

SOVIEL ENERGIE STECKT IN HACKSCHNITZELN

Holz ist eine beliebte Ressource zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser. Trotzdem kennen in der Regel weder die Lieferanten von Hackschnitzeln noch die Heizwerk-Betreiber deren exakten Energiegehalt. Ein Forscherteam der *Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud* (HEIG-VD) in Yverdon möchte das ändern: Die Wissenschaftler haben eine Anlage gebaut, mit der sich der Energiegehalt von Hackschnitzeln bei der Anlieferung im Holzheizwerk bestimmen lässt. Dank dieses Ansatzes könnte die Wärmegewinnung aus Holz noch effizienter und weniger umweltbelastend werden.



Thierry Stäger, Forscher an der HEIG-VD, bedient die neuartige Messanlage. Die silbriggraue Box über dem Förderband ist das Infrarot-Gerät zur Messung der Feuchtigkeit. Um die Feuchtigkeit mit Mikrowellen zu bestimmen, dient die gelbe Platte, die direkt auf den Hackschnitzeln aufliegt (auf dem Foto durch das IR-Gerät verdeckt). Foto: B. Vogel

Welches Holz eignet sich am besten für das Cheminee oder den Kachelofen? Eichenscheite erzeugen eine langanhaltende Glut, Buche wird für ihr schönes Flammenbild gerühmt, Birke für den angenehmen Geruch. Nadelhölzer wie Fichte und Kiefer brennen schneller ab, weil sie eine geringere Dichte haben. Doch bei all diesen Unterschieden gilt: Die Wärmemenge, die mit der Verbrennung eines Kilogramms Holz gewonnen werden kann, ist über alle Holzarten hinweg ungefähr gleich gross. Der Heizwert von Holz wird nämlich hauptsächlich durch die zwei Einflussgrössen Gewicht und Feuchtigkeit bestimmt. Wer den Energiegehalt von Holzhackschnitzeln bestimmen will, muss diese also wiegen und ihre Feuchtigkeit feststellen.

Bezahlung nach Wärme statt nach Energiegehalt

Genau dies haben Roger Röthlisberger, Thierry Stäger und Julien Ropp in den letzten zwei Jahren immer wieder getan. Röthlisberger ist Professor an der Waadtländer Fachhochschule für Ingenieurswesen und Verwaltung (HEIG-VD) in Yverdon, Stäger Projektingenieur und Ropp Projektleiter an der selben Institution. Die drei Wissenschaftler haben mit ihrem Team eine Anlage gebaut, mit der sich der Energiegehalt von Hackschnitzeln vor der Verbrennung bestimmen lässt. Roger Röthlisberger erläutert die Motivation des Forschungsprojekts: «Heute werden Holzlieferanten abhängig davon entschädigt, wie viel Wärme mit ihren Hackschnitzeln erzeugt wird, nicht danach, wie viel Energie tatsächlich in den Hackschnitzeln steckt.»



Messanlage im Feldversuch bei dem Hackschnitzel-Lieferanten Germaplaket in Yverdon: Ein Traktor füllt Hackschnitzeln in den Trichter, von wo sie auf das Förderband gelangen. Foto: B. Vogel

