

Qualitäts-Managementsystem QM Holzheizwerke®, Erweiterung:

# QM für Holzvergaser-BHKW und Pflanzenkohleanlagen

In den letzten Jahren hat das Interesse für Holzvergaser-Blockheizkraftwerke (BHKW) und Pflanzenkohleanlagen zugenommen. Die Experten von QM Holzheizwerke® haben 2024 ein ergänzendes QM-System mit wichtigen Qualitätsforderungen für diese speziellen Anlagen erarbeitet.

Text und Bilder Thomas Nussbaumer \*

Um eine effiziente Verwendung der Mittel und des Energieholzes bei der Förderung von Holzheizungen sicherzustellen, wurde in der Schweiz ab dem Jahr 2000 ein System zur Qualitätssicherung im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE) eingeführt, das seit 2004 unter dem Namen QM Holzheizwerke® für Anlagen ab 70 kW eingesetzt wird. Aufgrund des zunehmenden Interesses werden in der Zwischenzeit auch Holzvergaser-Blockheizkraftwerke (BHKW) und Pflanzenkohleanlagen unterstützt. Um für diese Anlagen ebenfalls ein

QM zur Verfügung zu stellen, wurde im Auftrag des BFE ein Vorschlag erarbeitet und publiziert [1]. Die Arbeit wurde begleitet durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU), die Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute Cercl'Air und die Vereinigung Holzenergie Schweiz. Die erste Q-Forderung betrifft die Effizienz und basiert auf der Energieförderungsverordnung (EnFV) für Dampfkraftanlagen, ergänzt durch den Energieinhalt von Pflanzenkohle. Drei weitere Q-Forderungen basieren auf Empfehlungen von BAFU und Cercl'Air und beschreiben Anforderungen an die Luftreinheit, den Anlagenbetrieb und die Qualität der Pflanzenkohle.

## Einleitung und Begriffe

Bei Anlagen zur Holzvergasung steht die Herstellung eines Produktgases oder Holz-



**1** Holzvergaser-BHKW von Lipro Energy, Baujahr 2022, Standort Kanton Zürich. Leistung 200 kW zugeführt, 100 kW Nutzwärme und 50 kW elektrisch. Das System umfasst eine mehrstufige Vergasung durch Pyrolyse des Holzes in einem beheizten Schneckenreaktor, gefolgt von einer Verbrennung des Pyrolysegases und einer Vergasung der aus dem Pyrolysereaktor ausgetragenen Kohle. Die Nutzung erfolgt in einem Gasmotor mit Lambda-Regelung und Dreiwegkatalysator. Die Emissionen an CO, Staub und NO<sub>x</sub> sind weit unter den Grenzwerten.



2 Pflanzenkohleanlage von Biomacon, Baujahr 2022, Standort Kanton Zürich, Leistung 400 kW.

gases im Vordergrund, das zum Antrieb eines Verbrennungsmotors zur Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) dient. Erwünschte Produkte sind Elektrizität und Nutzwärme, während flüssige und feste Produkte unerwünscht sind. Solche Anlagen wie das Beispiel in Bild 1 werden als Holzvergaser-BHKW bezeichnet.

Bei Pflanzenkohleanlagen wie in Bild 2 steht die Herstellung von biogener Kohle (auch Biokohle oder englisch Biochar) im Vordergrund. Sofern die Kohle dank Einhaltung spezifischer Anforderungen wie dem European Biochar Certificate (EBC, alle Quellen sind in [1] zitiert) nicht nur zum Grillieren, sondern auch für andere Zwecke genutzt werden kann, wird sie auch als Pflanzenkohle bezeichnet. Mögliche Anwendungen sind zum Beispiel die Verwendung als Zuschlagsstoff in Beton oder der Einsatz in Tierfutter und als Bodenverbesserer. Da Pflanzenkohle langfristig stabil ist, wirkt ihre Verwendung in Beton oder im Boden auch als Kohlenstoffsенke oder Negativemissionstechnologie. Bei der Herstellung von Pflanzenkohle fällt nebst der Kohle ein energiehaltiges Gas an, das zur Reaktorbeheizung, Brennstofftrocknung und Wärmeproduktion eingesetzt werden kann. Das Verfahren zur Produktion von Pflanzenkohle entspricht einer Verkohlung. Der Prozess wird aber auch als Pyrolyse bezeichnet, obwohl Pyrolyseanlagen in der Fachliteratur primär zur Produktion eines Pyrolyseöls dienen. Die Über-

gänge zwischen den verschiedenen Verfahren sind jedoch fließend.

