

## Einfluss der Hackgutqualität auf Emissionen

Biomasse-Heizanlagen haben in Österreich eine lange Tradition. Namhafte Hersteller befassen sich mit der Entwicklung dieser Feuerungstechnik und liefern moderne Heizanlagen in die ganze Welt. Österreich hat im Bereich der Biomassenutzung eine Vorreiterrolle.



Biomasselager eines Fernheizwerks

Sowohl bei den Kleinanlagen (bis 100 kW) als auch bei den Anlagen mit einem Leistungsbereich von größer als 100 kW Nennwärmeleistung, ist ein deutlicher Aufwärtstrend an neu errichteten Hackgutfeuerungen ersichtlich. Aktuell gibt es in Österreich ein Netzwerk aus über 2.400 Biomasseheizanlagen und mehr als 140 Biomasse-Kraft Wärme-Kopplungsanlagen. Diese Anlagen versorgen insbesondere Mehrparteienwohnbauten, Kommunalgebäude, Nah- und Fernwärmenetze sowie Gewerbe und Industrieanlagen. Die steigende Nachfrage nach Energieholz, insbesondere in Form von Holzhackschnitzel, stellt für viele Forstbetriebe aber auch für Lohnunternehmer ein wachsendes Geschäftsfeld dar. Gerade die Produktion von Holzhackschnitzel wird zu einem überwiegenden Anteil von Lohnunternehmen durchgeführt.

### Qualitätsanforderungen und Normierung

Nicht nur die Technik der Energieumwandlung, sondern auch die geltenden Umweltstandards und gesetzlich geforderte Auflagen hinsichtlich Emissionen befinden sich in ständiger Weiterentwicklung.

Dazu ist es erforderlich, dass die verwendeten Brennstoffe in möglichst hoher und einheitlicher Qualität bereitgestellt werden.

Denn gerade bei kleineren Feuerungsanlagen ist ein hochwertiger Brennstoff besonders wichtig und die Anlagenhersteller schreiben hier klar definierte Qualitätsanforderungen vor. Fest definierte Brennstoffqualitäten versprechen dem Kunden die Sicherheit, die richtigen Hackschnitzel für seine Anlage zu beziehen und ermöglichen somit einen zuverlässigen Anlagenbetrieb. Grundlage stellen hierbei die Qualitätsanforderungen

der internationalen Brennstoffnormen der ÖNORM EN ISO 17225 Reihe dar. Teil 4 der ÖNORM EN ISO 17225 legt beispielsweise die qualitätsbezogenen Brennstoffklassen und -spezifikationen für Holzhackschnitzel fest. Neben dem Wassergehalt zählen die Asche- und Elementgehalte sowie die Korngrößenverteilung zu den wichtigsten Qualitätsmerkmalen von hochwertigem Hackschnitzel. Je höher die Brennstoffqualität, desto höhere Preise können für die Hackschnitzel erzielt werden.

Durch das Inkrafttreten der EU-Rahmenrichtlinie über die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (kurz: Ökodesign-Richtlinie) sollen Mindestanforderungen festgelegt werden. Auch bei den Wärmeerzeugern verfolgt die Ökodesign-Richtlinie 2005/32/EG das Ziel ökologische Eigenschaften stärker zu berücksichtigen. Neben verschärften Mindestanforderungen für den Wirkungsgrad von Heizkesseln wurden von der EU-Kommission die Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Staub als signifikant eingestuft. Die EU-Rahmenrichtlinie wurde mit der Ökodesign-Verordnung im August 2007 umgesetzt. In der Praxis kommt es bei wiederkehrenden Messungen vor Ort zu Abweichungen gegenüber Prüfstandsergebnissen. Die Abweichungen sind auf

variierende Einflussgrößen wie Betriebs- und Wartungszustände der Heizkessel sowie eingesetzte Brennstoffqualitäten zurückzuführen.

