Charakterisierung der Pyrolyse von alternativen Biomasse-Substraten

Ausgangslage

- Um die Schweizer Klimaziele zu erreichen, muss zeitnah CO_2 aktiv aus der Atmosphäre gezogen werden.
- Biomasse besteht zu ca. 50 % aus Kohlenstoff, stirbt die Biomasse, endet dieser Kohlenstoff wieder in der Atmosphäre
- Durch die Pyrolyse kann 30 bis 50 % des Kohlenstoffs aus der Biomasse bis zu über 1'000 Jahre stabilisiert werden
- Pyrolyse von Biomasse: Thermische Behandlung von Biomasse unter Luftausschluss zwischen 400 bis 800 °C.
- Produkte der Pyrolyse: Pflanzenkohle und ein Produktgas
- In der Schweizer Landwirtschaft ist nur Pflanzenkohle aus naturbelassenem Holz zugelassen
- Für die Pyrolyse eignen sich auch alternative Biomassen, z.B. Weizenkleie. Kriterium: kritische Stoffe wie Schwermetalle in den Ausgangsstoffen, Verkohlung

Quelle: Schmidt H.-P., Hagemann N., Abächerli F., Leifeld J., Bucheli T., Agroscope Science 112, 1-71, 2021

Die Pyrolyseanlage des IBRE

- Um alternative Ausgangsstoffe auf ihre Eignung für die Pflanzenkohleherstellung zu testen, hat das IBRE eine Pyrolyseanlage entwickelt (Abb. 1).
- Mit dieser Pyrolyseanlage können auch Prozessparameter wie die Reaktortemperatur variiert werden. Durch dies ist es möglich den Einfluss des Ausgangsstoffs und der Prozessparameter auf die Eigenschaften der Pyrolyseprodukte zu untersuchen.
- Der Ausgangsstoff für die Pyrolyse wird in einem luftdichten Behälter gelagert und mit einer Zellradschleuse dosiert.
- Über Förderschnecken wird der Ausgangsstoff in den elektrisch beheizten Reaktor gefördert (grüne Pfeile). Die Heizelemente werden in der Abb.1 durch die roten Punkte wiedergegeben.
- Durch die thermische Behandlung der Biomasse gasen die flüchtigen Bestandteile (hauptsächlich Wasserstoff und Sauerstoff) aus und ein Feststoff, die sogenannte Pflanzenkohle entsteht.
- Die Pflanzenkohle kann nach der Versuchsdurchführung analysiert werden. Ein Teil der flüchtigen Bestandteile (Produktgas, dargestellt in der Abb. 1 durch die roten Pfeile) wird analysiert, der Rest wird in einer Brennkammer verbrannt.
- Die Verbrennung des Produktgases erfolgt luftgestuft (fett/mager). Die Stufenverbrennung (fett/mager) hat das Ziel, die NO_X-Emissionen zu reduzieren.