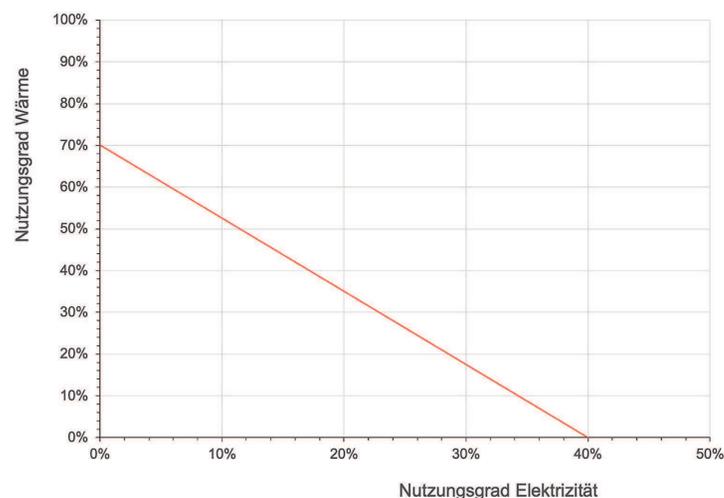
Wenn das bei der Pflanzenkohleproduktion anfallende Gas in einem BHKW genutzt wird oder wenn der in einem Holzvergaser-BHKW in der Regel unerwünschte Koks als Pflanzenkohle genutzt wird, fallen Pflanzenkohle, Elektrizität und Nutzwärme gleichzeitig an. Je nachdem, welche Produkte am wichtigsten sind, handelt es sich dabei um ein Holzvergaser-BHKW mit Pflanzenkohleproduktion oder um eine Pflanzenkohleanlage mit Stromerzeugung. Der vorgestellte Vorschlag zur Qualitätskontrolle kann unabhängig vom Verwendungszweck der Produkte für alle Varianten angewendet werden. Es wurden vier

Qualitätsforderungen (Q-Forderungen) formuliert:

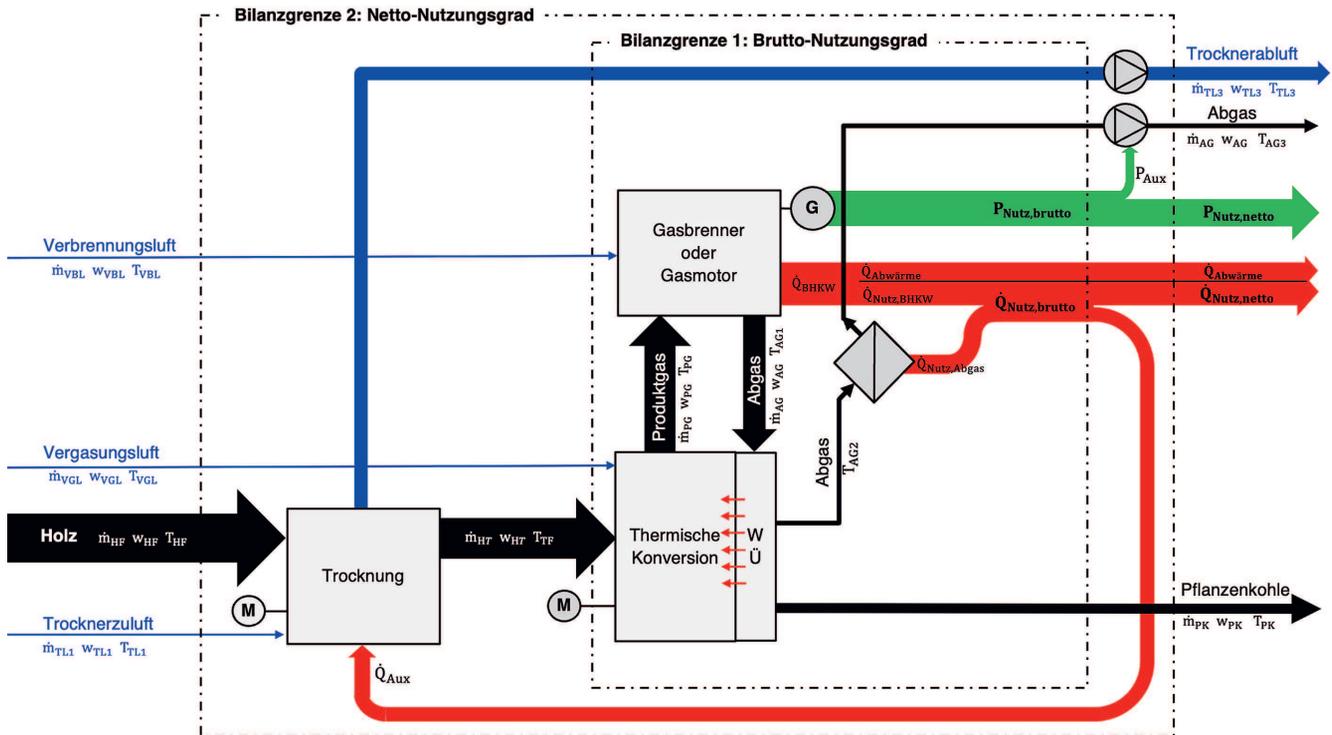
### Q-Forderung 1: Energetische Anforderungen

