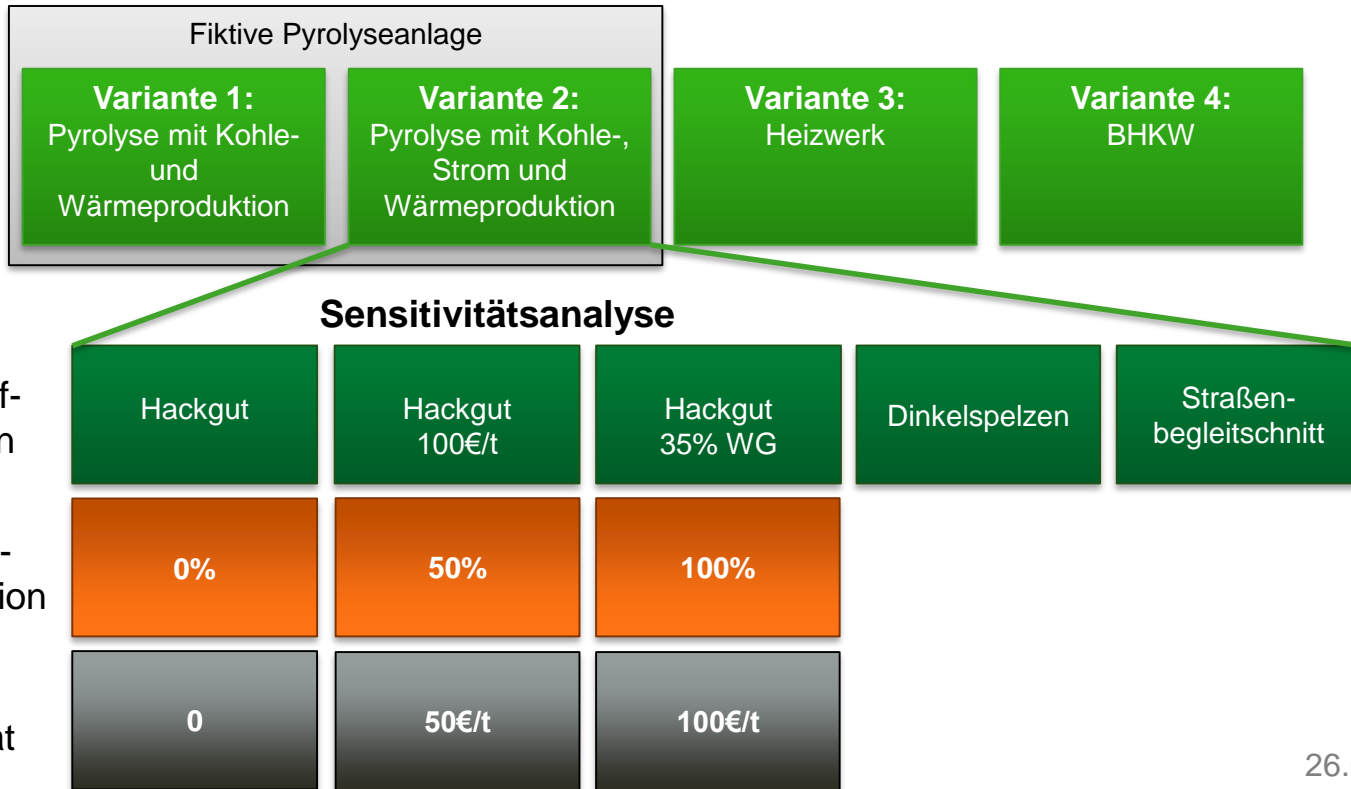


- Anwendung der Erhebungsdaten (Investkosten, Personalkosten, Betriebsstunden,...)