## Einteilung von Emissionen

Biomasse ist vereinfacht ausgedrückt gespeicherte Sonnenenergie. Über die Fotosynthese wird Kohlenstoff durch den Aufbau von Biomasse fixiert. Auf Grund der pflanzlichen Zusammensetzung werden neben den energieliefernden Bestandteil auch Elemente in die Verbrennung eingebracht, die in Hinblick auf die energetische Nutzung unterschiedliche Auswirkung auf die Brennstoffqualität haben. Besondere Relevanz haben die Hauptelemente Stickstoff, Schwefel, Chlor sowie auch einige Spurenelemente wie zum Beispiel Schwermetalle, die maßgeblich für die Bildung von Schadstoffemissionen beteiligt sind. Während andere Elemente, die in der Asche gebunden sind, in Form von Pflanzennährstoffen (z.B. Calcium, Kalium, Phosphor) nach der Verbrennung wieder dem Nährstoffkreislauf zurückgeführt werden können.

Auf Grund der chemischen Zusammensetzung ist die Verbrennung von Holz immer mit der Bildung von Emissionen verbunden. Man unterscheidet hier zwischen Emissionen der vollständigen und der unvollständigen Verbrennung. Bei einer vollständigen Verbrennung ist der Kohlenstoff zur Gänze thermisch umgesetzt und es wird CO<sub>2</sub> emittiert. Zudem Wasser in Form von Wasserdampf und Stickoxide und Schwefeloxide, die zusammen mit anderen Elementen zu Staubpartikel und Salze kondensieren. Diese Emissionen sind nicht erwünscht, aber auf Grund der chemischen Zusammensetzung nicht zur Gänze vermeidbar. Auf der anderen Seite gibt es Emissionen aus unvollständiger Verbrennung, die bei einer schlechten Verbrennungs-

qualität bzw. ungünstigen Verbrennungszuständen in der Feuerungsanlage entstehen. Hierzu zählen Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (OGC – organisch gebundener Kohlenstoff), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK/PAH), Dioxine, Teere, Rus - unverbrannte Partikel, die umweltrelevant sind und die es bestmöglich zu vermeiden bzw. zu reduzieren gilt.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Emissionen zum einen durch die Brennstoffqualität und zum anderen durch die Qualität der Verbrennung im Heizkessel entstehen.

Zu den wesentlichen lufthygienischen Emissionskenngrößen von Holzfeuerungen zählt der Partikelaustritt (PM-Emission oder Staubemission). Holzbrennstoffe weisen einen höheren Aschegehalt als beispielsweise Erdgas auf, wodurch in weiterer Folge auch höhere Staubemissionen entstehen. Emissionen aus Verbrennungs- und Industrieprozessen können maßgebliche negative Auswirkungen auf Menschen, Tiere, Klima und Vegetation haben. Aus diesem Grund sind in gesetzlichen Emissionsvorschriften und Richtlinien zulässige Grenzwerte festgeschrieben. Durch lufttechnische Messungen überwachen die Behörden deren Einhaltung und werden in vorgeschriebenen Abständen durchgeführt. Sie geben Sicherheit für die Bevölkerung und die Umwelt.

Grundsätzlich lassen sich Staubemissionen in zwei Kategorien, nämlich grobe Flugasche und Aerosole (Feinstäube) unterteilen. Bei den Aktivitäten zur Reduktion von Schadstofffreisetzungen wird nach primären und sekundären Maßnahmen unterschieden. Primärmaßnahmen können durch die Optimierung der Betriebszustände der Feuerungsanlage erreicht werden. Die Bildung von Staub- und NO<sub>x</sub>-Emissionen kann durch die gezielte Feuerraumgeometrie, die Verbrennungstemperatur und durch gezielte



Gut vorgetrocknete Biomasse mit hohem Anteil an Stammholz eignet sich am besten für qualitativ hochwertige Hackschnitzel. Bildquelle: Jenz.

Verbrennungsführung beeinflusst werden.

Sekundärmaßnahmen zur Reduktion von Emissionen beschränken sich derzeit in der Praxis auf die Staubemissionen. Hier stehen mittlerweile sehr ausgereifte Technologien zur Verfügung, die sowohl bei großen Feuerungsanlagen in der Kraftwerkstechnik als auch bei Kleinfeuerungsanlagen zum Einsatz kommen. Dazu zählen beispielsweise Schwerkraft- und Fliehkraftabscheidung, Filtration mit Haftkräften durch Gitterwirkung, Abscheidung durch elektrische Feldkräfte und Nass-Entstaubung.