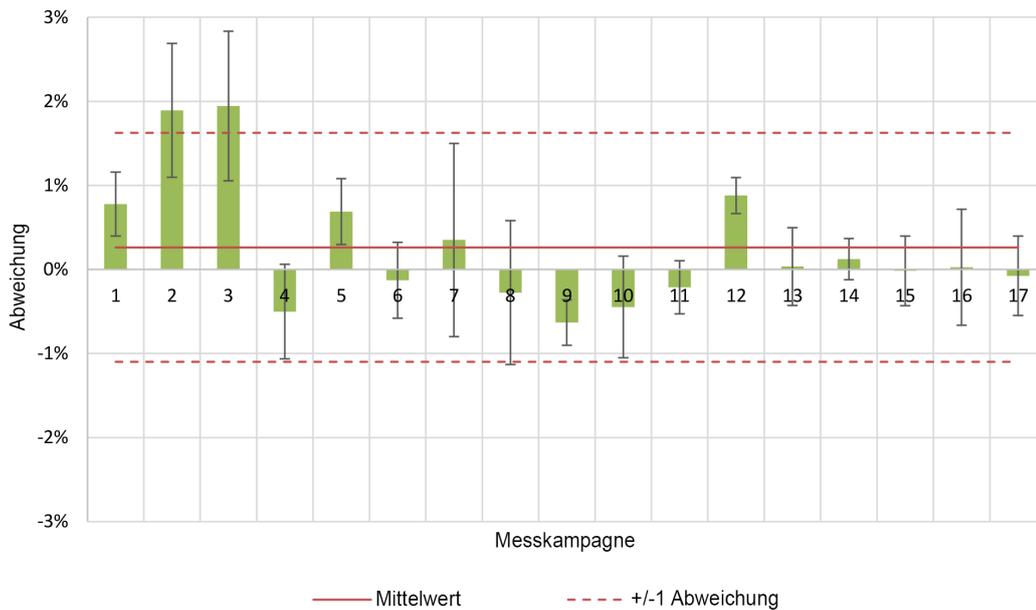


Je feuchter Hackschnitzeln sind, desto tiefer ist ihr Heizwert, denn ein Teil der im Holz gespeicherten Energie muss dafür verwendet werden, das Wasser zu verdampfen und kann somit nicht für die Wärmeerzeugung genutzt werden. Im Bild: Prof. Roger Röthlisberger von der HEIG-VD in Yverdon. Foto: B. Vogel

Röthlisberger macht damit einen feinen, aber wichtigen Unterschied. Erfahrungen zeigen nämlich, dass die Wärme, die aus einer bestimmten Menge von Hackschnitzeln erzeugt wird, in einem Heizwerk mit schlechtem Wirkungsgrad mitunter halb so gross sein kann wie in einem Heizwerk mit bestmöglichem Wirkungsgrad. Dabei besonders störend: Wird mit den Hackschnitzeln nur wenig Wärme erzeugt, liegt der finanzielle Nachteil nicht beim Heizwerkbetreiber. Vielmehr bekommt der Holzlieferant weniger Geld. «Das ist gerade so», zieht Röthlisberger einen Vergleich, «als würde der Tankstellenbesitzer vom Autofahrer nicht für das getankte Benzin bezahlt, sondern für die gefahrenen Kilometer.»

Energiegehalt innert Sekunden bestimmt

Die von den Waadtländer Forschern entworfene Anlage zur Bestimmung des Energiegehalts hat einen relativ einfachen Aufbau: Bei der Anlieferung im Heizwerk werden die Hackschnitzeln in einen Fülltrichter geschüttet und gelangen von dort auf ein Förderband. Dieses ist mit einer Waage und einem Feuchtigkeits-Messgerät ausgestattet. Die Messeinrichtungen bestimmen kontinuierlich Gewicht und Wassergehalt der durchlaufenden Hackschnitzeln. Bei einer Demonstration auf dem Gelände des Hackschnitzel-Lieferanten Germaplaket in Yverdon geht alles ganz schnell: Ein Traktor füllt zwei Schaufeln Hackschnitzeln in den Trichter. Beim Transport über das Förderband werden Gewicht und Feuchtigkeit der Hackschnitzeln bestimmt. Nach einer halben Minute haben alle Hackschnitzeln die Messanlage passiert. Das Display zeigt das Ergebnis: 401 kg Hackschnitzeln mit einer Feuchtigkeit von 29.8%. Ergibt einen Energiegehalt von 1'120 kWh.



