

# Hackschnitzel – die Chemie muss stimmen!

Art, Herkunft und Herstellungsprozesse beeinflussen auch die chemische Qualität von Hackschnitzeln

Elke Dietz, Daniel Kuptz und Uwe Blum

**Die chemische Zusammensetzung biogener Festbrennstoffe beeinflusst im erheblichen Maße das Verhalten der Brennstoffe in der Feuerung. Hohe Gehalte an bestimmten Elementen führen zu erhöhten Emissionen, Korrosion und Verschlackung der Anlagen. Ein Großteil der Emissionen ist abhängig von der Art des Brennstoffes, seiner Herkunft und dem Herstellungsprozess. Zur Minderung der Emissionen können sich hieraus gezielte Maßnahmen ergeben. Die untersuchten Fallbeispiele legen nahe, dass bei Vermeidung von Bodenverunreinigungen Hackschnitzel aus Waldholz unbedenklich sind.**

Ein Teilaspekt im Projekt »Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel«, das zusammen mit dem Sachgebiet »Biogene Festbrennstoffe« des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) durchgeführt wurde, war die chemische Zusammensetzung von Holzhackschnitzeln. Diese beeinflusst das Verhalten des Brennstoffes in der Feuerung in erheblichem Maße. Hohe Gehalte bestimmter Elemente können zu erhöhten Emissionen von Feinstaub, Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) oder Schwermetallen führen, die Korrosion der Anlagen (z. B. durch Chloride) beschleunigen oder die Schlackebildung (Hartmann 2009) fördern. Ein Großteil der Emissionen ist abhängig vom Brennstoff, weshalb in den Teilen 1 und 4 der Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV), aber auch in aktuellen internationalen Normen (DIN EN ISO 17225) Anforderungen an biogene Festbrennstoffe bzw. an ihre Eignung für die jeweiligen Anlagentypen gestellt werden und Elementgrenzwerte für derartige Brennstoffe festgelegt sind (DIN EN ISO 17225-4, 6/7). Ho-

he  $\text{NO}_x$ - und  $\text{SO}_2$ -Emissionen führen unter anderem zu Schädigungen der Atemorgane oder begünstigen die Versauerung von Böden. Kalium hat aerosolbildende Eigenschaften, d. h. es begünstigt in Form von Kaliumchlorid oder -sulfat, die als Kondensationskeime wirken, die Bildung von Feinstaub (Nussbaumer und Lenz 2009; Oser et al. 2003). Andere Elemente, z. B. Kalzium, wirken sich dagegen positiv auf das Emissionsverhalten aus, da sie die Festsetzung von Schwefel in der Asche bedingen und damit die Freisetzung von Schwefeldioxid verringern. Schwermetallgehalte (u. a. Arsen, Cadmium, Blei, Zink, Chrom, Nickel, Quecksilber, Kupfer) sind für Mensch und Umwelt als gesundheitsschädlich zu bewerten, insbesondere wenn sie gewisse Konzentrationen und Grenzwerte überschreiten. Besonders problematisch sind Schwermetalle (Hartmann 2009), die zur Bildung von Aerosolen (Feinstaub) neigen wie z. B. Cadmium, Blei, Zink (Oser et al. 2003). Neben einer sorgsamsten Brennstoffwahl – hier spielen Art und Herkunft des biogenen Festbrennstoffes eine Rolle – und der Optimierung der Verbrennungsbedingungen im Hinblick auf Emissionen können technische Möglichkeiten wie Filtersysteme einen Beitrag zur Emissionsminderung leisten. Ziel des Projektes »Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel« war es unter anderem, diejenigen Elementgehalte zu erfassen, die für die Verbrennung problematisch sind, ihre Herkunft im Brennstoff (biogen oder Verschmutzung) zu beschreiben sowie mögliche Gegenmaßnahmen zur Verminderung dieser bereits bei der Bereitstellung des Brennstoffes aufzuzeigen.