## Einfluss der Hackgutproduktion auf die Brennstoffqualität

In einem Projekt zum Thema optimale Bereitstellungsverfahren für Holz hackschnitzel des Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing wurden neben einer umfassenden Prozessanalyse der Hackschnitzelbereitstellung auch die Auswirkungen auf die Brennstoffqualität und die Einflussfaktoren entlang der gesamten Bereitstellungskette betrachtet. Hierbei wurde eine Vielzahl an potentiellen Einflüssen auf die Brennstoffqualität von Holz hackschnitzel nachgewiesen, die sich über das eingesetzte Rohmaterial, die Erntekette, der verwendete Maschinentyp zur Aufbereitung als auch die spezifische Maschineneinstellung erstrecken.

Die Auswahl des Rohmaterials hat maßgeblichen Einfluss auf physikalische Qualitätsparameter wie zum Beispiel die Schüttdichte der Brennstoffe. Sie wird durch die spezifischen Rohdichten diverser Holzarten bestimmt. Die spezifische Rohdichte des Holzes hat wiederum Einfluss auf die Partikelgrößenverteilung, da sich die Holzarten entsprechend ihrer Härte anders in den Hackmaschinen verarbeiten lassen. Die Baumart hat darüber hinaus auch Einfluss auf den Heizwert und den Wassergehalt des frischen Rohmaterials. Aber auch die chemische Zusammensetzung variiert je nach ausgewähltem Rohmaterial. Regionale Unterschiede bei der Elementarzusammensetzung von Böden und Gesteine können bei einem Eintrag während der Ernte bzw. Aufbereitung der Brennstoffe zu höheren Aschegehalten und einer Anreicherung von unerwünschten Elementen wie beispielsweise Schwermetalle führen.

Auch die Auswahl des Sortiments hat wesentlichen Einfluss auf die Brennstoffqualität, insbesondere der Anteil an Rinde, Blättern, Nadeln. Energierundholz ist am besten geeignet, um qualitativ hochwertige Hackschnitzel zu produzieren, wohingegen bei Waldrestsortimente deutlich inhomogenere Brennstoffqualitäten mit höheren Feinanteil und Überlängen erzielt werden.

Maßgeblichen Einfluss auf die Brennstoffqualität, insbesondere auf die Partikelform, den Feinanteil und die Schüttdichte hat das verwendete Schneidaggregat. Hierbei zeigen Hackschnitzel von Schneckenhackern geringer Feinanteile und gleichmäßigere Partikelformen als jene von Trommelhackern. Gleiches gilt für die Messerschärfe. Stumpfe Messer führen zu hohen Feinanteilen, Überlängen sowie stark zersetzten Partikelrändern und belasten die Hackmaschine stark. Für die Produktion von qualitativ hochwertigen

Hackschnitzel sind der Zustand und die Wartung der Messer daher sehr wichtig.

Die Einzugswalzensgeschwindigkeit, Zapfwelldrehzahl und Drehzahl des Schneidaggregats hat direkten Einfluss auf die Größe der Hackschnitzel und den Feinanteil. Eine Verringerung der Einzugswalzensgeschwindigkeit hat die Zunahme der kleineren Partikelfractionen zur Folge, da sich die Schnittanzahl pro Meter eingezo-genem Material erhöht. Die Zapfwelldrehzahl hat nur dann einen Einfluss auf die Beschaffenheit der Hackschnitzel, wenn sich mit ihr die Drehzahl des Schneidaggre-gats bei gleichbleibender Einzugsge-schwindigkeit ändert.

Prinzipiell gilt, dass eine ideale Abstimmung von Einzug und Drehzahl des Schneidaggregats immer auch unter Berücksichtigung des verwendeten Roh-materials Vorort optimiert werden sollte. Wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Produktion von hochwertigen Holz-hackschnitzel ist neben der Auswahl des Rohmaterials und der richtigen Maschineneinstellung und -wartung auch der Erfahrungsgrad des Ma-schinenführers. Durch unsaubere Kranführung kann es zu erhöhtem Eintrag von Verunreinigungen, wie beispielsweise Steine und Erde kommen. Aber auch eine gleichmäßige Beschickung des Hackers ist hierbei

von großer Bedeutung.