Als Basis für eine energetische Bewertung dienen die Anforderungen des Bundes für Investitionsbeiträge für Biomasseanlagen sowie die Effizienzkriterien des Energiegesetzes (EnG) und der Energieförderungsverordnung (EnFV). Anhang 1.5 Ziffer 2.2.3 EnFV verlangt für Dampfkraftanlagen die Erreichung minimaler Nutzungsgrade zur Produktion von Wärme und Elektrizität nach Bild 3.

Die Anforderung bezieht sich auf Bruttounutzungsgrade ohne Berücksichtigung des



3 Mindestanforderung an die Nutzungsgrade an Wärme und Elektrizität von Dampfkraftanlagen nach Energieförderungsverordnung Anhang 1.5 Ziffer 2.2.3 EnFV.



4 Verfahrensfliessbild zur Bilanzierung von Anlagen zur Produktion von Elektrizität, Pflanzkohle und Wärme. WÜ = Wärmeübertragung. Der Abwärmestrom umfasst die Wärmeverluste der Anlage und – sofern vorhanden – die über einen Rückkühler abgeführte Wärme.

Eigenverbrauchs an Wärme und Strom, wobei Wärme zur Brennstofftrocknung als genutzte Wärme bewertet wird. Damit gelten folgende Definitionen:

Brutto-Nutzungsgrad Elektrizität = Produzierte Elektrizität dividiert durch zugeführte Energie.

Brutto-Nutzungsgrad Wärme = Brutto-Nutzwärme dividiert durch zugeführte Energie.

Zugeführte Energie = Heizwert des zugeführten Brennstoffs nach einer allfälligen Trocknung.

Als Beurteilungsperiode dient ein Kalenderjahr. Die Nutzungsgrade entsprechen somit Jahresnutzungsgraden und Bild 3 beschreibt folgende Forderung für Brutto-Jahresnutzungsgrade:

**Nutzungsgrad Wärme + 1.75 Nutzungsgrad Elektrizität ≥ 70 %**

Die Bestimmung der Brutto-Nutzungsgrade entspricht einer Bilanzierung anhand der Bilanzgrenze 1 in Bild 4. Diese Forderung wird als Basisfall für Holzvergaser-BHKW vorgeschlagen. Im Gegensatz dazu verlangt die Energieförderungsverordnung für Blockheizkraftwerke nach Anhang 1.5 Ziffer 2.2.4 EnFV einen elektrischen Mindestwirkungsgrad des WKK-Moduls und eine teilweise Wärmenutzung. Um die Rechtssicherheit zu gewährleisten, ist alternativ auch ein Nachweis dieser Bedingungen möglich. Da dies jedoch keinen Vergleich mit anderen Anlagentypen erlaubt, soll nach Möglichkeit zusätzlich auch der gewichtete Nutzungsgrad ausgewiesen werden.

Für Pflanzkohleanlagen wird vorgeschlagen, den Energieinhalt der produzierten Kohle zu ergänzen und diesen wie folgt zu bewerten:

