

PYROLYSE MIT DEM CARBON-TWISTER

Entwicklung und Optimierung einer Anlage zur Pyrolyse von Gärprodukt

Prodana GmbH, 30.03.23

Dipl.-Ing. Kemal Lepenica & Dipl.-Ing. Sebastian Ebert



ZIELSETZUNGEN / ANFORDERUNGEN

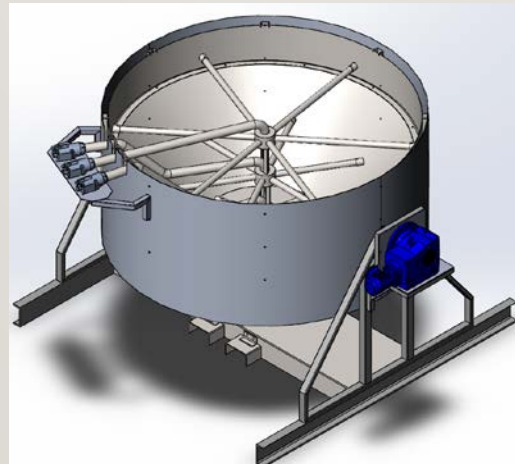
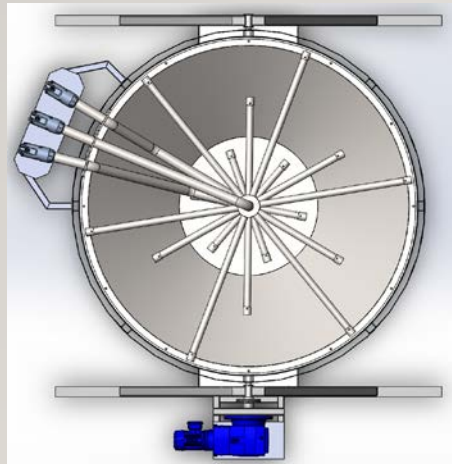
- Entwicklung eines Pyrolyseofens
 1. um für das Forschungsprojekt Pflanzenkohle produzieren zu können.
 2. der **praxistauglich und ökonomisch** im landwirtschaftlichen Umfeld eingesetzt werden kann.
 3. speziell mit Gärprodukt aus Biogasanlagen arbeiten kann. Zielsetzung war zu Beginn, den Pyrolyseprozess mit einem Gemisch aus **30% Gärprodukt und 70% Hackschnitzel** fahren zu können.
 4. um die benötigte Menge an Stroh im Stall für die Liegefläche zu vermindern.

TECHNOLOGISCHER AUSGANGSPUNKT



- Kon-Tiki: Ein Art „trichterförmige Feuerschale“, mit der sich Pflanzenkohle herstellen lässt.
- Das Funktionsprinzip basiert auf einer sich einstellenden Luftströmung oberhalb der Flamme, die eine Sauerstoff-Mangelatmosphäre erzeugt.

ERSTER PROTOTYP



- Größeres Volumen
- Luftzufuhr und Zündung durch Verrohrungssystem
- Ablöschung mit Wasser im Kessel
- Abbrand ohne Dach
- Einfacher Boden

ZWEITER PROTOTYP



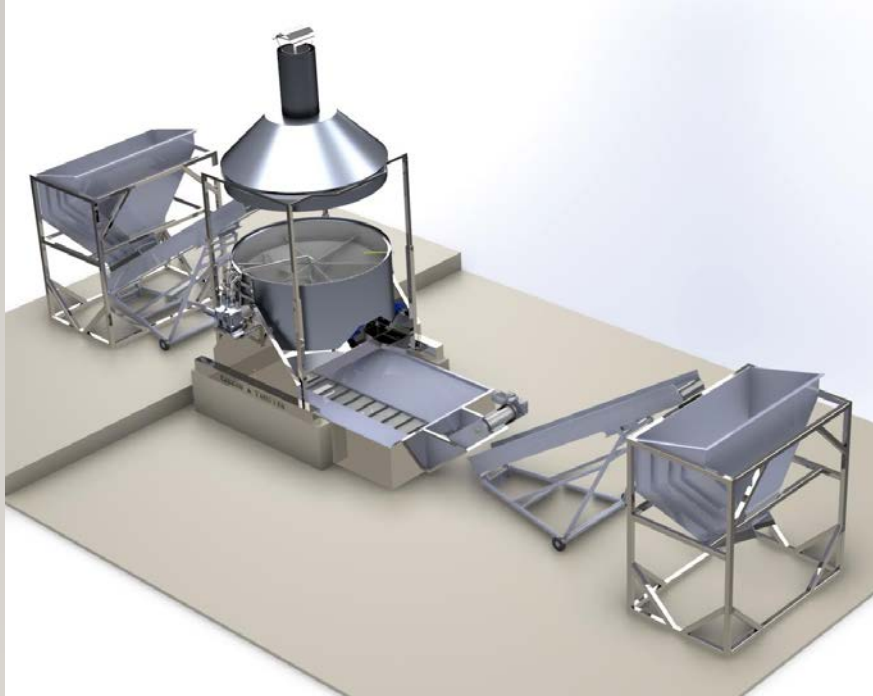
- Automatisierung bei Be- und Entladung.
- Ablöschwanne mit integriertem Förderband.
- Geschützte Verbrennung mit Dach.
- Deutliche Steigerung der Pflanzenkohlequalität.

