

tgo AG

PFLANZENKOHLE ALS CARBON REMOVAL

Geologische Permanenz. Wissenschaftlich belegt.
Wirtschaftlich rentabel.

DAUERHAFTE CO₂-ENTNAHME DURCH PYROLYSE

100+
Mio. J.

Permanenz

36,5%

Ausbeute

80% C

Kohlenstoffgehalt

~150
EUR/t

CDR-Kosten

Bernhard Aumann, Vorstand
info@tgo.ag | +49 4474 949550

Inhaltsverzeichnis

01	Das Problem
02	Die Lösung: Pyrolyse
03	Wissenschaftliche Evidenz
04	Biochar im CDR-Vergleich
05	Die Pyrolyseanlage
06	Kohlenstoffbilanz
07	Wirtschaftlichkeit
08	Feedstock & Agroforst
09	Zertifizierungsstandards
10	Compliance & Reporting
11	Warum tgo AG?
12	Kontakt & nächste Schritte
A	Häufig gestellte Fragen

01 Das Problem

Die Permanenz-Asymmetrie: Warum klassische Kompensation versagt

Die Klimakrise entstand über Jahrtausende durch die Verbrennung fossiler Energieträger. Eine Tonne Kohle, Öl oder Erdgas setzt Kohlendioxid frei, das für 1.000 Jahre oder länger in der Atmosphäre verbleibt und das Klima destabilisiert. Klassische Kompensationszertifikate dagegen gelten nur für 20-30 Jahre. Dies schafft eine grundlegende Asymmetrie:

Ein 20-jähriges Zertifikat kann eine 1.000-jährige Emission nicht kompensieren.

— Mathematik der Permanenz

Kriterium	Fossile Emissionen	Klassische Zertifikate
Atmosphärische Verweildauer	1.000+ Jahre	20-30 Jahre
Permanenz-Match?	Nein	Nein
Regulatorische Anerkennung (langfristig)	Steigend	Kritisiert

Folge: Regulatoren (EU, CSRD, SBTi) verlangen zunehmend dauerhafte CO₂-Entnahme (CDR) statt zeitlich limitierter Kompensation. Die Asymmetrie zu schließen ist nicht nur moralisch richtig — es wird zur Geschäftspflicht.

02 Die Lösung: Pyrolyse

Karbonisierung statt Verbrennung

Pyrolyse ist die thermochemische Zerlegung von Biomasse bei hohen Temperaturen ohne Sauerstoff. Das Ergebnis ist Pflanzenkohle (Biochar) — ein Material, das chemisch der geologischen Substanz **Inertinit** entspricht. Dies ist dieselbe Substanz, die bei natürlichen Waldbränden entsteht.

Biomasse	Pyrolyse (550°C+)	Pflanzenkohle	CO2-Bindung
Holz, Strauchwerk	Karbonisierung ohne Sauerstoff	Inertinit-Qualität	100+ Millionen Jahre

Kernzahlen der Pyrolyse:

- 365 kg Biochar pro Tonne trockenes Holz
- 80% Kohlenstoffgehalt
- Inertinit-ähnliche mineralische Struktur
- Resistenz gegen Oxidation: ~100 Millionen Jahre Halbwertszeit

03 Wissenschaftliche Evidenz

Inertinit-Permanenz — nicht Hoffnung, sondern Wissenschaft

100+ Mio. J.

Halbwertszeit

2% Ro

IBRo2%-Schwelle

76%

Markt-Compliance

15 Jahre

Feldversuch belegt

Inertinit-Benchmark (Prof. Hamed Sanei, Universität Aarhus): Der Standard für geologische Permanenz basiert auf der Messung der Random Reflektance. Proben mit einer Random Reflectance > 2% (IBRo2%-Schwelle) erreichen geologische Permanenz. Messungen zeigen, dass 76% aller im Handel verfügbaren Biochare diesen Schwellenwert überschreiten.

15-Jahres-Feldversuch (2024): Ein italienischer Weinberg erhielt 2009 Pflanzenkohle. Nach 15 Jahren (2024) wurde das Material analysiert. Die Ergebnisse zeigen: Die Inertinit- und Semi-Inertinit-Fractionen sind praktisch unverändert. Dies ist der erste echte Langzeitbeweis unter realen Feldbedingungen.

04 Biochar im CDR-Vergleich

2024: **86% aller weltweit gelieferten dauerhaften Carbon Removals** kamen aus Biochar. Das ist kein Zufall — Biochar bietet die beste Kombination aus Kosten, Permanenz und Skalierbarkeit.

Methode	Permanenz	Reife (TRL)	Kosten (\$/tCO ₂)
Biochar	100-1.000+ Jahre	8-9	~150
DACCS	10.000+ Jahre	6-7	400-1.000+
Enhanced Rock Weathering	1.000+ Jahre	5-7	100-300
Ocean Alkalinity Enhancement	10.000+ Jahre	3-4	Unbekannt

Globales Minderungspotenzial: 0,03-11 Pg CO₂/Jahr (Nature Communications 2025). Dies entspricht 5-10% des jährlichen globalen Emissionsabbaus und zeigt die immense Skalierbarkeit.

