inkoh Biochar and beyond

Inputmaterialien & Auswirkungen





Mit finanzieller Unterstützung der Leopold Bachmann Stiftung

agridea

Inhalt

Allgemeine Definition 3
Betrieb 3
PK-Eigenschaften 3
Biomasse – das Ausgangsmaterial 4
Zusammensetzung 4
Flüchtige Stoffe vs. PK 4
Zusammensetzung der flüchtigen Stoffe: 5
Eigenschaften der flüchtigen Stoffe: 5
Bedeutung für die Pyrolyse: 5
Einflussfaktoren auf die flüchtigen Stoffe: 6
Eine Auswahl von möglichen Biomassen 7
Wichtige Faktoren für die Pyrolyseeignung 8
Eigenschaften der PK 9
Übersicht der wichtigsten Eigenschaften 9
Beispiele zur Charakterisierung von Pflanzenkohle 11

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Allgemeine Definition

Die Art der Biomasse hat Auswirkungen auf den Betrieb und die PK-Eigenschaften. Neben dem Analysieren des Ausgangsmaterials als Basis, sollen diese beiden Aspekte folgend betrachtet werden:

Betrieb

- Anforderungen an die Aufbereitung, so dass es pyrolysiert werden kann
- Anforderungen an das Anlagenkonzept

PK-Eigenschaften

- Eigenschaften und Qualitätsmerkmale

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Biomasse – das Ausgangsmaterial

Zusammensetzung

Die Zusammensetzung der Biomasse ist vielfältig und hängt stark von der jeweiligen Art ab. Grundsätzlich lassen sich jedoch folgende Hauptbestandteile unterscheiden:

Bestandteil	**Beschreibung**	**Vorkommen**	**Bedeutung für die Pyrolyse**
Cellulose	Gerüstsubstanz der Pflanzenzellwände, Polymer aus Glucose	Holz, Stroh, Pflanzenfasern	Hauptsächlich PK, geringe Mengen Pyrolyseöl
Hemicellulose	Bestandteil der Pflanzenzellwände, weniger stabil als Cellulose, verschiedene Zucker	Holz, Stroh, Pflanzenfasern	Pyrolyseöl und -gas
Stärke	Speicherstoff in Pflanzen, Polymer aus Glucose	Getreide, Kartoffeln, Nutzpflanzen	Pyrolyseöl und -gas
Zucker	Einfache Kohlenhydrate (Glucose, Fructose, Saccharose)	Pflanzen, Früchte	Pyrolyseöl und -gas
Lignin	Komplexes Polymer, verantwortlich für die Verholzung der Pflanzen	Holz, verholzte Pflanzenteile	Hauptsächlich PK, phenolische Verbindungen im Pyrolyseöl
Fette und Öle	Lipide	Ölsaaten, tierische Fette	Hauptsächlich Pyrolyseöl
Proteine	Biomoleküle aus Aminosäuren, enthalten Stickstoff	Pflanzen, Tiere	Stickstoffhaltige Verbindungen in den Pyrolyseprodukten
Asche	Anorganische Bestandteile (Mineralien, Metalloxide)	Alle Biomassen	Kann den Pyrolyseprozess beeinträchtigen
Extraktstoffe	Verschiedene organische Verbindungen (Harze, Terpene, Alkaloide, Phenole)	In geringen Mengen in allen Biomassen	Beeinflussen die Zusammensetzung der Pyrolyseprodukte
Wasser	H2O	Alle Biomassen	Beeinflusst den Energiebedarf für die Trocknung und den Pyrolyseprozess

Die Kenntnis der Zusammensetzung der Biomasse ist entscheidend für die Optimierung von Pyrolyseprozessen, da die verschiedenen Bestandteile unterschiedliche thermische Eigenschaften aufweisen und somit die Zusammensetzung der Pyrolyseprodukte beeinflussen.

Flüchtige Stoffe vs. PK

Flüchtige Stoffe in der Biomasse sind organische Verbindungen, die sich bei Erhitzung in den gasförmigen Zustand überführen, ohne vorher zu verkohlen. Sie sind ein wichtiger Bestandteil der

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

Biomasse und spielen eine entscheidende Rolle bei thermochemischen Umwandlungsprozessen wie der Pyrolyse, Vergasung und Verbrennung.