## Erfahrungen mit Holz-pellets in Kleinf Feuerungs-anlagen

Die HBLFA Francisco Josephinum BLT Wieselburg befasst sich seit längerer Zeit mit der Auswirkung der Brennstoffqualität auf die Emissionen von Feuerungsanlagen. Als akkreditierte Prüfstelle für biogene Kraft- und Brennstoffe werden an der BLT in Wieselburg Biomassebrennstoffe hinsichtlich ihrer Qualität gemäß den gültigen internationalen Normen analysiert und bewertet. Am zugehörigen Prüfstand für Feuerungsanlagen wird in aktuellen Forschungsprojekten der Zusammenhang zwischen Brennstoff-qualität und Emissionsentstehung untersucht.

In einem bereits abgeschlossenen Pro-jekt wurden beispielsweise verschie-dene Holzpellets in Kleinf Feuerungs-anlagen eingesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass selbst geringe Änderun-gen der Brennstoffqualität, insbeson-derer einzelner Elemente (z.B. Kalium), deutliche Auswirkungen auf die Emissionsentstehung und den Betriebs-zustand der Anlagen haben können.

Da Hackgut im Gegensatz zu Holz-pellets dezentral aus zum Teil sehr inhomogenen Rohstoffen produziert wird, resultiert eine größere Schwan-



1 - Hartholz-Hackgut

2 - Hobespäne

3 - Waldhackgut (rindenarm)

4 - Waldhackgut

5 - Hackgut (rindenfrei)

6 - Industriebhackgut (frisch)



kung der Brennstoffqualität.

## Untersuchungen mit Hackgutbrennstoffen

Zum Thema „Einfluss der Hackgutqualität auf die Emissionen und den Wirkungsgrad von automatisch beschickten Biomassekleinfeuerungen“ wurden im Jahr 2020 zwei Forschungsprojekte abgeschlossen und veröffentlicht. Die Zielsetzung lag in der Untersuchung von Auswirkungen der Hackgutqualität auf die Entstehung von Emissionen und die Ermittlung von Wirkungsgraden unter Prüfstandbedingung und praxisnahen Bedingungen. Die Ergebnisse des Projekts sollen dazu beitragen, die spezifischen Anforderungen an Biomassebrennstoffe zu verdeutlichen. Durch Optimierung der Brennstoffqualität und dem Verständnis über die Zusammenhänge kann auf die Anforderungen der Verbrennungstechnik besser eingegangen und in weiterer Folge Emissionen reduziert werden.

## Versuchsablauf und Varianten

Die Anlagenversuche umfassten zwei wesentliche Untersuchungsschwerpunkte:

- Verbrennungsversuche bei Nennlast und Teillast und Bewertung der Anlagenzustände bei sechs unterschiedlichen Brennstoffqualitäten
- Versuche bei definierten Lastzyklen zur Erhebung der Auswirkungen von Betriebszuständen zur Simulation praxisnaher Betriebsbedingungen.

## Feuerungsanlagen und Versuchsbrandstoffe

Für die Verbrennungsversuche wurden am Markt erhältliche, automatisch beschickte Holzfeuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von 35 bis 45 kW verwendet. Zur Darstellung der Wirkung von Sekundärmaßnahmen wurden die Anlagen auch mit

elektrostatischen Filteraggregaten, sogenannte E-Filter, zur Abgasreinigung ausgestattet.

Als Versuchsbrandstoffe wurden sechs unterschiedliche Holzhackgut-Brennstoffe eingesetzt, die sich neben der Zusammensetzung der Holzart auch in der Aufbereitungsform und der Brennstoffqualität, wie z.B. dem Rindenanteil und dem Grad der Verunreinigung unterschieden.

So wurde Hartholz-Hackgut mit einem geringen Rindenanteil ausgewählt. Das Material wurde nach dem Hacken auf einen Wassergehalt von <15% technisch getrocknet. Der Brennstoff war durch einen geringen Feinanteil (P31S) und einem geringen Anteil an Verunreinigungen gekennzeichnet.

Darüber hinaus wurden Hobelspäne als Versuchsbrandstoff eingesetzt. Diese wiesen eine geringe Schüttdichte mit nur 90 kg/m<sup>3</sup> auf. Die Hobelspäne wurden von einem Leimbinderwerk bezogen und wiesen daher eine geringe Menge an Leimanteil und einen Wassergehalt von rund 8% auf.