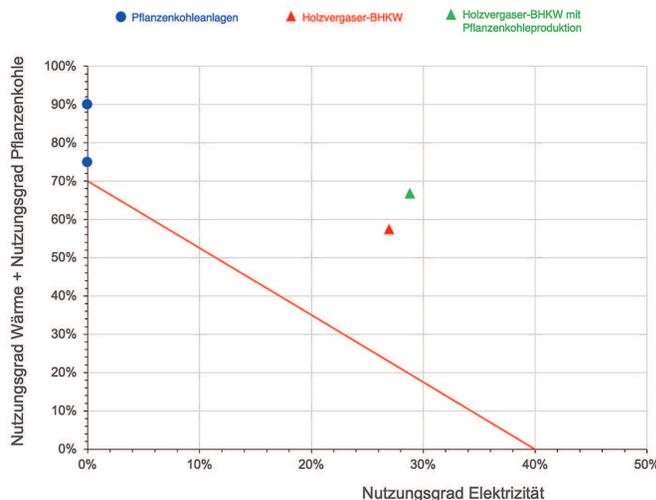
**Nutzungsgrad Pflanzkohle = Heizwert der Pflanzkohle dividiert durch zugeführte Energie.**

Für Pflanzkohleanlagen ohne Stromproduktion gilt damit folgende Forderung:

**Nutzungsgrad Wärme + Nutzungsgrad Pflanzkohle ≥ 70 %**

Für Pflanzkohle, Elektrizität und Wärme und somit für alle Anlagentypen gilt damit folgende allgemeine Forderung für die Brutto-Jahresnutzungsgrade:

**Nutzungsgrad Wärme + Nutzungsgrad Pflanzkohle + 1.75 Nutzungsgrad Elektrizität ≥ 70 %**



5 Die rote Linie im Diagramm beschreibt die Mindestanforderung an den Brutto-Jahresnutzungsgrad zur Produktion von Elektrizität, Wärme und Pflanzkohle. Die vier Punkte beschreiben vier Anlagenbeispiele.

Bild 5 beschreibt diese Forderung. Zur Illustration sind zudem vier Datenpunkte eingezeichnet, die folgenden Anlagen gemäss den in Tabelle 1 beschriebenen Nutzungsgraden entsprechen [1]:

- Ein Holzvergaser-BHKW von Spanner Re. Dabei ist zu beachten, dass der Punkt auf Wirkungsgraden basiert und die Jahresnutzungsgrade somit tiefer liegen.
- Zwei Pflanzkohleanlagen von Biomaccon und Pyreg. Dabei ist zu beachten, dass die Angaben zur Pflanzkohle unsicher sind und mit einem Heizwert von Holzkohle abgeschätzt wurden.
- Ein Holzvergaser-BHKW mit Pflanzkohleproduktion von Syncraft. Diese Daten basieren auf einer Jahresbilanz und entsprechen somit den hier beschriebenen Definitionen.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten zeigt die Bewertung, dass alle Anlagen die Q-Forderung erfüllen können und dass Anlagen mit BHKW die Forderung deutlich übertreffen oder bereits mit teilweiser Wärmenutzung erfüllen können.

Um die Beurteilungsbasis für die neuen Anlagentypen zu verbessern, wird vorgeschlagen, nach Möglichkeit zusätzlich Angaben zum Eigenverbrauch an Elektrizität und Wärme (inklusive Trocknung) zu erheben und Netto-Nutzungsgrade entsprechend der Bilanzgrenze 2 in Bild 4 auszuweisen.

#### Q-Forderung 2: Luftreinhaltung

Basis zur Kontrolle der Schadstoffemissionen bildet die Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Da jedoch erst wenig Erfahrungen mit den hier beschriebenen Anlagen vorliegen, haben drei Kantone die Erarbeitung von Empfehlungen zum Vollzug der LRV bei Verenum AG in Auftrag gegeben, die im Jahr 2022 publiziert wurden (Quellen in [1]). In Ergänzung dazu hat der Cercl'Air im Jahr 2024 die Empfehlung Nr. 31r herausgegeben. Zur Kontrolle der Einhaltung der LRV wird als Teil der Qualitätsbegleitung auf diese Dokumente verwiesen und eine Bestätigung der Abnahme durch die Behörde verlangt.

#### Q-Forderung 3: Anlagenbetrieb, hydraulische Einbindung und Kosten

Qualitätsanforderungen zu Auslegung und Betrieb der Anlagen erfolgen nach QM Holzheizwerke®. Für Anlagen zur Produktion von Elektrizität und Pflanzkohle wird das Vorgehen soweit erforderlich um zusätzliche Punkte ergänzt und soweit möglich vereinfacht. Das Vorgehen dazu ist