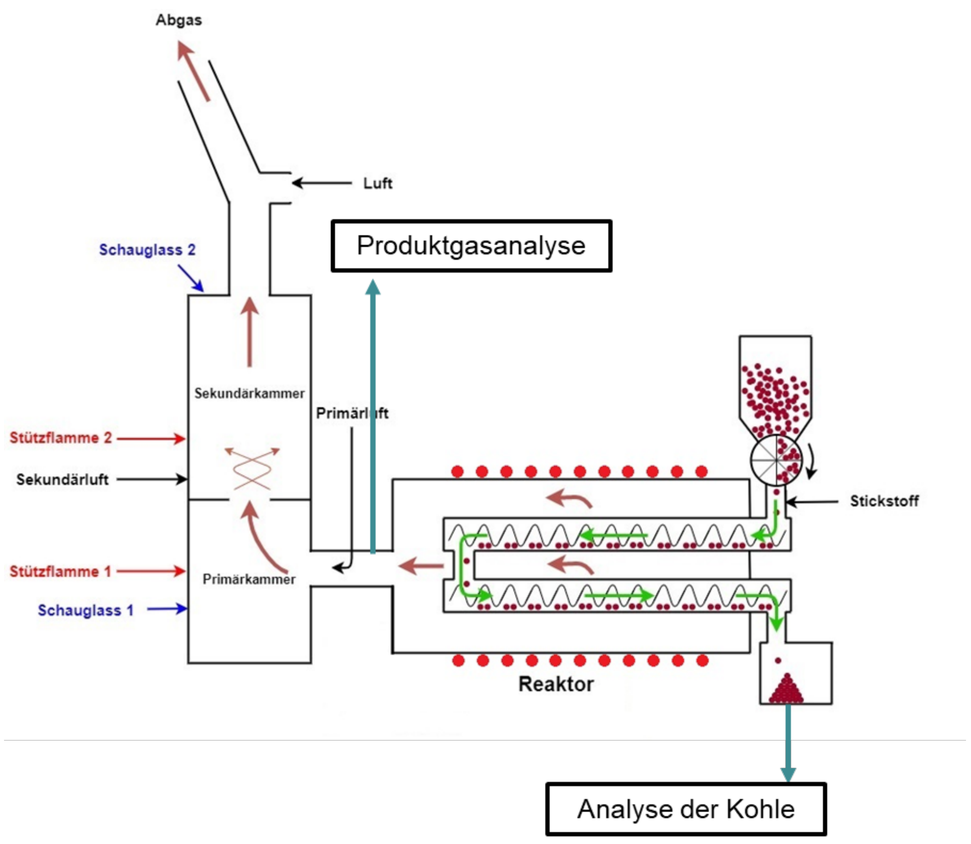

Abb. 1: Reaktorschema: Reaktortemperatur regelbar bis ca. 800 °C, elektrische Heizung, Brennstoff regelbar 20-100 g/min, Aufzeichnung der Temperaturen, Produkt- und Abgaszusammensetzung via LabVIEW, Stickstoffspülung des Reaktors für eine inerte Atmosphäre, Stufenverbrennung zur Reduzierung den Stickstoffoxide

Pyrolyse von Weizenkleie

- Weizenkleie ist ein Restprodukt aus der Müllerei
- Weizenkleie wurde pyrolysiert und eine Massenbilanz der Anlage wurde erstellt (Abb. 2)
- Weizenkleie hat einen Wassergehalt von 8 % und einen Aschegehalt von 7 %.
- Die Asche endet in der Pflanzenkohle, das Wasser aus dem Ausgangsstoff verdampft und gelangt in das Produktgas
- Bei einer Pyrolysetemperatur von 600 °C entsteht 25 % Pflanzenkohle und 75 % Produktgas. 40 % der Energie aus dem Ausgangsstoff enden in der Kohle und 60 % im Produktgas.
- Das Produktgas besteht aus den bei Raumtemperatur flüssigen Bestandteilen, Teer und Wasser und aus gasförmigen.
- Das Permanentgas setzt sich hauptsächlich aus CO_2, CO, CH_4 und H_2 zusammen.

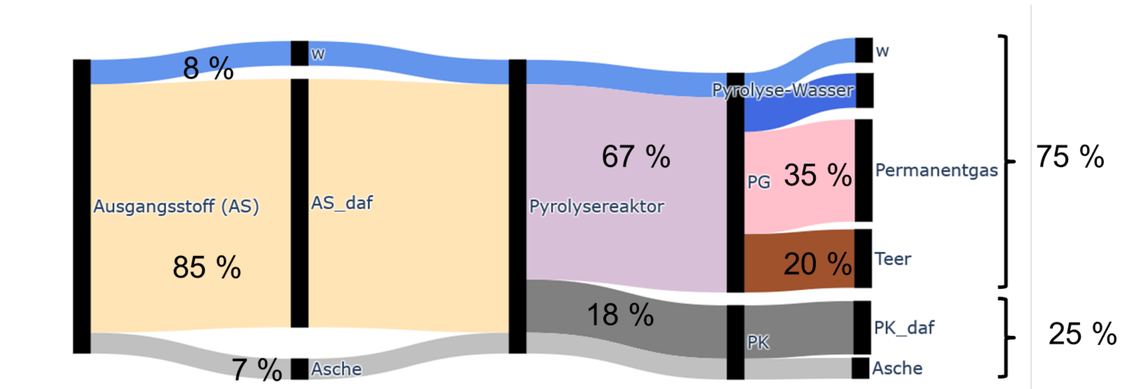

Abb. 2: Massenbilanz der Pyrolyse von Weizenkleie bei 600 °C. „daf" steht für trocken und aschefrei