Ihre Zusammensetzung und Menge beeinflussen die Qualität und die Verwendungsmöglichkeiten der Endprodukte erheblich. Die Kenntnis der Eigenschaften und des Verhaltens ist daher für die Optimierung von Prozessen wie der Pyrolyse und die Entwicklung neuer Technologien zur Nutzung von Biomasse unerlässlich.

Zusammensetzung der flüchtigen Stoffe:

- **Kohlenwasserstoffe:** Eine Vielzahl von aliphatischen (kettenförmigen) und aromatischen (ringförmigen) Kohlenwasserstoffen, wie Methan (CH_4), Ethan (C_2H_6), Propan (C_3H_8), Butan (C_4H_{10}), Benzol (C_6H_6), Toluol (C_7H_8) und Xylol (C_8H_{10}).
- **Sauerstoffhaltige Verbindungen:** Alkohole (z.B. Methanol, Ethanol), Aldehyde (z.B. Formaldehyd), Ketone (z.B. Aceton), Carbonsäuren (z.B. Essigsäure), Ether und Ester.
- **Stickstoffhaltige Verbindungen:** Amine, Amide und Nitrile. Diese sind in geringeren Mengen vorhanden, aber relevant für die Bildung von Stickoxiden (NOx) bei der Verbrennung.
- **Schwefelhaltige Verbindungen:** Thiole und Sulfide (in sehr geringen Mengen). Diese können zur Bildung von Schwefeloxiden (SOx) bei der Verbrennung beitragen.

Eigenschaften der flüchtigen Stoffe:

- **Brennbar:** Die meisten sind brennbar und tragen zur Energieausbeute bei Verbrennung und Vergasung bei.
- **Reaktiv:** Sie sind reaktionsfreudig und können in verschiedenen chemischen Prozessen umgewandelt werden (z.B. Cracken, Reformieren).
- **Kondensierbar:** Einige (höhermolekulare) flüchtige Stoffe können durch Abkühlung kondensiert werden und bilden flüssige Produkte wie Pyrolyseöl oder Teer.
- **Beeinflussbar:** Die Zusammensetzung und Menge kann durch die Prozessbedingungen (Temperatur, Aufheizgeschwindigkeit, Verweilzeit, Druck) beeinflusst werden.

Bedeutung für die Pyrolyse:

Bei der Pyrolyse werden die flüchtigen Stoffe durch Erhitzung der Biomasse unter Sauerstoffausschluss freigesetzt. Sie sind der Hauptbestandteil des Pyrolysegases und tragen zur Bildung von Pyrolyseöl bei. Die Zusammensetzung beeinflusst die Qualität und Verwendungsmöglichkeiten der Pyrolyseprodukte:

- **Pyrolysegas:** Enthält brennbare Gase wie Wasserstoff (H_2), Methan (CH_4) und Kohlenmonoxid (CO), die zur Energiegewinnung (Verbrennung, Gasmotoren, Brennstoffzellen) genutzt werden können. Es enthält auch nicht brennbare Gase wie Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O).

- **Pyrolyseöl (Bioöl):** Enthält kondensierbare flüchtige Stoffe, ein komplexes Gemisch aus Kohlenwasserstoffen und sauerstoffhaltigen Verbindungen. Es kann als Brennstoff oder nach weiterer Aufbereitung (z.B. durch Katalyse) zur Herstellung von Chemikalien oder Kraftstoffen verwendet werden.

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

Einflussfaktoren auf die flüchtigen Stoffe:

- **Art der Biomasse:** Holz enthält mehr Lignin und weniger Stickstoff als krautige Biomasse, was die Zusammensetzung der flüchtigen Stoffe beeinflusst (mehr phenolische Verbindungen bei Holz).
- **Temperatur:** Höhere Temperaturen führen zu einer stärkeren Freisetzung und zu einer Zunahme von leichteren Kohlenwasserstoffen im Gas. Bei sehr hohen Temperaturen kann es zu einer verstärkten Bildung von Kohlenstoff (Char) kommen.
- **Aufheizgeschwindigkeit:** Eine schnelle Aufheizgeschwindigkeit begünstigt die Bildung von flüchtigen Stoffen und kann die Ölausbeute maximieren (schnelle Pyrolyse).
- **Verweilzeit:** Eine längere Verweilzeit kann zu sekundären Reaktionen der flüchtigen Stoffe (Sekundärreaktionen) führen, wie z.B. Cracken (Aufspalten größerer Moleküle in kleinere) oder Polymerisation (Verknüpfung kleiner Moleküle zu größeren).