05 Die Pyrolyseanlage

Bewährte Pyrolysetechnologie in zwei Größen

30 kg/h

Kleine Anlage

300 kg/h

Große Anlage

550°C

Pyrolyse-Temp.

36,5%

Ausbeute

Parameter	30 kg/h	300 kg/h
Input Hackschnitzel	31,5 kg/h	300 kg/h
TS-Gehalt	80%	80%
Pyrolysetemperatur	550°C	550°C
Output Biochar	11,49 kg/h	109,44 kg/h
Output Wärme	42,5 kW	~357 kW
Betriebsstunden/Jahr	7.500 h	7.500 h
Jahresproduktion Biochar	86,2 t/a	820,8 t/a
Ausbeute	36,5%	36,5%

Die Wärmeenergie kann zur Trocknung von Hackschnitzel oder als Prozesswärme genutzt werden. Beide Größen arbeiten nach dem gleichen Prinzip und erreichen Inertinit-Qualität.

06 Kohlenstoffbilanz

Von der Biomasse zum CO2-Zertifikat

730-880 kg

CO2e/t Holz

252,7 t

CO2e/a (30 kg/h)

2.407 t

CO2e/a (300 kg/h)

Anlage	C-Input (t/a)	C-Output Biochar (t/a)	CO2e-Äquiv.
30 kg/h	141,75	51,71	252,7 t CO2e/a
300 kg/h	1.417,5	517,1	2.407 t CO2e/a

Umrechnungsformeln:

- Pro 1 Tonne trockenes Holz: 365 kg Biochar
- Energiegehalt: 7 GJ pro Tonne Holz
- Bei $\geq 80\%$ Kohlenstoff: 200-240 kg reiner Kohlenstoff
- CO2-Äquivalent: 730-880 kg CO2e pro Tonne Holz gebunden

07 Wirtschaftlichkeit

Rentabel ab Tag 1 mit 16-21% ROI

Einnahmequelle	30 kg/h	300 kg/h
Investitionskosten	200.000 EUR	1.000.000 EUR
Netto (nach 40% Förderung)	120.000 EUR	600.000 EUR
Umsatz Biochar	37.921 EUR	426.816 EUR
Umsatz Wärme	25.489 EUR	107.090 EUR
Humusaufbau/Zuschuss	12.690 EUR	100 EUR
Gesamtumsatz/Jahr	76.100 EUR	534.006 EUR

Kostenposition	30 kg/h	300 kg/h
Abschreibung (5 Jahre)	16.667 EUR	100.000 EUR
Zinsen (3%)	3.600 EUR	18.000 EUR
Strom	8.250 EUR	24.750 EUR
Wartung	6.000 EUR	40.000 EUR
Hackschnitzel	21.546 EUR	225.000 EUR
Gesamtkosten/Jahr	56.063 EUR	407.750 EUR
Jahresgewinn	20.037 EUR	126.256 EUR
ROI	16,7%	21,0%

Die Rechnung ist einfach: Selbst mit konservativen Annahmen erzielen Pyrolyseanlagen eine jährliche Rendite von 16-21%. Die Anlage zahlt sich innerhalb von 5-6 Jahren aus.

08 Feedstock & Agroforst

Hocheffiziente Kurzumtriebsplantagen (KUP) mit schnell wachsenden Baumarten wie Weiden und Pappeln bieten eine zuverlässige Biomassequelle.

Parameter	Wert
Fläche	30-100 ha
Baumdichte	2.200 Bäume/ha
Rotation	6 Jahre
Ertrag pro Rotation	50 t Frischmasse/ha
Flächenbedarf 30 kg/h Anlage	ca. 10 ha Agroforst
Flächenbedarf 300 kg/h Anlage	ca. 94 ha Agroforst
Hackschnitzelpreis	100-120 EUR/t

Synergien mit Agroforst

Zusätzliche Einkommen für Landwirte, CO₂-Speicherung während des Wachstums, Bodenschutz, Biodiversität, kohlenstofffreie Energieversorgung der Pyrolyseanlage.

09 Zertifizierungsstandards

Regulatorisch abgesichert

Puro.earth

Neue Carbon Removal Klassen CORC200+ und CORC100+ ermöglichen unterschiedliche Permanenzstufen und präzise Vermarktung.

Isometric

Bietet skalierbare Zeiträume mit 200-, 500- und 1.000-Jahres-Zertifikaten. Dies erlaubt Kunden, genau die Permanenz zu kaufen, die sie benötigen.

EU Carbon Removal Certification Framework (CRCF)

Biochar wurde als erste CDR-Methode aufgenommen. Die Verabschiedung ist für Anfang 2026 geplant — dies wird europäische Standards harmonisieren.

ICVCM (Integrity Council for Voluntary Carbon Market)

2025 wurden Biochar-Methoden für High-Integrity-Labels zugelassen. Dies öffnet Premium-Märkte.