FINALE ANLAGE



- Digitale Prozessüberwachung per App.
- Isolierung des Dachs: Verbesserte Abgaswerte und Vorbereitung zur Nutzung der Abwärme.
- Zufuhr über Input-Bunker.
- Starke Reduzierung der Staubbelastung durch Umhausung des Förderbands.
- Pyrolyse mit 100% Gärrest möglich.

AUSBLICK



- Neuester Anlagentyp (gerade im Aufbau).
- Integrierte Vortrocknung im Input-Bunker.
- Höchstmögliche Automatisierung.
- Verwertung von Wärme.

VERSUCHE ZUR BRIKETTIERUNG



- Gewählte Form:
Rund, Durchmesser ca. 5cm, Höhe ca. 1 cm

- Anfangs unklare Situation: Muss Gärprodukt vorab brikettiert werden?
- Ergebnisse:
 - Energiedichte zu hoch (Temperatur)
 - Schlechte Zündung
 - Verschlackung/Verklebung mit Metallboden
 - Energieaufwand zum Brikettieren nicht unerheblich.
 - Zusätzlicher Arbeitsaufwand



BEGLEITUNG DURCH WEITERE PARTNER



- Optimierung des Verbrennungsprozesses.
- Umfangreiche Abgasmessungen.
- Isolierung des Dachs zur Steigerung der Reaktionskinetik
- Einhaltung der Grenzwerte nach 1. und 4. BImSchV.
- Anbauversuche im Topf, im Gewächshaus, Freiland.