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Eine Auswahl von möglichen Biomassen

Für die Pyrolyse eignen sich verschiedene Arten von Biomasse, die einen hohen organischen Anteil aufweisen. Die Auswahl hängt von der Verfügbarkeit, den Kosten und den angestrebten Endprodukten (z. B. Biochar, Pyrolyseöl, Synthesegas) ab. Hier sind die wichtigsten Kategorien und Beispiele:

Biomasseart	**Vorteile**	**Nachteile**	**Pyrolyseverhalten**
Hackschnitzel	Homogen, gut verfügbar, geringer Feuchtegehalt	Kann Verunreinigungen enthalten	Gut geeignet, gute Ausbeuten
Sägemehl/Holzspäne	Hohe Oberfläche, gute Reaktivität	Kann zu Verstopfungen führen, Staubentwicklung	Besonders geeignet für schnelle Pyrolyse
Waldrestholz	Hohe Verfügbarkeit, geringe Kosten	Heterogen, hoher Rindenanteil, kann Verunreinigungen enthalten	Kann zu Problemen führen, geringere Ausbeuten
Altholz	Hohe Verfügbarkeit, Recycling	Kann Schadstoffe enthalten	Je nach Behandlung unterschiedlich
Stroh	Hohe Verfügbarkeit, geringe Kosten	Saisonale Verfügbarkeit, hoher Aschegehalt, Verschlackungen	Geeignet, gute Biokohleausbeuten
Energiepflanzen	Hohe Biomasseerträge, homogen	Anbaufläche erforderlich, saisonal	Gut geeignet, gute Ausbeuten
Landwirtschaftliche Reste	Hohe Verfügbarkeit, geringe Kosten	Heterogen, kann Verunreinigungen enthalten	Je nach Zusammensetzung unterschiedlich
Grünschnitt	Hohe Verfügbarkeit, Abfallverwertung	Heterogen, hoher Feuchtegehalt, kann Verunreinigungen enthalten	Kann zu Problemen führen, geringere Ausbeuten
Biogene Abfälle	Hohe Verfügbarkeit, Abfallverwertung	Heterogen, hoher Feuchtegehalt, kann Verunreinigungen enthalten, Hygiene	Je nach Zusammensetzung unterschiedlich
Klärschlamm	Hohe Verfügbarkeit, Abfallverwertung	Hoher Feuchtegehalt, kann Schadstoffe enthalten, aufwendige Vorbehandlung und Abgasreinigung erforderlich	Kann zu Problemen führen, Produkte können mit Schadstoffen belastet sein

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Wichtige Faktoren für die Pyrolyseeignung

1. **Feuchtigkeitsgehalt**: Ideal sind Ausgangsstoffe mit einem Wasseranteil unter 20 % (Vortrocknung notwendig bei nassen Materialien).
2. **Kohlenstoffanteil**: Je höher der Kohlenstoffgehalt, desto besser für Biochar und energetische Nutzung.
3. **Aschegehalt**: Materialien mit geringem Ascheanteil liefern hochwertigere Produkte.
4. **Partikelgröße**: Gleichmäßige Partikelgröße verbessert die Wärmeübertragung und Zersetzung.
5. **Rieselfähigkeit**: Ist es ein klassisches Schüttgut mit guten Rieselfähigkeiten oder braucht es eine Aufbereitung (Zerkleinern, Kompaktieren)

Diese umfangreiche Auswahl zeigt, dass fast jede organische Substanz für die Pyrolyse genutzt werden kann, wenn sie entsprechend aufbereitet wird. Die Wahl des Materials hängt von der gewünschten Produktart (Pflanzenkohle, Pyrolyseöl, Synthesegas) und den lokalen Gegebenheiten ab.