Die eingesetzten Waldhackgut-Praxisproben unterschieden sich auf Grund des jeweiligen Rindenanteils, des Nadelbesatzes und der Verunreinigungen durch mineralische Böden. Auch ein rindenfreies Industriebrennstoff, bestehend aus reinem Fichtenholz mit einem Wassergehalt von rund 16%, wie es typischerweise auch als Prüfbrennstoff im Rahmen der heiztechnischen Prüfung (Typenprüfung) verwendet wird, wurde als Versuchsbrandstoff herangezogen. Des Weiteren wurde frisches Hackgut mit einem Wassergehalt von 44% ausgewählt. Dieses Material wurde von einem Sägewerk bezogen und mit unterschiedlichen Wassergehalten (44%, rund 30% und rund 20%) eingesetzt, um den Einfluss des Wassergehalts auf den Betrieb und die Emissionen zu prüfen.



Das Hackgut muss trocken und frei von Witterungseinflüssen gelagert werden.

## Ergebnisse der Emissionsmessungen

In den Verbrennungsversuchen wurden die emissionsspezifischen Kenngrößen Kohlenmonoxid (CO), organischer gasförmiger Kohlenstoff (OGC), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Staub und teilweise die Partikelgrößenverteilung des Staubes dargestellt. Mit Korrelationsanalysen wurde versucht, kausale Zusammenhänge zwischen Emissionskenngrößen und brennstoffseitigen Einflussgrößen abzuleiten.

## CO-Emissionen

Die Emissionen von CO und gasförmigen Kohlenwasserstoffen dienen üblicherweise als Kriterium zur Beurteilung der Verbrennungsqualität in Feuerungsanlagen. Bei der primären Schadstoffbildung rühren die CO Emissionen aus der unvollständigen Verbrennung, die maßgeblich von der Brennraumtemperatur abhängig sind. Die höchsten CO Emissionen wurden sowohl bei Nennlast als auch bei Teillast mit Brennstoff 2 (Hobelspäne) ermittelt. Diese hohen Werte sind nicht auf die chemische Zusammensetzung, sondern auf die Struktur und Beschaffenheit des Brennstoffs zurückzuführen.

Mit Brennstoff 5 (Rindenfreies Industriebrennstoff) konnten mit Werkseinstellungen der Feuerungsanlagen die Ergebnisse der Typenprüfungen (rote Linie) nahezu erreicht werden.

Die Versuchsreihen mit Brennstoff 6 (frisches Hackgut) zeigten den Einfluss des Wassergehalts von rund 40%, 30% und 20%. Während bei den Nennlastversuchen der Wassergehalt einen geringen Einfluss gezeigt hat,



Das Hackgut muss trocken und frei von Witterungseinflüssen gelagert werden.

wurde bei den Teillastversuchen eine deutliche Streuung in Abhängigkeit des Wassergehalts festgestellt. Durch Änderung des Wassergehalts von rund 20% auf 40% wurde ein Anstieg der CO Emissionen um den Faktor 7,4 ermittelt. Dieser Anstieg der Emissionen ist auf die Veränderung der Verbrennungstemperatur zurückzuführen. Der hohe Wassergehalt verringert die Brennraumtemperatur und dadurch steigen die CO Emissionen.

### NO<sub>x</sub>-Emissionen

Stickoxid ist der Sammelbegriff für die beiden Oxide des Stickstoffs, Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), die bei der Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen gebildet werden.

Im Vergleich zu CO ist die Streubreite der Ergebnisse bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen innerhalb eines Brennstoffs deutlich geringer, was auf einen wesentlich geringeren Einfluss der Anlagentechnologie schließen lässt. Die höchsten Emissionen wurden mit Brennstoff 4 (Waldhackgut – erhöhter Rindenanteil) gemessen. Hierbei fällt auf, dass mit sehr guter Brennstoffqualität auch mit Werks-einstellungen die Ergebnisse der Typenprüfung erreicht bzw. unterschritten wurden. Jedoch mit schlechter Qualität können die Emissionen um das Doppelte bzw. Dreifache steigen. Im Brennstoffvergleich sind aufgrund der unterschiedlichen

Stickstoffgehalte deutliche Unterschiede erkennbar.