Weitere Annahmen:

- **Ausbeuten:** Kohleausbeute 25%, Verbrennung: $\eta_{\text{therm}}=95\%$, KWK: $\eta_{\text{el}}=20\%$, $\eta_{\text{therm}}=70\%$
- **Preise:** Hackgut: 110€/t_{atro}, Kohle: 700 €/t, Wärme 0,05€/kWh, Strom 0,125 €/kWh, Verkauf von 50% der anfallenden Wärme
- **Investition:** Invest Verstromung: 5.000 €/kW, Investitionszinssatz: 3,5%,

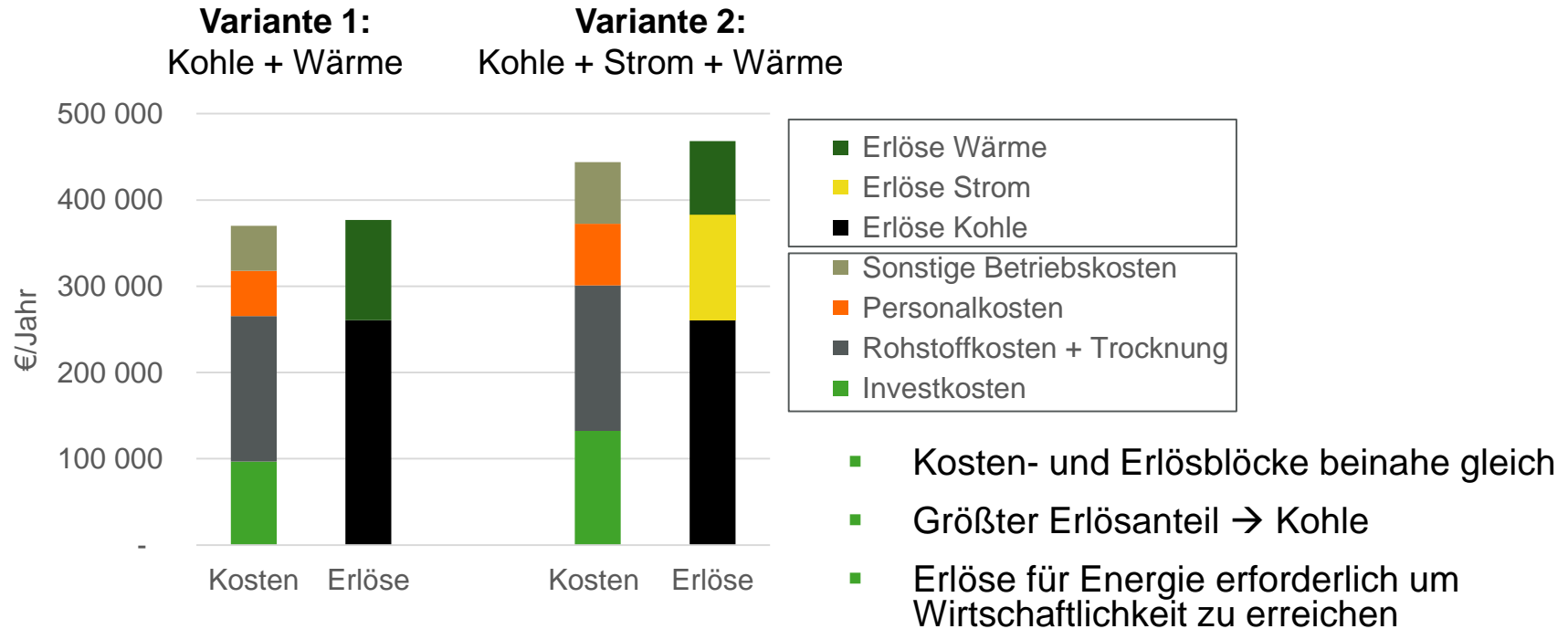
Wirtschaftlichkeitsanalyse - Herangehensweise