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

Eigenschaften der PK

Übersicht der wichtigsten Eigenschaften

Physikalische Eigenschaften	**Beschreibung**	**Bedeutung/ Anwendung**
Spezifische Oberfläche (BET)	Innere Oberfläche der Pflanzenkohle durch Poren und Hohlräume (m^2/g). Je höher, desto besser Wasser- und Nährstoffspeicherung, Mikroorganismenbesiedlung.	Wichtig für Wasser- und Nährstoffspeicherung, Adsorption von Schadstoffen, Lebensraum für Mikroorganismen.
Porengrößenverteilung	Verteilung der Poren nach Durchmesser: Mikroporen (< 2 nm), Mesoporen (2-50 nm), Makroporen (> 50 nm).	Beeinflusst die Adsorptionsfähigkeit für verschiedene Stoffe, Wasserretention, Durchlüftung.
Schüttdichte	Masse der Pflanzenkohle pro Volumeneinheit (kg/m^3 oder g/cm^3).	Beeinflusst Handhabung, Transport, Lagerung, Dosierung.
Partikelgröße und -form	Größe und Form der Pflanzenkohlepartikel (z.B. mm, µm, kugelförmig, kantig).	Beeinflusst Wasserretention, Durchlüftung, Handhabung, Benetzung.
Wasserhaltekapazität (WHC)	Fähigkeit der Pflanzenkohle, Wasser zu speichern (g Wasser/g Pflanzenkohle oder Vol.-%).	Wichtig für die Anwendung in trockenen Gebieten, Verbesserung des Wasserhaushaltes im Boden.
Farbe und Glanz	Visuelle Indikatoren für den Verkohlungsgrad.	Dunkel- bis schwarz, glänzend bei guter Verkohlung.
Chemische Eigenschaften		
Fixer Kohlenstoff (FC)	Anteil des reinen Kohlenstoffs (%). Wichtig für Kohlenstoffspeicherung.	Qualitätsmerkmal für Kohlenstoffspeicherung, Indikator für den Verkohlungsgrad.
Aschegehalt	Anteil an anorganischen Bestandteilen (Mineralien, Metalloxide) (%).	Beeinflusst die Eigenschaften der Pflanzenkohle, kann je nach Anwendung positive (Nährstoffe) oder negative (Ablagerungen) Effekte haben.
pH-Wert	Maß für die Azidität oder Alkalität.	Beeinflusst die Nährstoffverfügbarkeit im Boden, kann den Boden-pH beeinflussen.
Elementaranalyse (C, H, O, N, S)	Elementare Zusammensetzung (%). C/N-Verhältnis wichtig für mikrobielle Aktivität.	Gibt Auskunft über die Zusammensetzung, C/N-Verhältnis beeinflusst die mikrobielle Aktivität und den Nährstoffumsatz im Boden.
PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe)	Potenziell krebserregende Verbindungen (µg/kg).	Qualitätskriterium, Grenzwerte beachten (z.B. EBC).

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

ISO 9001
ISO 14001

zindel-united.swiss

Schwermetalle	Gehalt an Schwermetallen (z.B. Cadmium, Blei, Chrom) (mg/kg).	Qualitätskriterium, Grenzwerte beachten (je nach Anwendung und Gesetzgebung).
Kationenaustauschkapazität (KAK)	Fähigkeit zur Bindung positiv geladener Ionen (Kationen) wie Nährstoffe (cmol/kg oder meq/100g).	Wichtig für die Nährstoffspeicherung und -verfügbarkeit im Boden.
Funktionelle Gruppen	Identifizierung von funktionellen Gruppen an der Oberfläche (z.B. Carboxyl-, Hydroxyl-, Carbonylgruppen).	Geben Auskunft über die Reaktivität und Adsorptionsfähigkeit der Pflanzenkohle.
Biologische Eigenschaften		
Besiedlung mit Mikroorganismen	Untersuchung der Besiedlung mit Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Pilze).	Indikator für die biologische Aktivität und die potenziellen positiven Effekte im Boden.
Wachstumsversuche	Direkte Versuche mit Pflanzen in Anwesenheit von Pflanzenkohle.	Direkter Nachweis der Wirkung auf das Pflanzenwachstum.