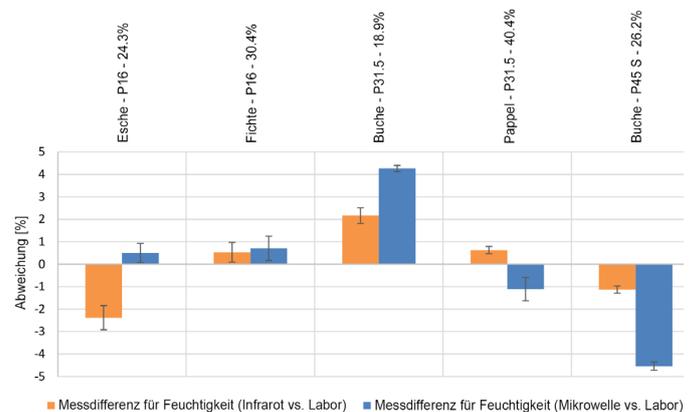
Die Grafik zeigt, mit welcher Genauigkeit die Laboranlage an der Fachhochschule in Yverdon das Gewicht der Hackschnitzel bei 17 Messungen bestimmen konnte. Die ersten Messungen waren noch relativ ungenau, später aber nimmt der Messfehler dank verbesserter Kalibrierung immer mehr ab und liegt zuletzt deutlich unter 1% Abweichung. Die gemessenen Abweichungen beziehen sich jeweils auf eine Vergleichsmessung, die unabhängig von der Testanlage durchgeführt wurde und bei der das Gewicht der Hackschnitzel mit einer gesonderten Waage bestimmt wurde. Grafik: HEIG-VD

Im ersten Schritt hatten die Wissenschaftler eine Laboranlage in den Räumen der HEIG-VD in Yverdon gebaut. Sie hatte eine Kapazität von 4 Kubikmetern/Minute. Diese Anlage nutzten die Forscher anschliessend auf dem Gelände des Hackschnitzel-Lieferanten Gernaplatet für Feldmessungen. Die bisher durchgeführten Versuche im Labor und im Feld bestätigen die Funktionstüchtigkeit der Messanlage: «Wir konnten das Gewicht mit 1% Genauigkeit bestimmen, die Feuchtigkeit mit 3% Genauigkeit. Wir können den Energiegehalt somit mit einer Exaktheit von genauer als 5% bestimmen», fasst Roger Röthlisberger das Hauptergebnis des zweijährigen Forschungsprojektes zusammen (vgl. dazu oben Grafik für das Gewicht, rechts für die Feuchtigkeit und auf S. 4 oben für den Energiegehalt). Zum Vergleich: «In Heizwerken bestimmen die heute gebräuchlichen Wärmezähler die produzierte Heizwärme mit einer Genauigkeit von 2 bis 7%», sagt Röthlisberger, «hinzu kommt die meist viel grössere Ungenauigkeit, die sich aus dem geschätzten effektiven Wirkungsgrad der Anlage ergibt.»