Gärprodukte



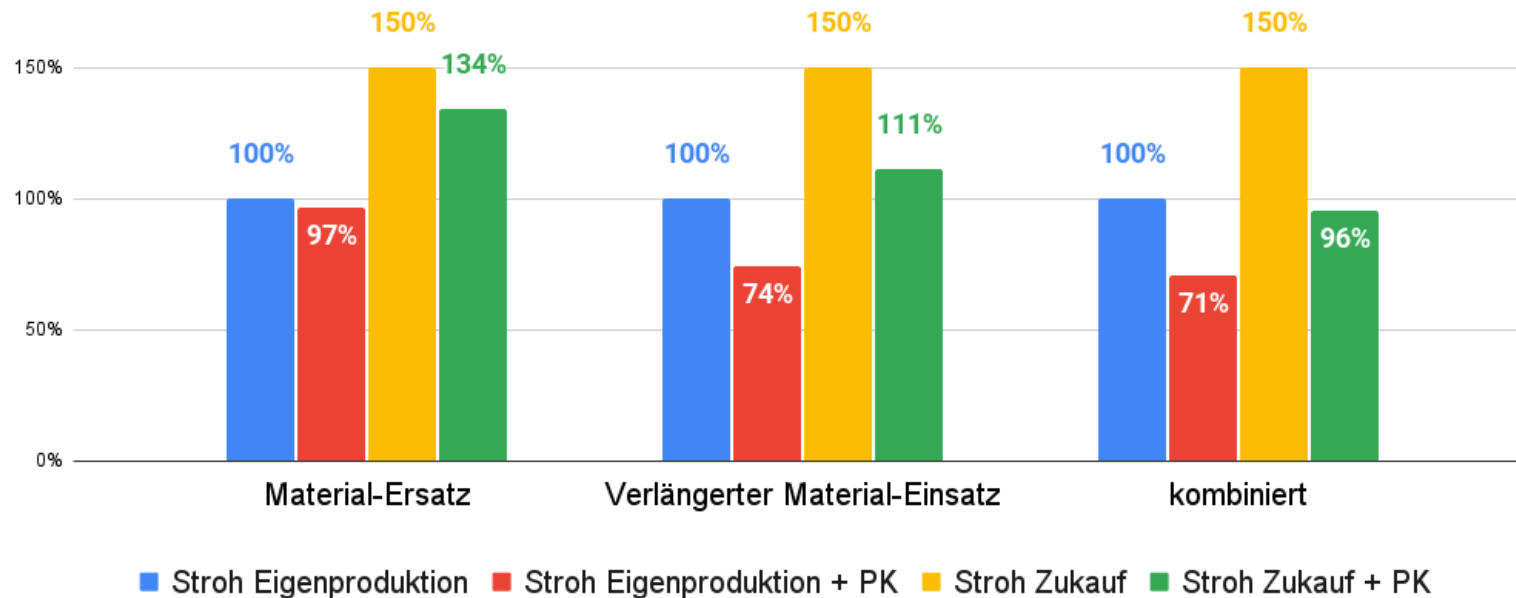
LABORUNTERSUCHUNGEN 2022

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Vergleichswerte						Probenbezeichnung		Pflanzenkohle aus Gärsubstrat	
				EBC-Futter	EBC-AgroBio	EBC-Agro	EBC-Urban	EBC-Ge-brauchs material	EBC-Rohstoff	BG	Einheit	anl	wf
Eigenschaften der Pflanzenkohle													
Schüttdichte < 3 mm	FR		In Anlehnung an VDLUFA-Methode A 13.2.1								kg/m³	-	242
Wasserhaltekapazität (WHC) < 2 mm	FR		DIN EN ISO 14238, A: 2014-03								%	-	205,2
Gesamtwassergehalt	FR	FS	DIN 51718: 2002-06							0,1	Ma.-%	51,0	-
Aschegehalt (550°C)	FR	FS	DIN 51719: 1997-07							0,1	Ma.-%	28,3	57,7
Kohlenstoff gesamt	FR	FS	DIN 51732: 2014-07							0,2	Ma.-%	17,5	35,6
Kohlenstoff, organisch	FR		Berechnung								Ma.-%	17,2	34,9
Wasserstoff	FR	FS	DIN 51732: 2014-07							0,1	Ma.-%	0,6	1,2
Stickstoff, gesamt	FR	FS	DIN 51732: 2014-07							0,05	Ma.-%	0,57	1,16
Schwefel (S)	FR	FS	DIN 51724-3: 2012-07							0,03	Ma.-%	0,15	0,31
Sauerstoff	FR	FS	DIN 51733: 2016-04								Ma.-%	2,9	6,0
TIC	FR	FS	DIN 51726: 2004-06							0,1	Ma.-%	0,3	0,7
Carbonate-CO2	FR	FS	DIN 51726: 2004-06							0,4	Ma.-%	1,2	2,4
H/C Verhältnis (molar)	FR		Berechnung									0,39	0,39
H/Corg Verhältnis (molar)	FR		Berechnung	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7			0,39	0,40
O/C Verhältnis (molar)	FR		Berechnung									0,124	0,127
pH in CaCl2	FR		DIN ISO 10390: 2005-12									9,7	-
Salzgehalt	FR		BGK III, C2: 2006-09							0,005	g/kg	7,51	-
Salzgehalt	FR		BGK III, C2: 2006-09							0,005	g/l	1,82	-
Leitfähigkeit bei 1,2 t Druck	FR		SAA-H-LF-Pflanzenkohle 040							0,01	mS/cm	-	4,5
Leitfähigkeit bei 2 t Druck	FR		SAA-H-LF-Pflanzenkohle 040							0,01	mS/cm	-	6,0
Leitfähigkeit bei 3 t Druck	FR		SAA-H-LF-Pflanzenkohle 040							0,01	mS/cm	-	7,1
Leitfähigkeit bei 4 t Druck	FR		SAA-H-LF-Pflanzenkohle 040							0,01	mS/cm	-	7,3

- Untersuchung Pflanzenkohle aus 100% Gärprodukt.
- Analyseergebnisse Eurofins: Es werden alle 6 Qualitätsstufen nach EBC-Zertifikat erfüllt. Einzig der Zink-Grenzwert wird für die Kategorien „Futter“ und „AgroBio“ leicht überschritten. Das hängt jedoch vom Ausgangsmaterial, nicht vom Prozess ab.

KOSTENREDUKTION BEIM EINSTREU

Kostenvergleich Einstreu bei Stroh Eigenproduktion, Stroh Zukauf sowie mit und ohne Zusatz von Pflanzenkohle



- Stroh Selbstkosten: 100€/Tonne
- Stroh Zukauf: 150€/Tonne
- PK Selbstkosten: 92€/m³
- Mischungsverhältnis:
500kg Stroh mit 350 Liter PK

MENGEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

Ertrag Pflanzenkohle	
Vollkosten PK	92 €/m ³ PK
Abgabepreis PK	220 €/m ³ PK
Ertrag PK	128 €/m ³ PK
Jahresertrag Verkauf PK	139.840 €/Jahr

Ertrag Wärmeenergie	
Mittlere nutzbare Wärmeleistung	110 kW
Nutzbare Wärmeenergie	545.600 kWh/Jahr
Preis Wärme	0,06 €/kWh
Jahresertrag Wärme	32.736 €/Jahr

Ertrag CO ₂ -Zertifikate	
Masse Kohlenstoff netto	222 kg PK/Tag
CO ₂ -Senkenpotenzial pro Tag	814 kg CO ₂ -Äquiv./Tag
CO ₂ -Zertifikatpreis	80 €/Tonne CO ₂
Jahresertrag aus CO₂-Zertifikaten	20.176 €/Jahr

Ertrag gesamt	
Konsolidierter Jahresertrag	192.752 €/Jahr

- **Durchsatz pro Jahr**
(310 Arbeitstage) bei 16 Stunden Betriebszeit pro Tag:
 - 1.317 Tonnen Gärprodukt (TS 30%)
 - 3.637 m³
 - 164 Tonnen Pflanzenkohle (TS 80%), entspricht ca. 100kg (TS 80%) pro Durchgang
- **Anlagenkennzahlen:**
 - 2,2 m³ pro Durchgang
 - Pyrolysedauer ca. 3 Stunden/Durchgang
 - Aufstellfläche ca. 6m x 8m