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

Beispiele zur Charakterisierung von Pflanzenkohle

Verschiedene Eigenschaften können je nach Anwendung zentral sein. Oft sind es auch Kombinationen, welche durch die richtige Wahl des Ausgangsmaterials (ev. Auch Mischung) und den richtigen Verweilzeiten und Temperaturen in der Pyrolyse, die Zielwerte erreicht werden.

1. Bodenanwendungen

- **Die wichtigsten Eigenschaften** sind die *Spezifische Oberfläche (BET), Wasserhaltekapazität (WHC), Kationenaustauschkapazität (KAK)* und die *PAKwerte*
  - **BET** ist die eine grundlegende Grösse für Wasser- und Nährstoffspeicherung
  - **WHC** hängt mit der BET zusammen aber auch mit den Porengrössen und deren Verteilung
    - Ausgangsmaterial: Die Art der Biomasse, aus der die Pflanzenkohle hergestellt wird, beeinflusst die Porenstruktur und somit die WHC. So haben beispielsweise Pflanzenkohlen aus Holz tendenziell eine andere Porenstruktur als solche aus Stroh oder Grünschnitt.
    - Pyrolysebedingungen: Die Pyrolysetemperatur und die Verweilzeit beeinflussen die Entwicklung der Porenstruktur. Höhere Temperaturen führen oft zu einer größeren spezifischen Oberfläche und einer höheren WHC, können aber auch die Porenstruktur verändern und die WHC unter bestimmten Umständen verringern.
    - Partikelgröße: Feinere Partikel haben in der Regel eine größere Oberfläche pro Volumeneinheit und können daher mehr Wasser speichern.
    - Porengrößenverteilung: Die Verteilung der Poren unterschiedlicher Größe ist entscheidend. Mikroporen (< 2 nm) binden Wasser stark, sind aber für Pflanzenwurzeln schwer zugänglich. Mesoporen (2-50 nm) und Makroporen (> 50 nm) sind wichtig für die pflanzenverfügbare Wasserspeicherung und die Durchlüftung.
  - **Die KAK** ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit und der Eigenschaften von Pflanzenkohle. Eine hohe KAK ermöglicht die Speicherung und Verfügbarkeit von Nährstoffen und trägt zur Verbesserung des Bodens bei. Bei der Verwendung von Pflanzenkohle sollte auf eine möglichst hohe KAK geachtet werden, um die positiven Effekte auf das Pflanzenwachstum zu maximieren.
  - **PAKwerte** sind ein Killerkriterium, wenn die Grenzwerte nicht erreicht werden, gilt die PK als giftig und nicht zulässig für die Anwendung im Boden. Zusätzlich ist die Positiv-Liste von EBC zu berücksichtigen, welche die zulässigen Ausgangsmaterialien eingrenzen.

- **Vorgehen in der Produktion**
  - Als Ausgangsmaterial ist üblicherweise Holzhackschnitzel zu verwenden - aus wirtschaftlichen Überlegungen kann auch Kronenmaterial oder Landschaftspflegeholz aber auch andere Nebenprodukte aus der Landwirtschaft dazu gemischt werden. Zum Beispiel Stroh oder Grünschnitt sind gut für einen

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

hohen KAKwert. Die Rindenanteile (auch was von der Umwelt anhaftet) bringen zusätzlich Mineralstoffe, die im Boden willkommen sein können.

- Wichtig ist ein kontinuierlicher und gleichmässiger Betrieb. Dementsprechend braucht es ein gutes Grundmaterial (Holzschnitzel) und einen konstanten Wassergehalt von rund 15%. Dies hat Einfluss auf die wichtigen Temperaturen die typischerweise zwischen 550 und 650°C liegen

- Sobald es überdurchschnittlich Laub-, Halm- und Feinanteile im Ausgangsmaterial hat, ist die richtige Trocknungsvariante notwendig. In diesem Fall braucht es eine kontinuierliche Trocknungsart (Trommel-, Band- oder Schubbodentrockner). Eine Boxentrocknung ist schwierig und aufwendig, da die Schütthöhe nur gering (max. 1m) gewählt werden müsste und es nicht gleichmässig trocknet.