## Herkunft und Qualität

Insgesamt wurden 85 Hackschnitzelproben verschiedener Sortimente unterschiedlicher Baumarten chemisch (Aufschlussverfahren in Anlehnung an DIN EN 15290, Messung der Elementgehalte mittels ICP-OES und ICP-MS, RFA sowie Feststoffanalysator) untersucht. Etwa 70 % der untersuchten Hackschnitzelproben entfielen dabei auf Waldholz (32 Energieurholz, 20 Waldrestholz, 6 Kronenmaterial, 2 Vollbäume). Bei etwa 30 % der untersuchten Hackschnitzelproben handelte es sich um Flur- und Siedlungsholz (15 Siedlungsholz, 6 Kurzumtriebsplantagen (KUP), 4 Straßenbegleitgrün



Foto: T. Bosch

Abbildung 1: Nachdem die Hackschnitzel zu feinem Mehl vermahlen wurden, wird dieses chemisch aufgeschlossen und als klare Flüssigkeit unter anderem mit einem Massenspektrometer (ICP-MS) auf die Elementzusammensetzung hin analysiert.

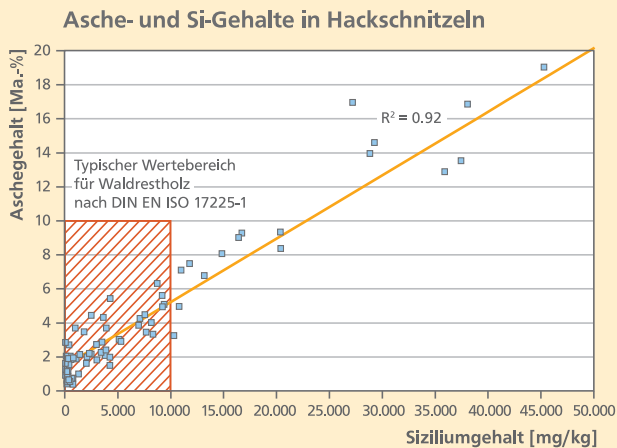


Abbildung 2: Lineare Regression zwischen Aschegehalt und Siliziumgehalt (alle Proben). Der schraffierte Bereich gibt typische Messwerte für Hackschnitzel aus Waldrestholz (inklusive geringe Gehalte an Mineralboden) nach DIN EN ISO 17225-1, bzw. maximale Gehalte in Pflanzen nach Kabata-Pendias (2011) wieder. Etwa 12 % der Proben liegen teils deutlich über diesem Bereich.

holz, 1 Stromtrassenauslichtung). Unter »Energierundholz« versteht man (grob)entastete Stammsortimente von etwa 7 (5) bis 14 cm Durchmesser. Waldrestholz kann neben Zweigen und Ästen auch Nadeln oder Blätter enthalten. Da Kurzumtriebsplantagen blattfrei im Winter geerntet werden, enthalten sie keinen Grünanteil. Die Ergebnisse der chemischen Analysen zeigen, dass Hackschnitzel aus Waldrestholz und Energierundholz aus chemischer Sicht als unkritisch nach DIN EN ISO 17225-4 einzuordnen sind. Bei Waldrestholz gab es eine große Streuung, in einigen wenigen Fällen, bei Proben mit hohem Aschegehalt, war die Hackschnitzelqualität nicht zufriedenstellend, es wurden vergleichsweise hohe Schwermetallgehalte erreicht. Bei Waldrestholz und Energierundholz handelt es sich um naturbelassenes Holz, das auf Grund seiner Herkunft kaum Schwermetalle enthält und somit in der Regel für die Hackschnitzel-Qualitätsklasse A1 verwendet werden kann (DIN EN ISO 17225-4), Überschreitungen der Grenzwerte (Qualitätsklassen B1 und B2) konnten bei Hackschnitzeln aus Kurzumtriebsplantagen (z. B. Cadmium, Zink), Verkehrswegebegleitgrün (Chlorid) oder beim Siedlungsholz (Chlorid, diverse Schwermetalle) beobachtet werden.