Waldhackgut mit schlechter Qualität (Brennstoff 4) hatte mit 0,2% den höchsten Stickstoffgehalt aller verwendeten Versuchsbrennstoffe und es wurden dabei die höchsten NO<sub>x</sub>-Emissionen gemessen. Die

beiden Faktoren Stickstoffgehalt im Brennstoff und NO<sub>x</sub>-Wert weisen somit einen starken Zusammenhang auf.

### Staubemissionen

Unter Staubemissionen versteht man meist feste Partikel und Partikelansammlungen von unterschiedlicher Größe, die im Wesentlichen in zwei Kategorien (grobe Partikel mit Flugasche und Feinstaub, sogenannte Aerosole mit Partikelgrößen von kleiner 1 µm) eingeteilt werden.

Staubemissionen können aus vollständiger bzw. unvollständiger Verbrennung entstehen und auch in anorganische und organische Aerosole unterteilt werden.

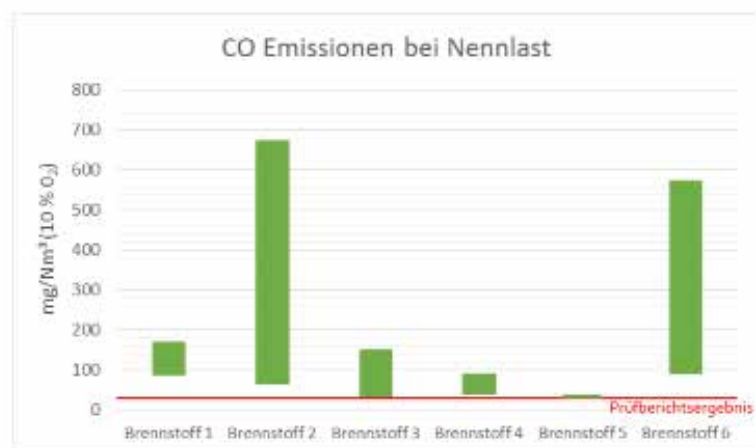
Die anorganischen Aerosole der vollständigen Verbrennung entstehen aus den flüchtigen Aschebildnern K,

Na, S, Zn und Pb. Das bedeutet, je vollständiger die Verbrennung der Gasausbrandphase, desto geringer ist die Anzahl an Kohlenstoffverbindungen, die beim Abkühlen des Rauchgases zu Staubpartikeln kondensieren können. Auf anorganische Aerosole kann in einem wesentlich geringerem Ausmaß Einfluss genommen werden. Hier sind die chemische Zusammensetzung des Brennstoffs sowie das Freisetzungverhalten der Aerosolbildner die bestimmenden Einflussfaktoren für die Bildung von Staubemissionen.

Unter Nennlast wurden die höchsten Staubemissionen bei Brennstoff 1 (Hartholz-Hackgut) gemessen. Mittels elektrostatischer Filter (E-Filter) können die Emissionswerte bei nahezu allen Brennstoffqualitäten auf einen sehr niedrigen Wert (Abscheiderate von 75 bis 95%, im Teillastbetrieb unterhalb der Nachweisgrenze) gebracht werden.

Zudem wurde auch der Einfluss des Brennstoffwassergehalts auf die Entstehung der Staubemissionen bei frischen Hackschnitzel und drei unterschiedlichen Wassergehalten (rund 40%, 30% und 20%) untersucht. Anders als bei den CO-Emissionen konnte bei den Staubemissionen keine wesentliche Veränderung festgestellt werden.