- Die Rieselfähigkeit nimmt ab, wenn geschreddertes (anstatt gehacktes) Material verwendet wird. Auch viele Feinanteile haben einen negativen Einfluss oder Laub, halmartige Biomasse sowie auch Nebenprodukte wie zum Beispiel Trester. Dafür muss bei der Anlageplanung schon klar sein, welche Ausgangsmaterialien verwendet werden sollen und dementsprechend zum Beispiel die richtige Fördertechnik ausgewählt werden. Dies ist die wichtigste Komponente neben der Trocknungsvariante für einen Prozesssicheren Betrieb.



gehackt 1



geschreddert 1

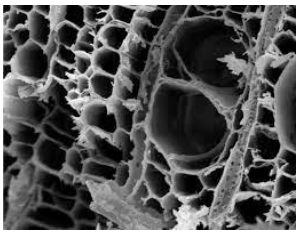
- Für die Anwendung in der Landwirtschaft braucht es mind. eine *EBCAgro* Zertifizierung

2. Futterkohle

- **Die wichtigsten Eigenschaften** sind die *Spezifische Oberfläche (BET), Porengrössenverteilung, Partikelgrösse* und die *PAKwerte*

  - **BET** hat einen signifikanten Einfluss auf die Adsorptionsfähigkeit. In diesem Zusammenhang ist es auch wichtig den Anteil an *Flüchtigen Stoffen* zu berücksichtigen. Er steht unter anderem im Zusammenhang mit der Zugänglichkeit (Leistung) der Poren.

  - **Porengrössenverteilung** hat eine ähnliche Wichtigkeit wie die BET. Durch die richtigen Grössen und der optimalen Anordnung der Poren wird die Kohle adsorptionsfreudiger. Dadurch können Schadstoffe und Bakterien im Magen gebunden werden.



Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss

- Toxine: Mykotoxine (Schimmelpilzgifte), bakterielle Toxine und andere Schadstoffe
- Gase: Ammoniak und andere Gase können im Stall und im Verdauungstrakt gebunden werden, wodurch Geruchsbelästigungen und die Belastung der Atemwege reduziert werden.
- Verbesserung der Darmflora: Pflanzenkohle kann die Besiedlung des Darms mit positiven Mikroorganismen fördern und somit zu einer gesunden Darmflora beitragen.
- Regulierung der Verdauung: Pflanzenkohle kann bei Verdauungsstörungen wie Durchfall oder Blähungen helfen, indem sie überschüssiges Wasser bindet und die Darmpassage reguliert.
- Nährstoffbindung: Pflanzenkohle kann bestimmte Nährstoffe binden und sie so vor Auswaschung im Verdauungstrakt schützen. Dies kann insbesondere bei der Verwertung von Stickstoff eine Rolle spielen.

- **PAKwerte** sind ein Killerkriterium, wenn die Grenzwerte nicht erreicht werden, gilt die PK als giftig und nicht zulässig für die Anwendung im Boden. Zusätzlich ist die Positiv-Liste von EBC zu berücksichtigen, welche die zulässigen Ausgangsmaterialien eingrenzen.

- **Partikelgrösse:** Die PK muss nach der Pyrolyse auf 0-3 mm gebrochen werden.

- **Vorgehen in der Produktion**
  - Das Vorgehen ist ähnlich wie bei der Produktion von PK für Bodenanwendungen.
  - Es muss noch besser auf Fremdkörper im Ausgangsmaterial geachtet werden und die Prozessparameter (Temperatur und Verweilzeit) enger überwacht werden.
  - Grenzwerte von EBC Feed müssen eingehalten werden.
  - Registrierung bei Agroscope
  - Der Wassergehalt von 30% in der Kohle sollte möglichst gut eingehalten werden
  - Durch das Brechen der Kohle entsteht Staub was zu speziellen Anforderungen an die Anlage (Atex) führt und auch für den Personenschutz relevant sein kann.

Inkoh AG
Sägenstrasse 8
7302 Landquart
T +41 81 555 80 00
F +41 81 555 80 00
www.inkoh.swiss
info@inkoh.swiss