### Was beeinflusst die chemische Qualität der Hackschnitzel?

Aufgrund der Streuung der chemischen Analysen für Waldrestholz sowie der hohen Gehalte an Schwermetallen und Chlorid in Siedlungsholz wurden die möglichen Ursachen näher betrachtet. Die Gründe und Ursachen für hohe Gehalte an bestimmten Elementen in Hackschnitzeln sind vielfältig. Sie können unter

anderem durch die verwendeten Sortimente und damit indirekt durch den Stoffwechsel der Pflanzen begründet sein. Chlorid, Kalium, Magnesium, Zink, Kupfer oder Nickel sind in Pflanzen, insbesondere in den grünen Pflanzenteilen, an wichtigen Stoffwechselvorgängen beteiligt. Andere Elemente wie beispielsweise Kalzium werden in der Baumrinde oder Schwermetalle wie Blei, Quecksilber und Kupfer vorwiegend in den Wurzeln oder an Wurzeloberflächen abgelagert und gelangen so nur in geringen Mengen in die Pflanzen selbst. Was die Pflanzen an Elementen aufnehmen, hängt neben den Ansprüchen ihres Stoffwechsels auch von dem Angebot und der Verfügbarkeit am Standort ab. Der Standort kann, wie im Falle von Kurzumtriebsplantagen, durch seine Vorgeschichte einseitig mit Elementen (z. B. Kalium aus Düngemitteln, Zink aus Phosphatdünger stammend) ausgestattet sein (Hartmann et al. 2000), die sich in den Pflanzen- und später den Hackschnitzelgehalten widerspiegeln. Zum anderen können mit Erdreich verschmutzte Hackschnitzel die Schwermetallgehalte und den Aschegehalt erhöhen. Es konnte gezeigt werden, dass der Aschegehalt in direktem Zusammenhang mit dem Siliziumgehalt steht (Abbildung 2). Welcher Anteil des Siliziums allerdings aus der Pflanze selbst (amorphe Kieselsäure) und welcher Anteil aus dem anhaftenden Bodenmaterial (z. B. Sand, Tonminerale etc.) stammte, blieb zunächst offen. Verschiedene Versuchsreihen, bei denen die Hackschnitzel unter anderem gewaschen wurden, zeigten, dass bei hohen Aschegehalten von über 10 Massenprozenten (Ma.-%) bei Waldhackschnitzeln mit etwa 10–15 % anhaftendem Bodenmaterial zu rechnen ist. Siliziumgehalte größer 0,2 % (Gräser bis zu 1,2 %) sind in der Regel in Pflanzen nicht enthalten (Kabata-Pendias 2011), daher können Siliziumgehalte in Hackschnitzeln über diesem Wert nur von einer Verunreinigung mit Bodenmaterial stammen (Abbildung 2). Das Bodenmaterial gelangt durch den Ernteprozess (Waldholz, ggf. Kurzumtriebsplantagen) in die Hackschnitzel. Bei Siedlungsholz, das häufig auch Gartenabfälle beinhaltet, stammt es zudem zusätzlich von mit Erdreich verunreinigten Wurzelballen. In diesem Zusammenhang ist auch die regionale Herkunft von Bedeutung. Je nach geologischem Ausgangsmaterial findet man in bayerischen Böden regional unterschiedlich hohe Hintergrundwerte für Schwermetalle (Geuß et al. 2011). Berechnungen konnten zeigen, dass durch anhaftendes Bodenmaterial regional die Grenzwerte gemäß DIN EN ISO 17225-4 bzw. 6/7 für Hackschnitzel überschritten werden können. Entlang von Straßen kann es durch Spritzwasser zum Eintrag von Chlorid aus Streusalz oder auch von Schwermetallen (z. B. Cadmium) durch Reifenabrieb kommen, die von den dort wachsenden Pflanzen aufgenommen werden oder an deren Oberfläche anhaften. Bei Siedlungsholz kann ein Eintrag von Schwefel oder Schwermetallen, z. B. Kupfer, oder durch die in Gärten verwendeten Fungi- oder Herbizide erfolgen.

