

Empfehlungen zur erweiterten Holzpellet-Charakterisierung für den Einsatz in Pelletöfen

Autoren:

Robert Mack, Dr. Hans Hartmann

Technologie- und Förderzentrum, im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Hans Martin Behr

Holz-Energie-Zentrum Olsberg GmbH



Kevin Nätebusch

Deutsches Pelletinstitut GmbH (DEPI)



Prof. Dr. Ingwald Obernberger, Dr. Thomas Brunner

BIOS - Bioenergiesysteme GmbH



Dr. Volker Schulte

Olsberg GmbH



Haftungsausschluss:

Die präsentierten Empfehlungen sind Ergebnis eines wissenschaftlichen Projekts. Die Umsetzung und Nutzung der Forschungsergebnisse liegen im Ermessen jeder einzelnen Person oder jedes Unternehmens. Die Autoren übernehmen keine Haftung für die Nutzung und Umsetzung der Forschungsarbeit und der Forschungsergebnisse sowie für die Folgen der daraus resultierenden technologischen Entwicklung oder Anlagenbetrieb.

1. Ziel und Anwendungsbereich

Diese Empfehlungen definieren Anforderungen und Prüfmethoden zur erweiterten Charakterisierung von Holzpellets, die speziell für den Einsatz in Pelletöfen (Einzelraumfeuerungen) vorgesehen sind. Ziel ist es, Brennstoffparameter zu identifizieren und zu bewerten, die über die bestehenden Normen hinaus einen signifikanten Einfluss auf Emissionen, Betriebssicherheit und Effizienz von Pelletöfen haben. Die Empfehlungen richten sich an Pelletproduzenten, Prüfinstitute, Gerätehersteller und Normungsgremien.

2. Erweiterte Brennstoffparameter und deren Bedeutung

Neben den in der DIN EN ISO 17225-2 und ENplus definierten Parametern (z. B. Wassergehalt, Aschegehalt, mechanische Festigkeit, Feinanteil, Heizwert, Durchmesser, Länge, Additive, Stickstoff, Schwefel, Chlor, Schwermetalle) sind weitere Parameter für den emissionsarmen und effizienten Betrieb von Pelletöfen relevant. Nachfolgend werden sowohl die zusätzlichen als auch die hinsichtlich der Emissionen besonders relevanten und bereits von der Norm abgedeckten Parameter erläutert:

- **Pelletlängenverteilung:**

Die Verteilung der Pelletlängen, insbesondere der Anteil sehr kurzer Pellets (< 10 mm), beeinflusst maßgeblich die Förderrate, die Gleichmäßigkeit der Brennstoffzufuhr und damit die Schadstoffemissionen von Pelletöfen. Ein hoher Anteil kurzer Pellets kann zu erhöhtem Feinanteil, ungleichmäßiger Dosierung und Emissionsspitzen führen.

- **Feinanteil (F < 3,15 mm und 3,15 – 5,6 mm) durch Pelletförderung:**

Der während der Förderung und Lagerung entstehende Feinanteil kann im Ofen zu Emissionspeaks und Betriebsstörungen führen. Die A1 Grenzwerte für Sackware nach ENplus sollten eingehalten werden; zusätzlich ist der durch die Fördertechnik erzeugte „feuerungstechnisch relevante“ Feinanteil zu berücksichtigen. Dieser lag in den Versuchen des Projekts FuturePellet-Spec 2 im Mittel über alle getesteten Sortimente und typische Schnecken bei 0,5 – 1,2 m-% (< 3,15 mm) und 0,2 - 1,0 m-% (3,15 – 5,6 mm) und entsteht zusätzlich zum regulären Feinanteil. Nach bisherigem Kenntnisstand scheint es für typische Schneckengeometrien bei Pellets mit einer mechanischen Festigkeit von > 98,5 % ausreichend, für den zusätzlichen Feinanteil durch Förderung einen festen Faktor von ca. 0,9 m-% (sowohl < 3,15 mm als auch 3,15 – 5,6 mm) anzusetzen. Dieser Wert ist vor allem für die Entwicklung neuer Öfen interessant.

- **Aschegehalt (A, d):**

Ein niedriger Aschegehalt ist für Pelletöfen besonders wichtig, da hohe Aschegehalte zu erhöhten Feinstaubemissionen, Versinterung und häufigeren Wartungsintervallen führen. Die Empfehlung eines maximalen Aschegehaltes von ≤ 0,5 m-% für Pelletöfen ist daher sinnvoll.

- **Wassergehalt (M, ar):**

Ein optimaler Wassergehalt von 5 bis 10 m-% verbessert die Verbrennung und reduziert Emissionen. Zu niedrige Werte (< 5 m-%) können zu erhöhten Emissionen führen.

- **Chemische Zusammensetzung (insbesondere K, Ca, Si):**

Der Gehalt an Kalium (K), Calcium (Ca) und Silizium (Si) sowie deren Verhältnis (Si/K, Ca/K) beeinflussen das Ascheschmelzverhalten und die

Feinstaubemissionen. Hohe Kaliumgehalte und niedrige Si/K- bzw. Ca/K-Verhältnisse erhöhen das Risiko von Versinterungen und hohen Feinstaubemissionen. Nach den aktuell vorliegenden Forschungsergebnissen, sind Kaliumgehalte von $< 700 \text{ mg/kg}$ für einen emissionsarmen Anlagenbetrieb zu empfehlen. Bei Si/K-Verhältnissen < 1 wurden keine messbaren Effekte auf das Ascheschmelzverhalten beobachtet. Liegt der Aschegehalt des Brennstoffs bei $\leq 0,5 \text{ m-\%}$ werden hohe Kaliumgehalte größtenteils automatisch ausgeschlossen. Da zum aktuellen Zeitpunkt keine geeigneten Schnellbestimmungsverfahren für die Kaliumbestimmung vorliegen, sollte der Aschegehalt die maßgebliche Größe sein.