		Wärme	Pflanzkohle	Wärme + Pflanzkohle	Elektrizität	Total	Ist / 70 %
	Gewichtungsfaktor			1	1.75		
Holzvergaser-BHKW	Nutzungsgrad	57%	0%	57%	27%	84%	
	Gewichteter Nutzungsgrad			57%	47%	104%	1.49
Pflanzkohleanlage 1	Nutzungsgrad	15%	60%	75%	0%	75%	
	Gewichteter Nutzungsgrad			75%	0%	75%	1.07
Pflanzkohleanlage 2	Nutzungsgrad	45%	45%	90%	0%	90%	
	Gewichteter Nutzungsgrad			90%	0%	90%	1.29
Holzvergaser-BHKW mit Pflanzkohleproduktion	Nutzungsgrad	55%	10%	65%	29%	94%	
	Gewichteter Nutzungsgrad			65%	51%	116%	1.65

Tabelle: Nutzungsgrade und gewichtete Nutzungsgrade heutiger Anlagen (Beispiele nach [1]).

in einem separaten Dokument beschrieben, das den registrierten Q-Beauftragten zur Verfügung steht. Mögliche Vereinfachungen umfassen dabei folgende Anforderungen:

1. Auf eine Erfassung der Anzahl Anfahrvorgänge, wie vom Cercl'Air für automatische Holzheizungen vorgesehen, wird verzichtet, wenn eine grosse Anzahl Starts durch das Betriebsregime ausgeschlossen werden kann.
2. Wenn ein weitgehend kontinuierlicher Anlagenbetrieb unabhängig von externen Wärmeverbrauchern sichergestellt wird, kann die minimale Wärmespeicherkapazität entsprechend angepasst werden.

#### Q-Forderung 4: Pflanzkohlequalität

Im Jahr 2021 wurde ein Gutachten zum rechtlichen Umgang von Pflanzkohle im Auftrag des Bundesamts für Umwelt veröffentlicht und im Jahr 2023 durch ein Faktenblatt zur Verwendung von Pflanzkohle in der Schweizer Landwirtschaft ergänzt. Diese in [1] beschriebenen Dokumente dienen als Basis zur Nutzung von Pflanzkohle mit Einhaltung folgender Punkte:

Für den Betrieb von Pflanzkohleanlagen wird ein Nachweis zum eingesetzten Rohstoff, der geplanten Nutzung der Pflanzkohle und den dazu einzuhaltenden Anforderungen sowie dem Vorgehen zur Kontrolle der Pflanzkohlequalität verlangt. Für eine Verwendung in der Schweizer Landwirtschaft ist die Einhaltung des Gutachtens und des Faktenblatts des BAFU nachzuweisen, darunter:

- Einhaltung eines PAK-Gehalts von maximal 4 mg/kg nach Richtlinien des EBC.
- Verwendung als Bodenverbesserungsmittel nur aus unbehandeltem oder mit für die biologische Landwirtschaft zugelassenen Hilfsmitteln behandeltem Pflanzenmaterial.

- C-Gehalt mindestens 50 Gew.-%.
- Einhaltung der Grenzwerte des Schadstoffgehalts der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) für organische Dünger und Recyclingdünger.
- Beschränkung der Anwendung auf den biologischen Landbau.
- Maximale Austragsmenge von 10 Tonnen pro Hektare in 10 Jahren.
- Da Reaktortemperaturen über 500 °C zu niedrigeren PAK-Gehalten führen als solche um 300 °C, ist die Reaktortemperatur zu dokumentieren, sofern diese gemessen wird.

#### Ausblick

Holzvergaser-BHKW und Pflanzkohleanlagen ermöglichen neue Anwendungen und versprechen ökologische und ökonomische Vorteile gegenüber Holzheizungen. Da jedoch erst wenig Erfahrungen zu solchen Anlagen vorliegen, ist ein Vergleich verschiedener Anwendungen schwierig und eine Beurteilung des effektiven Nutzens unsicher. Das vorgestellte Qualitätsmanagement und eine Erfolgskontrolle des Betriebs kann ermöglichen, dass verschiedene Anwendungen verglichen werden können, und es kann sicherstellen, dass das Energieholz und allfällige Fördergelder effizient genutzt werden. ■

[qmholzheizwerke.ch](http://qmholzheizwerke.ch)

Autor

\*Dr. Thomas Nussbaumer ist Professor an der Hochschule Luzern und Inhaber der Verenum AG in Zürich.

Literatur

[1] Nussbaumer, T.: QM für Holzvergaser-BHKW und Pflanzkohleanlagen, Bundesamt für Energie, 2024, 20 Seiten. Download Bericht via <https://pubdb.bfe.admin.ch/> Kurzfassung via <https://holzenergie-symposium.ch/>