### Maßnahmen zur Verbesserung der chemischen Hackschnitzelqualität

Hinsichtlich der möglichen Maßnahmen muss man zunächst zwischen Waldhackschnitzeln und jenen aus dem Flur- und Siedlungsholzbereich unterscheiden. Waldhackschnitzel aus

Energierundholz bleiben auf Grund ihres geringen Grünanteils immer weit unter den Grenzwerten der DIN EN ISO 17225-4; eine Überschreitung dieser könnte allenfalls durch extrem unsauberes Arbeiten (Bodeneintrag) erfolgen. Ähnliches gilt auch für Waldrestholz, wobei hier je nach regionaler Herkunft schon mehr auf die Vermeidung von Bodeneintrag bei Holzernte und Hacken zu achten ist. Bei Flur- und Siedlungsholz können z. B. Schwermetalle oder auch Chlorid, bedingt durch den vergleichsweise hohen Grünanteil, Wurzelballen mit Erdanhaftung oder Streusalzeintrag erhöht sein. Im Projekt wurden Fallbeispiele für Aufbereitungsketten von Siedlungsholz gegenübergestellt. Die Ergebnisse deuten an, dass gezielte Maßnahmen der Vorsortierung vor dem Hackprozess den Grünanteil sowie den Anteil an Erde und Wurzelballen reduzieren können. Für Gehölze entlang der Straße könnte der Erntezeitpunkt gegebenenfalls so gewählt werden, dass er nach dem Blattfall (Vermeidung von Grünanteil) und vor der Streuperiode (Vermeidung von streusalzhaltigem Spritzwasser) liegt. Auch eine straßenferne Lagerung des zu hackenden Materials könnte zur Verminderung des an der Oberfläche anhaftenden Salzes durch Regen beitragen. Höherer Gehalte in der Pflanze, die durch das höhere Angebot an Chlorid bedingt sind, können durch diese Maßnahmen nicht beeinflusst werden. Da die untersuchten Hackschnitzelproben Fallbeispiele darstellen (Abbildung 3), geben die Ergebnisse erste Anhaltspunkte, können aber noch nicht als repräsentativ gelten. Detaillierte Untersuchungsergebnisse werden in Kürze in den Berichten des TFZ veröffentlicht.

## Literatur

DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. (2011): DIN EN 15290. Feste Brennstoffe - Bestimmung von Hauptelementen - Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Si, Na und Ti. Berlin: Beuth-Verlag, 10 S.

DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. (Entwurf 2013): DIN EN ISO 17225-4. Feste Biobrennstoffe - Brennstoffspezifikationen und -klassen - Teil 4: Einteilung von Holzhackschnitzeln. Berlin: Beuth-Verlag, 11 S.

DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. (Entwurf 2013): DIN EN ISO 17225-6. Feste Biobrennstoffe - Brennstoffspezifikationen und -klassen - Teil 6: Einteilung von nichtholzigen Pellets. Berlin: Beuth-Verlag, 15 S.

DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. (Entwurf 2013): DIN EN ISO 17225-7. Feste Biobrennstoffe - Brennstoffspezifikationen und -klassen - Teil 7: Einteilung von nichtholzigen Briketts. Berlin: Beuth-Verlag, 14 S.

Geuß, U.; Hangen, E.; Martin, W. (2011): Hintergrundwerte von anorganischen und organischen Schadstoffen in Böden Bayerns – Vollzugshilfe für den vorsorgenden Bodenschutz mit Bodenausgangsgesteinskarte von Bayern 1 : 500 000. Vorsorgender Bodenschutz Umweltspezial. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 59 S.

Hartmann, H.; Böhm, T.; Maier, L. (2000): Naturbelassen biogene Festbrennstoffe - umweltrelevante Eigenschaften und Einflussmöglichkeiten. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) (Hrsg.), München: Selbstverlag, Reihe »Materialien«, 150 S.