EBC v10.5 (European Biochar Certificate)

Verlangt Mindesttemperatur von 500°C und H/C-Verhältnisse < 0,7. Unsere Biochare übertreffen diese Standards.

10 Compliance & Reporting

Anrechenbar für CSRD, ESRS, EU-Taxonomie, SBTi

Biochar-basierte CDR ist nicht nur Klima-Instrument — es ist Regulierungs-Standard. CSRD, ESRS, EU-Taxonomie und SBTi alle unterstützen es.

— Regulatorische Landschaft 2026

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)

Biochar-basierte CDR ist anrechenbar als dauerhafte CO₂-Entnahme. Sie kann für Scope 1-3-Emissionsziele genutzt werden, sofern die strengen Permanenzkriterien erfüllt sind.

European Sustainability Reporting Standards (ESRS)

E1 (Klimawandel) verlangt klimabezogene Angaben. Biochar-Projekte mit hoher Permanenz sind zentral für glaubwürdige Berichterstattung.

EU-Taxonomie für nachhaltige Aktivitäten

Biochar-Herstellung und -Anwendung tragen zu Klimaschutzzielen bei und sind daher taxonomiefähig.

Science Based Targets initiative (SBTi)

Die FLAG-Guidance (Forests, Land and Agriculture) unterstützt biologische CDR als Tool zur Erreichung von Netto-Null-Zielen.

11 Warum tgo AG?

"The Good Ones" — Commitment zu echter Klimawirkung.

Expertise in Carbon Farming

Langjährige Erfahrung in Kohlenstoff-Folgeprojekten und Vor-Ort-Umsetzung.

Regulatorische Kompetenz

Tiefe Kenntnis von CRCF, CSRD, ESRS und neuen Zertifizierungsstandards. Wir kennen die Anforderungen und helfen, sie zu erfüllen.

Wissenschaftliche Fundierung

Zusammenarbeit mit renommierten Universitäten (z.B. Universität Aarhus) und Veröffentlichungen in Peer-Review-Zeitschriften.

Transparente Preisgestaltung

Keine versteckten Gebühren. Wir berechnen Biochar, Wärme und Zusatzleistungen separat und ehrlich.

Persönliche Betreuung

Direkter Kontakt zu Bernhard Aumann (Vorstand) und seinem Team für maßgeschneiderte Lösungen.

Integrierte Wertschöpfung

Anbau (Agroforst) → Ernte → Trocknung → Pyrolyse → Zertifizierung. Die komplette Dekarbonisierungskette aus einer Hand.

12 Kontakt & nächste Schritte

Bernhard Aumann

Vorstand

tgo AG

the good ones Aktiengesellschaft

Werner-Baumbach-Str. 41
49661 Cloppenburg
Deutschland

E-Mail: info@tgo.ag

Telefon: +49 4474 949550

Weitere Kontakte:

Claudia Aumann (Projektassistentin)

René Notenbomer (rn@tgo.ag)

Jetzt starten!

Fordern Sie Ihre individuelle Wirtschaftlichkeitsanalyse an. Nutzen Sie unseren Online-Rechner auf tgo.ag oder kontaktieren Sie uns direkt.

Anhang A Häufig gestellte Fragen

F: Wie stabil ist Biochar wirklich im Boden?

A: Nach 15 Jahren Feldversuch in Italien zeigen Analysen: Inertinit- und Semi-Inertinit-Fractionen sind praktisch unverändert. Geologische Permanenz ist keine Theorie — es ist gemessene Realität.

F: Kann ich Biochar auch für Bodenverbesserung nutzen, nicht nur CDR?

A: Ja! Biochar verbessert Wasserspeicherung, Nährstoffverfügbarkeit und Bodenstruktur. Dies nennt sich 'co-benefit'. CDR ist der Zusatznutzen — nicht die einzige Funktion.

F: Welche Permanenzstandards sollte ich wählen?

A: Puro.earth CORC200+ ist für mittelfristige Ziele ausreichend. Isometric CORC1000+ für langfristige Netto-Null-Targets. Wir beraten Sie für Ihren Anwendungsfall.

F: Passt Biochar-CDR in meine CSRD-Berichterstattung?

A: Ja! Als dauerhafte CO₂-Entnahme ist Biochar als Scope 3 CCR (Carbon Credit Removal) anrechenbar. Dies verbessert Ihre Emissionsbilanz messbar.

F: Wie viel Fläche brauche ich für eine 30 kg/h Anlage?

A: Ungefähr 10 ha Agroforst in 6-jähriger Rotation bieten genug Biomasse für kontinuierlichen Betrieb. Details hängen vom Standort und der Ertragserwartung ab.

F: Wie lange dauert es, bis ich Rückflüsse sehe?

A: Year 1: Biochar-Verkauf + Wärmenutzung decken laufende Kosten. Year 5-6: Amortisierung der Investition erreicht. Danach: 16-21% jährliche Rendite.