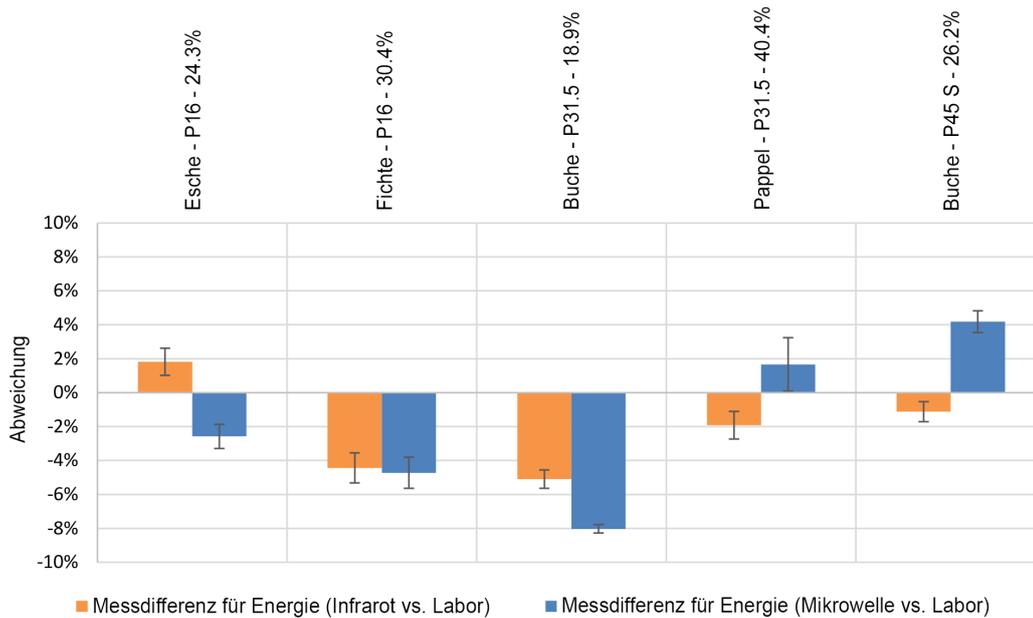
Infrarot genauer als Mikrowellen

Das Projekt mit dem Namen «XyloChips» wurde vom Bundesamt für Energie und dem Kanton Waadt finanziell unterstützt. Die Wissenschaftler wollen die bisherigen Ergebnisse in den nächsten Monaten mit weiteren Feldmessungen bestätigen. Ein interessantes Zwischenresultat betrifft die Bestimmung der Feuchtigkeit. Für deren Messung benutzten die Forscher parallel zwei unterschiedliche Messmethoden: die eine funktioniert auf der Grundlage von Mikrowellen, die andere mit

Infrarot-Strahlung (IR). Die Messung mit Mikrowellen erfordert – im Gegensatz zu IR – direkten Kontakt der Sonde mit dem Holz, was die Messung pannenanfälliger macht. Als Vorteil der Mikrowellen-Messung wird dagegen angeführt, sie messe – anders als bei IR – nicht nur an der Oberfläche der Hackschnitzel, sondern auch in die Tiefe des Holzes und sei



Messfehler der Laboranlage bei der Feuchtigkeitsmessung mit Infrarot (orange) und Mikrowellen (blau) für verschiedene Holzarten, Hackschnitzelgrössen (P16, P31.5, P45 S) und Feuchtigkeiten (zwischen 18.9 und 40.4%). Die gemessenen Abweichungen beziehen sich jeweils auf eine Vergleichsmessung, die unabhängig von der Testanlage durchgeführt wurde: Die Feuchtigkeitsmessung gemäss Norm basiert auf einer Massenmessung im Rohzustand und einer weiteren Massenmessung nach absoluter Trocknung des Holzes bei 105 °C. Die Feuchtigkeit wird durch das Verhältnis zwischen Wassermasse und Rohmasse bestimmt. Die Wassermasse besteht aus der Differenz zwischen Rohmasse und Masse nach absoluter Trocknung. Grafik: HEIG-VD



Fehler der Laboranlage bei der Messung des Energiegehalts von Hackschnitzeln verschiedener Holzarten, Hackschnitzelgrößen (P16, P31.5, P45 S) und Feuchtigkeiten (zwischen 18.9 und 40.4%). Die gemessenen Abweichungen beziehen sich jeweils auf eine Vergleichsmessung, die unabhängig von der Testanlage durchgeführt wurde. Grafik: HEIG-VD

daher weniger anfällig für Farb- und Feuchtigkeitsunterschiede an der Hackschnitzel-Oberfläche.

«Diese vermeintlichen Nachteile der IR-Messung haben sich bei unseren Versuchen nicht bestätigt», sagt Thierry Stäger. Vielmehr waren die IR-Messungen überraschend genau. Sie waren auch dann noch präzise, wenn die Hackschnitzel teilweise mit Wasser benetzt wurden. Die Mikrowellen-Messungen hingegen reagierten auf die Benetzung mit deutlichen Messfehlern. Auch auf eine unterschiedliche Granulometrie der Hackschnitzel reagierten sie mit Abweichungen. Thierry

Stäger zieht ein eindeutiges Fazit: «Infrarot ist zur Zeit die beste Messmethode.» Um wirklich die verlässlichste Messmethode ausfindig zu machen, wollen die Forscher in weiteren Versuchen zusätzlich kontaktlos arbeitende Mikrowellen-Messgeräte in die Betrachtung mit einbeziehen. Diese sind ebenfalls auf dem Markt erhältlich, sind allerdings teurer als die bisher getesteten Messgeräte.