Wirtschaftlichkeit Pyrolyse

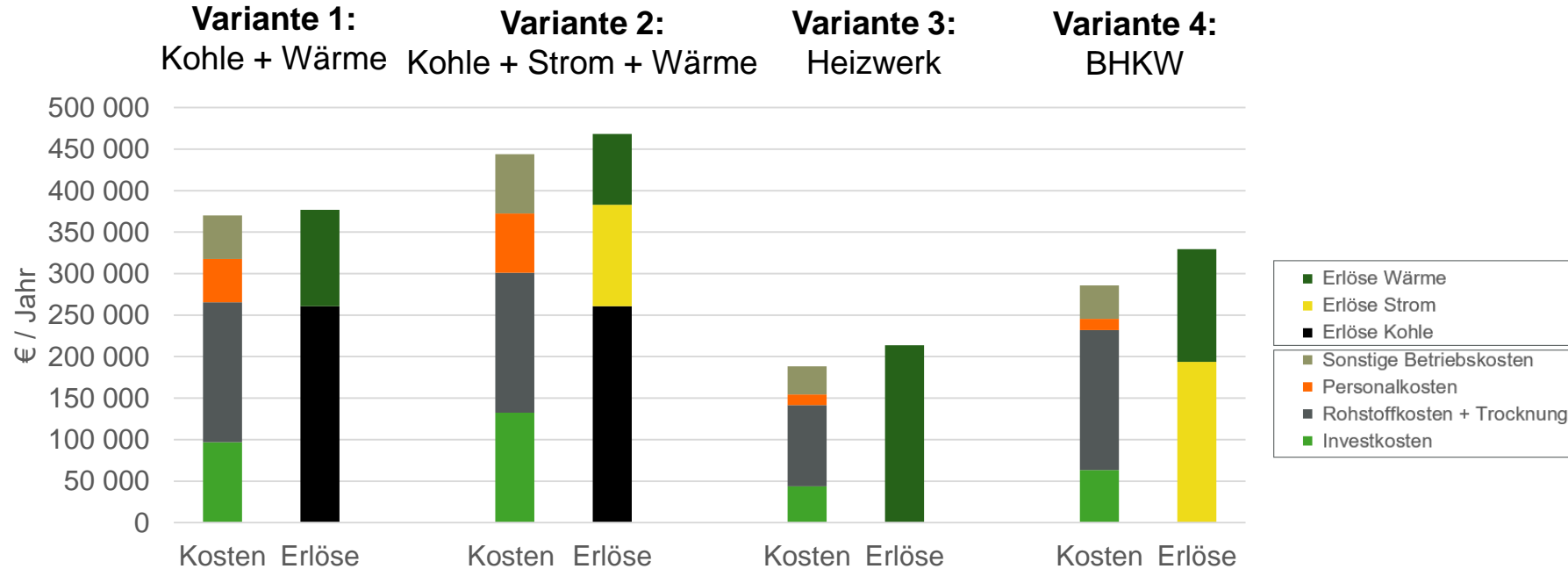
jährliche Kosten- und Erlösstruktur



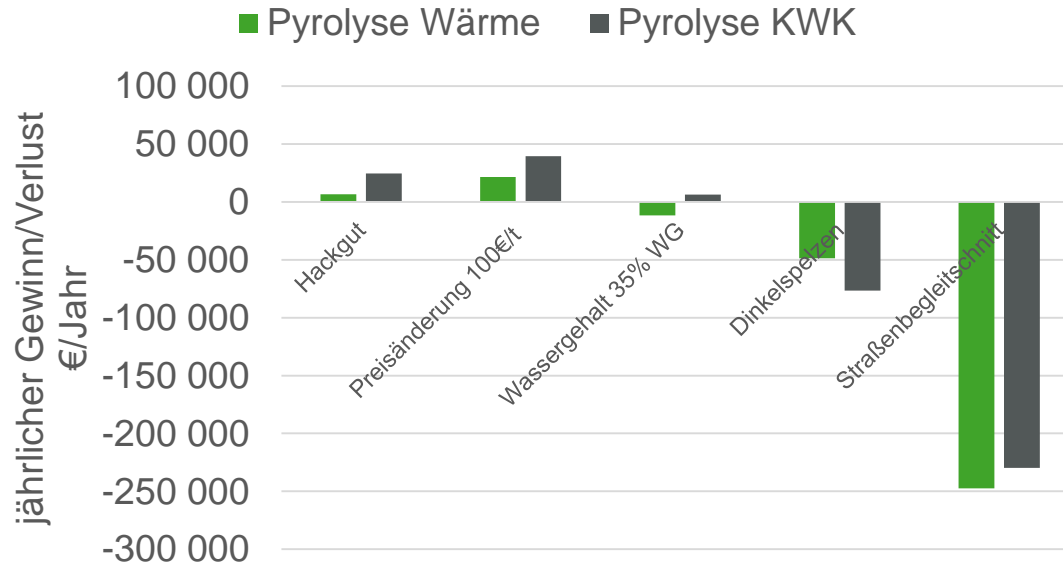


Wirtschaftlichkeit

Vergleich Pyrolyse und Verbrennungstechnologien



Sensitivitätsanalysen - Rohstoff



FAZIT

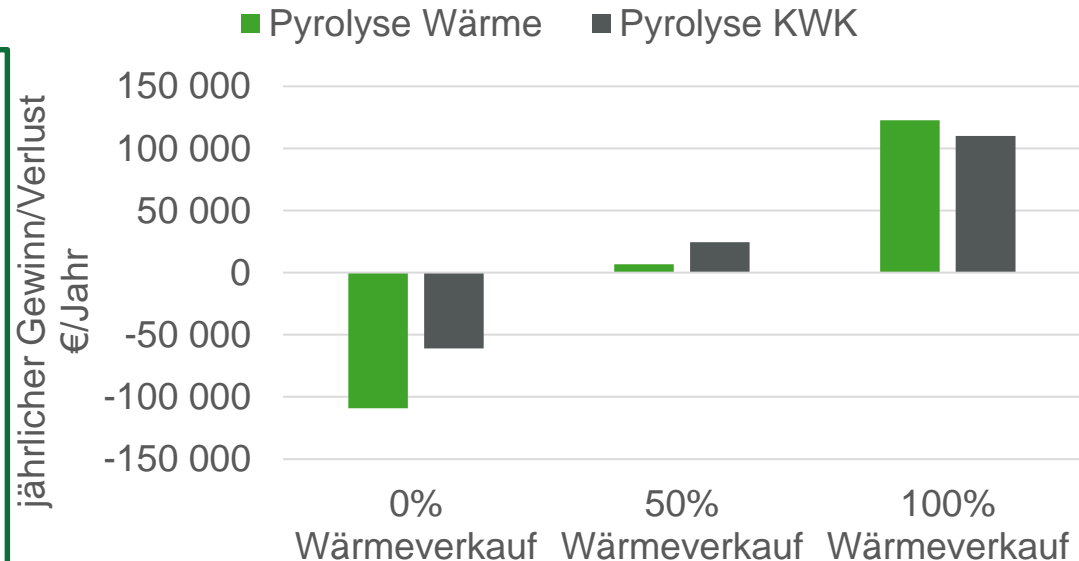
- Rohstoff-Preisänderung um ca.10% hat ca. 4% Einfluss auf Kostenseite.
- Wassergehalt von 20 auf 35% resultiert in ca. 4% Reduktion der Erlöse