Hartmann, H. (2009): Brennstoffzusammensetzung und -eigenschaften. In: Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Edition. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer-Verlag, S. 277–332

## Standortkundliche Landschaftsgliederung Wittmann (1983)

- 1 Untermainebene
- 2 Spessart-Odenwald
- 3 Rhön
- 4 Fränkische Platte
- 5 Fränkischer Keuper und Albvorhang
- 6 Frankenalb und Oberpfälzer Jura
- 7 Fränkisches Triashügelland
- 8 Frankenwald, Fichtelgebirge und Steinwald
- 9 Oberpfälzer Becken- und Hügelland
- 10 Oberpfälzer Wald
- 11 Bayerischer Wald
- 12 Tertiäres Hügelland
- 13 Schwäbisch-Bayerische Schotterplatten- und Altmoränenlandschaft
- 14 Schwäbisch-Bayerische Jungmoräne und Molassevorberge
- 15 Bayerische Alpen

## Standorte

- KUP; Stammholz; Vollbäume; Waldrestholz
- Siedlungsholz
- ★ Straßenbegleitgrün

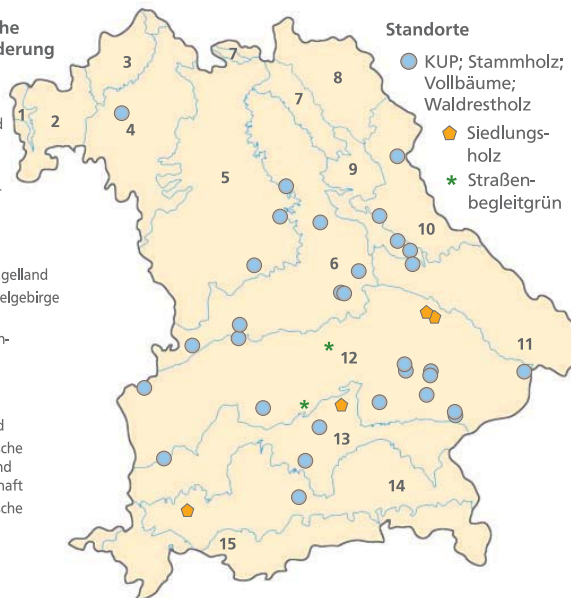


Abbildung 3: Verteilung der untersuchten Fallbeispiele über die standortkundlichen Großlandschaften Bayerns (nach Wittmann 1983). Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag in der Mitte und im Süden Bayerns. Für Straßenbegleitgrün und Siedlungsholz wurde die Lage der Sammelstellen angegeben.

Kabata-Pendias, A. (2011): Trace Elements in Soils and Plants. 4. Aufl. Boca Raton: CRC-Press, 520 S., ISBN 978-1-4200-9368-1

Nussbaumer, Th.; Lenz, V. (2009): Stoffe aus Spurenelementen bzw. Verunreinigungen. In: Kaltschmitt, Hartmann, Hofbauer (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Edition. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer-Verlag, S. 417–440

Oser, M.; Nussbaumer, T.; Müller, P.; Mohr, M.; Figi, R. (2003): Grundlagen der Aerosolbildung in Holzfeuerungen. Schlussbericht Forschungs- und P + D Programm Biomasse. Bern (Schweiz): Bundesamt für Energie. 95 S.

Wittmann, O. (1983): Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern Übersichtskarte 1 : 1 000 000. Materialien 21. München: Bayerisches Geologisches Landesamt. 30 S.

Dr. Elke Dietz bearbeitet in der Abteilung »Forsttechnik, Betriebswirtschaft, Holz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) den Bereich Holzenergie, GIS-Modellierung und Nährstoffnachhaltigkeit bei der Holzernte.

Dr. Daniel Kuptz leitet den Bereich »Brennstoffbereitstellung« im Sachgebiet »Biogene Festbrennstoffe« des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe /TFZ) in Straubing.

Dr. Uwe Blum ist Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« und leitet das analytisch-chemische Labor der LWF.

Korrespondierende Autorin: Dr. Elke Dietz,  
[Elke.Dietz@lwf.bayern.de](mailto:Elke.Dietz@lwf.bayern.de)

Wir bedanken uns bei Herrn Gerhard Schmoeckel und Herrn Dr. Jürgen Diemer vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) für ihre Unterstützung bei den chemischen Brennstoffanalysen sowie den fachlichen Austausch.