Abbildung 1: Brennstoffeinfluss auf die CO Emission bei Nennlast



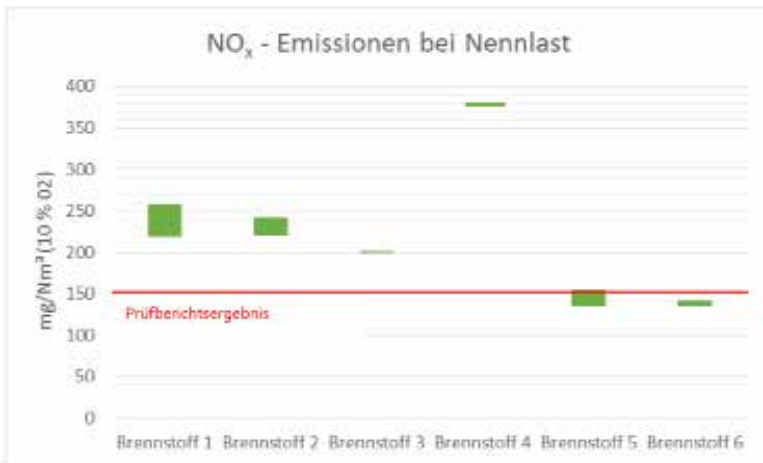


Abbildung 2: NO<sub>x</sub>-Emission bei Nennlast

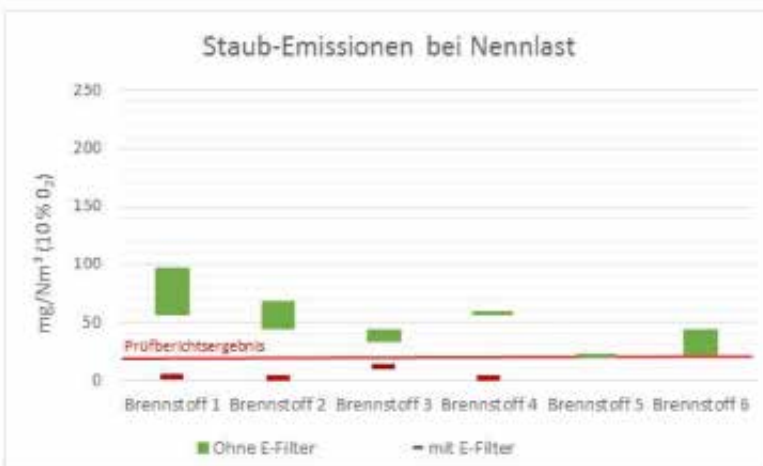


Abbildung 3: Brennstoffeinfluss auf die Staubemission bei Nennlast.

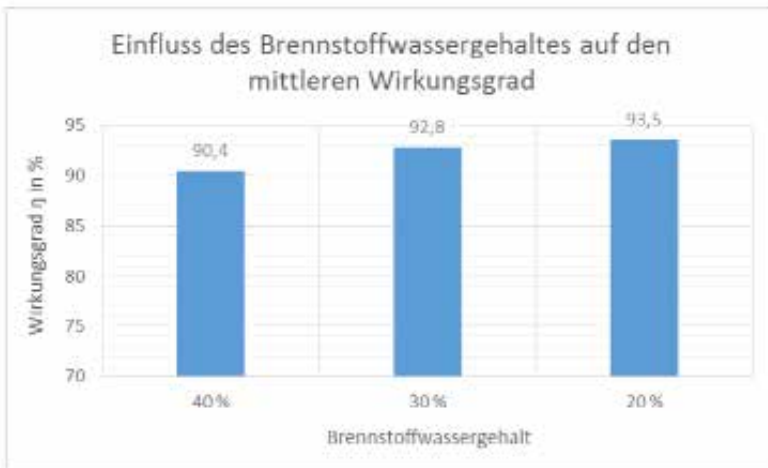


Abbildung 4: Einfluss des Brennstoffwassergehalts auf den Wirkungsgrad

## Einfluss auf den Wirkungsgrad

Zur Bewertung der Wirkungsgrade der durchgeführten Verbrennungsversuche wurde der direkt ermittelte Wirkungsgrad aus zugeführter Energie zu abgeführter Energie betrachtet. Die gemessenen Wirkungsgrade bewegten sich im Bereich von 93 bis 96%. Die Brennstoffqualität hat

mit Ausnahme des Wassergehaltes keinen nennenswerten Einfluss auf die Wirkungsgrade, weder bei Nennlast noch bei Teillast. Wie in der Abbildung 6 ersichtlich, steigt der Wirkungsgrad mit abnehmendem Wassergehalt. Der Wirkungsgrad konnte durch Reduzierung des Wassergehalts von 40% auf 30% um 2,4%-Punkte, von 30% auf 20% um 0,7%-

Punkte gesteigert werden.