Der Einfluss der Pyrolysetemperatur auf die Produkte

- Durch eine Erhöhung der Pyrolysetemperatur sinkt der Pflanzenkohle ertrag und die Produktgasmenge steigt (Abb. 3).
- Bei 550 °C ist der Anteil an Teeren im Produktgas maximal. Eine weitere Erhöhung der Temperatur führt zu einer Umsetzung der Teere zu Permanentgas, wodurch die Permanentgasmenge steigt.
- Durch eine Erhöhung der Pyrolysetemperatur steigt der Kohlenstoffgehalt in der Pflanzenkohle und derjenige des Sauerstoffs und Wasserstoffs sinkt (Abb. 4).
- Je tiefer das Wasserstoff, Kohlenstoff-Verhältnis ist, desto höher wird die Halbwertszeit der Pflanzenkohle.

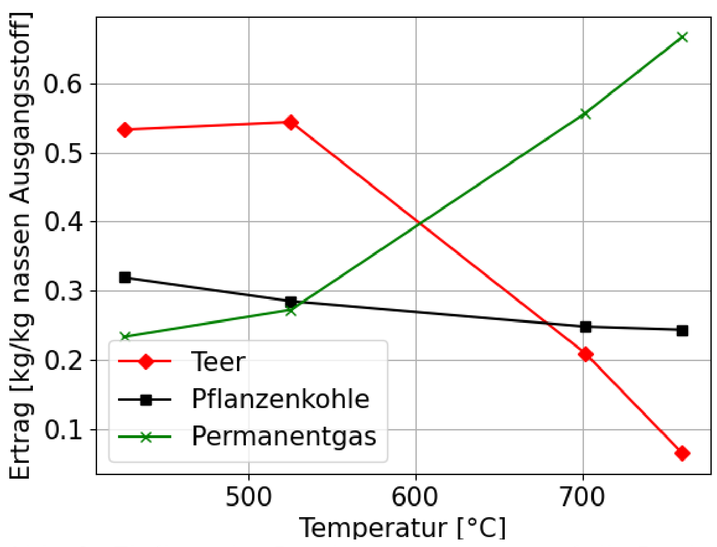

Abb. 2: Einfluss der Pyrolysetemperatur auf die Produkte

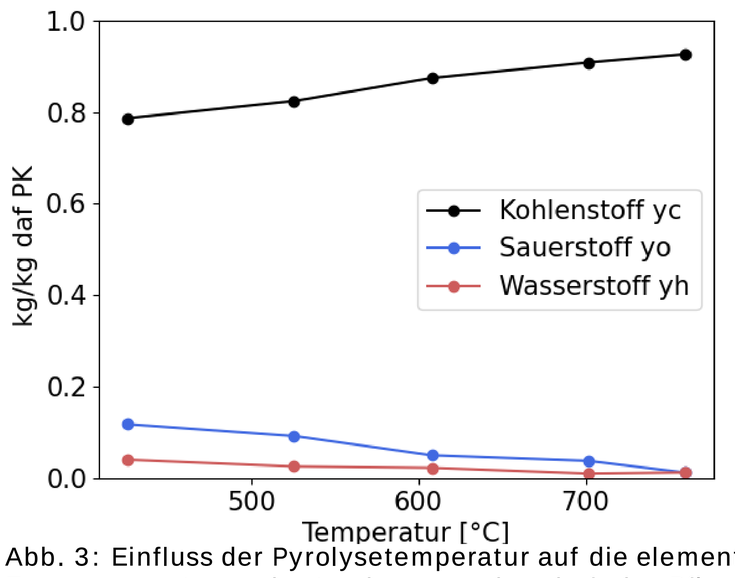

Abb. 3: Einfluss der Pyrolysetemperatur auf die elementare Zusammensetzung der trockenen und aschefreien Pflanzenkohle

Joris Strassburg; joris.strassburg@fhnw.ch
Prof. Dr. Timothy Griffin; timothy.griffin@fhnw.ch
Dieter Winkler; dieter.winkler@fhnw.ch