- Effekt von Rohstoff Dichte (Dinkelspelzen) ist hier sehr stark dargestellt, in Realität ist dieser deutlich schwächer, da nicht alle Anlagenkomponenten auf die geringere Dichte ausgelegt werden müssen, was hier nicht dargestellt ist.
- Rechtliche Einschränkungen - Verwertung von Biokohle aus Straßenbegleitschnitt ist aktuell in Österreich nicht erlaubt - eine Pyrolyse ohne Kohlenstoffvalorisierung ist **nicht** wirtschaftlich



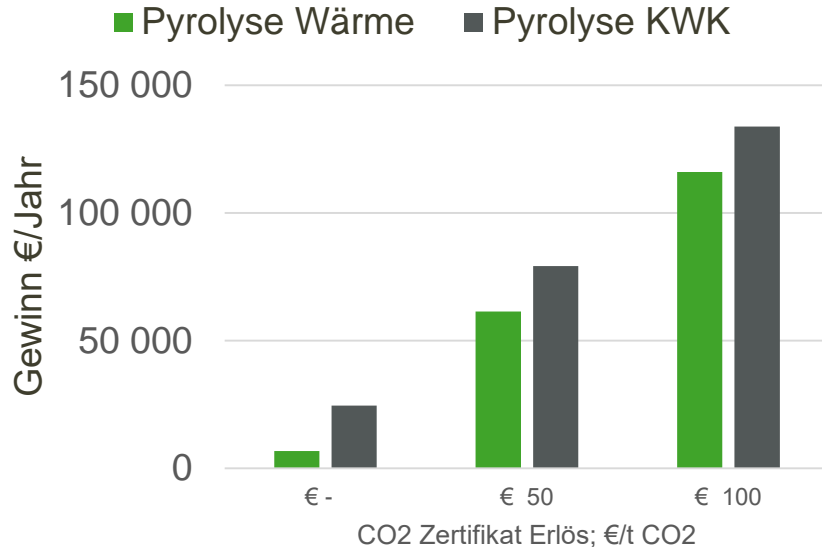
Sensitivitätsanalyse - Energieintegration