## Fazit

Für die Produktion von hochwertigen Holzhackschnitzeln lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

Auf Grund des geringen Rindenanteils, Nadelbehang und Grünanteils lässt sich mit Energierundholz bessere Brennstoffqualität erzielen als mit Waldrestholzsortimenten. Das Rohmaterial wird idealerweise im Polter vorgetrocknet und über die gesamte Prozesskette sollte auf Eintrag von Mineralböden und sonstige Verunreinigungen geachtet werden. Guter Wartungszustand der Hackmesser und ausreichende Messerschärfe ist ein wesentlicher Bestandteil hoher Brennstoffqualität. Eine ideale Abstimmung des Einzuges auf die Drehzahl des Schneidaggregats ist ebenso unumgänglich wie gut geschultes Personal mit hohem Erfahrungsgrad.

Bei der Nutzung von biogenen Festbrennstoffen zur Wärmegewinnung werden neben den Hauptprodukten Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf auch unerwünschte luftgetragene Stoffe emittiert. Obwohl diese gasförmigen und aerosolartigen Stoffe im Abgas nur in sehr geringen Konzentrationen auftreten, sind sie aufgrund ihrer Wirkung auf die Umwelt von entsprechender Bedeutung.

Für die Entstehung von Emissionspartikeln nehmen die chemische Zusammensetzung und die Aufbereitungsform als maßgebliche Einflussfaktoren auf die Verbrennungsqualität eine wesentliche Rolle ein.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich klare Handlungsempfehlungen für die Praxis ableiten:

- Hoher Wassergehalt verringert die Brennraumtemperatur und erhöht die CO Emission entsprechend. Bei 40% Wassergehalt wurde eine Steigerung um das 7,4-fache gegenüber 20% Wassergehalt gemessen. Aus diesem Grund soll



Biomasse mit einem Wassergehalt von max. 20% verbrannt werden.

- Hoher Rindenanteil, Nadelbesatz und Verunreinigungen erhöhen den NOx-Wert deutlich. Das Ziel liegt bei einem Hackgut mit geringem Rindenanteil, keinem Nadelbesatz und geringen Verunreinigungen.
- Es besteht eine hohe Korrelation von Stickstoffgehalt im Brennstoff zu NOx-Emissionen. Aus diesem Grund soll der Stickstoffgehalt möglichst gering sein (frei von Rindenmaterial und Verunreinigungen).
- Staubemissionen werden in zwei Kategorien (grobe Partikel und Feinstaub-Aerosole) eingeteilt. Dabei entstehen anorganische Aerosole auf Basis der chemischen Zusammensetzung des Brennstoffs und durch das Freisetzungverhalten der Aerosolbildner. Mittels elektrostatischer Filter (E-Filter) oder anderer Filtersysteme können die Emissionswerte auf einen sehr niedrigen Wert gebracht werden.
- Bei der Brennstoffqualität ist hervorzuheben, dass prinzipiell die bestmögliche Qualität angestrebt werden soll. Kleine Anlagen stellen höhere Ansprüche an die Brennstoffqualität als Großanlagen.
- Weiterführende Forschungsaktivitäten in Richtung Optimierung der Brennstoffqualität durch gezielte Aufbereitungsschritte wie z.B. Siebung wären in diesem Zusammenhang sehr interessant, da festgestellt werden konnte, dass insbesondere die aerosolbildenden Elemente aber auch der Stickstoffgehalt maßgeblich durch einen hohen Rindenanteil und einem hohen Grad an Verunreinigung mit Nadeln, Blattmaterial oder anderen Störstoffen erhöht werden.

- Im Zuge der Lastzyklusversuche konnte festgestellt werden, dass eine adäquate Anlagenauslegung und Dimensionierung und der damit verbundene Anlagenbetrieb ein großes Potenzial zur Reduktion der Emissionen darstellt. In der Praxis sollen Betriebszustände mit sehr niedriger Kesselauslastung (Start-Stopp-Betrieb) vermieden werden, da hier die höchsten Emissionen anfallen.

*Dieser Beitrag wurde von Dr. Lukas Sulzbacher aus dem Abschlussbericht des Forschungsprojekts „Einfluss der Hackgutqualität auf Emissionen und den Wirkungsgrad von automatisch beschickten Biomassekleinf Feuerungen“ (HBLFA Francisco Josephinum BLT Wieselburg, Eigenverlag Wieselburg 2020) verfasst und zur Verfügung gestellt.*



Gut vortrocknetes Holz mit einem hohen Anteil an Stammholz eignet sich am besten für qualitativ hochwertige Hackschnitzel.