- **Stickstoffgehalt (N):**
Er bestimmt maßgeblich die NO_x -Emissionen. Für die Einhaltung strenger Grenzwerte (z. B. „5 Sterne“-Label Italien) sind niedrige Stickstoffgehalte ($\leq 0,1 \text{ m-\%}$) im Brennstoff erforderlich.
- **Mechanische Festigkeit (DU):**
Eine geringe Festigkeit $< 98,5\%$ erhöht den Feinanteil bei der Förderung und damit die Emissionen.
- **Schüttdichte:**
Als wichtigste Einflussgröße für die Energiedichte beeinflusst ein Wechsel in der Schüttdichte den Energieeintrag in die Feuerung. Bei unregelmäßigen und nur manuell anzupassenden Öfen kann das zu einer erheblichen Leistungsänderung (Überlast oder Nicht-Erreichung der Nennleistung) und bei Öfen ohne automatische Anpassung der Verbrennungsluft in der Folge zu Emissionsspitzen führen.

3. Schnellbestimmungsmethoden

Der Einsatz von NIR-Spektroskopie zur Schnellbestimmung von Wassergehalt und Heizwert ist schon heute gängige Praxis. Beim Kaliumgehalt und bei weiteren Parametern ist die Messgenauigkeit derzeit noch recht niedrig. Im Zuge des technischen Fortschritts im Bereich der künstlichen Intelligenz sind jedoch Verbesserungen zu erwarten. Die Modelle zur Auswertung der generierten Messdaten müssen teilweise noch weiterentwickelt und regelmäßig validiert werden.

Fotooptische Verfahren zur Bestimmung der Pelletlängenverteilung ermöglichen eine schnelle Bestimmung der Längen, müssen aber regelmäßig mit der Referenzmethode abgeglichen werden.

Zur Vorhersage des Ascheschmelzverhaltens hat sich der sogenannte [Rapid-Slag-Test](#) als am vielversprechendsten herausgestellt. Für eine quantitative Bestimmung des Ascheschmelzverhaltens muss dieser jedoch noch leicht angepasst und validiert werden.

4. Empfohlene Anforderungen an Holzpellets für Einzelraumfeuerungen

Pellets, die explizit für Einzelraumfeuerungen (Pelletöfen) angeboten werden, sollten nach den Ergebnissen der Forschungsprojekte folgende Mindestanforderungen erfüllen, um in Bestandsanlagen möglichst niedrige Emissionen und einen effizienten Anlagenbetrieb zu gewährleisten.

- **Aschegehalt:** $\leq 0,5$ m-%
- **Wassergehalt:** 5 – 10 m-%
- **Längenklasse:** Klasse¹ M oder L (Klasse S ist für Pelletöfen nicht geeignet)
- **Feinanteil:** $\leq 0,5$ m-% (Sackware)
- **Mechanische Festigkeit:** $\geq 98,5\%$
- **Stickstoffgehalt:** möglichst niedrig

Auf zusätzliche Vorgaben bei der Schüttdichte kann verzichtet werden, wenn die Anforderungen bei der Längenklasse eingehalten werden und somit Schwankungen in der Energiedichte niedrig bleiben.

Eine entsprechende Kennzeichnung („Besonders geeignet für Pelletöfen“) sollte auf der Verpackung und im Datenblatt erfolgen.

5. Hinweise zur Anwendung und Weiterentwicklung

Die Empfehlung ist als Ergänzung zu bestehenden Normen zu verstehen und sollte regelmäßig an neue wissenschaftliche Erkenntnisse angepasst werden.

Die Anwendung der Empfehlung ist insbesondere für die Entwicklung neuer Pelletöfen, für die Qualitätssicherung bei Pelletproduzenten sowie für die Beratung von Endkunden sinnvoll.

6. Literatur und Quellen

DIN EN ISO 17225-2:2021, EN*plus*-Handbuch, DIN EN ISO 17829:2024-10, DIN EN ISO 5370:2023, DIN EN ISO 18122, DIN EN ISO 18134-1/2, DIN EN ISO 16967/16968, DIN EN ISO 17831-1, ISO 16948, FuturePelletSpec2 Schlussbericht, TFZ 2025

¹ Anteil Pellets < 10 mm Länge:
Klasse S > 30 %,
Klasse M: ≥ 20 % bis ≤ 30 %,
Klasse L < 20 %

7. Schlussbemerkung

Die vorliegenden Empfehlungen zur erweiterten Holzpellet-Charakterisierung stellen einen praxisnahen Leitfaden für die Herstellung, Prüfung und Auswahl von Holzpellets für den Einsatz in Pelletöfen dar. Sie berücksichtigt aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und Erfahrungen aus umfangreichen Praxisuntersuchungen. Die konsequente Umsetzung dieser Empfehlungen trägt wesentlich zur Reduktion von Emissionen, zur Steigerung der Effizienz und zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebs von Pelletöfen bei.

Alle hier beschriebenen Punkte sind aus den Forschungsergebnissen der FNR-Projekte "FuturePelletSpec1" und "FuturePelletSpec 2" abgeleitet. Beide Projekte wurden vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat gefördert.