FAZIT

- Energieintegration hat einen signifikanten Einfluss auf Wirtschaftlichkeit
- Ausgehend von einem Base-Case von 50% Wärmeverkauf, verändern sich die Erlöse um +/- 30%
- KWK-Technologie schwächt diesen Effekt etwas ab



Sensitivitätsanalyse – CO₂ Zertifikat Verkauf



FAZIT

- Zusätzliche Einnahmen können Risiko an Wärmeintegration und Rohstoff-Qualität deutlich abpuffern.
- Aktuell wird Biokohle nicht im ETS gehandelt. Es gibt aber diverse private Plattformen, welche die CO₂ Senken verkaufen.
- Bereits mit 50€/t CO₂ können die Erlöse um 14% gesteigert werden.



Schluss- folgerungen

Technologiestatus in
Europa
Technologie-Variation
Wirtschaftlichkeit



Schlussfolgerungen



Technologiestatus

- Dynamischer Markt
- Unsicherheiten bei Anwendern
- Wenig etablierte Standards



Technologievariationen

- Breites Rohstoff-Spektrum
- Variable Produkte
- Unterschiedliche Technologisierung

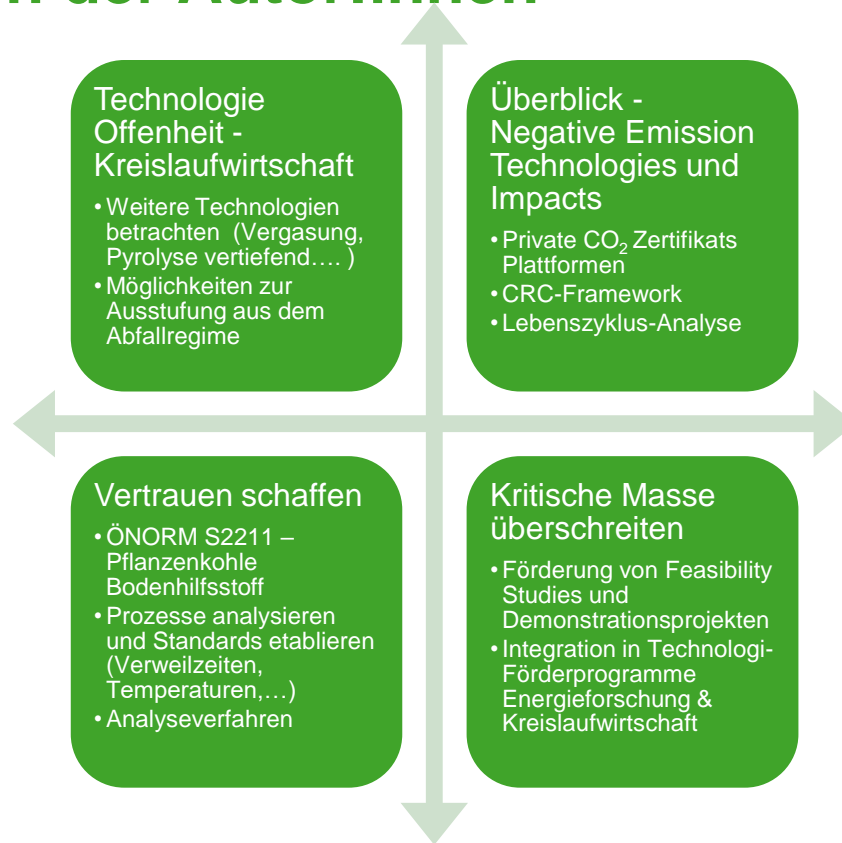


Wirtschaftlichkeit

- Vergleichbarkeit zu Biomasse-Heizanlagen
- Energie-Integration, Produktabsetzbarkeit als größtes Risiko
- Zusätzliche Einnahmen aus CO2 Zertifikaten große Chance



Empfehlungen der Autor:innen





Manuel Schwabl

manuel.schwabl@best-research.eu

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



v.l.n.r.: Stefan Martini, Markus Schwarz, Jakob Sarsteiner, Konstantin Moser, Irene Sedlmayer, Franziska Klauser, Elisabeth Wopienka, Manuel Schwabl. Nicht am Bild: Elisa Carlon, Don Thomas, Jasha Keiffenheim

Want a reminder for the report,
as soon as it is available?



26.04.2024