Auf dem Weg zur Kommerzialisierung

Die Forscher der Fachhochschule Yverdon möchten ihre Anlage nun im Rahmen eines Pilotprojekts über den Zeitraum

JE TROCKENER, DESTO MEHR WÄRME

Um den maximalen Wärmeertrag («oberer Heizwert») aus der Verbrennung von Holz zu erzielen, müsste Holz vollkommen trocken sein. Das im Holz gespeicherte Wasser vermindert den Wärmeertrag, weil ein Teil der Verbrennungsenergie als Kondensationswärme verloren geht.

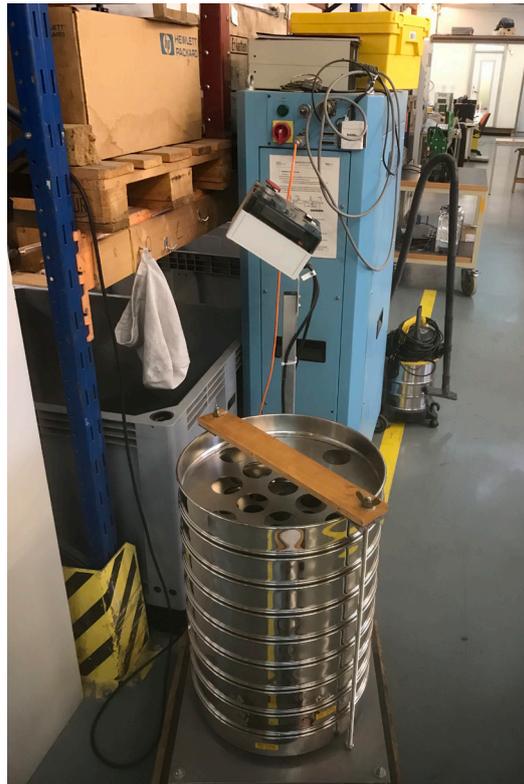
Vollkommen trockenes Holz gibt es in der Realität allerdings nicht. Frisch geschlagenes Holz hat eine Feuchtigkeit von ungefähr 50%, besteht also mitunter zur Hälfte aus Wasser. Daher werden Stämme und Astwerk in der Regel eine bestimmte Zeit im Wald gelagert, dann geschnitzelt und nochmals vor der Verbrennung längere Zeit gelagert. Natürlich luftgetrocknete Hackschnitzel haben dann noch eine Feuchtigkeit zwischen 18 und 25%. Alternativ besteht die Möglichkeit, das Holz direkt zu schnitzeln und gären lassen, um die Feuchtigkeit auf ca. 25 bis 30% zu reduzieren. Allerdings vermindert die Gärung den Energiegehalt des Holzes. Einzelne Anlagen wie Enerbois in Rueyres/FR – das grösste Biomasse-Heizwerk in der Westschweiz – sind so konzipiert, dass sie Hackschnitzel aus frisch geschlagenem Holz direkt verbrennen können.

Während Hackschnitzel bezüglich Feuchtigkeit und Grösse erheblich variieren, sind Pellets bei beiden Parametern genau normiert. Damit erübrigt es sich, den Energiegehalt von Pellets vor der Verbrennung eigens zu bestimmen. BV

einer Heizsaison bei einem Anwender vertieft testen. Ziel ist dabei eine gewisse Vereinfachung der Anlage, um die Herstellungskosten pro Anlage wenn möglich auf ca. 50'000 Fr. zu senken und deren die Marktchancen zu erhöhen. Die Kommerzialisierung der Anlage könnte dann über die Aficor SA (Chanéaz/VD) laufen, eine Herstellerin von Forstwirtschaftsmaschinen, mit der die Forscher der HEIG-VD bisher schon zusammenarbeiten. Als potenzielle Kunden von mobilen oder stationären Anlagen kommen in der Schweiz mehrere Hundert Produzenten von Hackschnitzeln in Frage, aber auch grosse Verwerter wie Heizwerke. «Wir gehen davon aus, dass die Produzenten von Hackschnitzeln ein wirtschaftliches Interesse an solchen Anlagen haben, denn heute verlieren sie mitunter viel Geld, weil sie nicht adäquat für die Energie bezahlt werden, die sie mit ihren Hackschnitzeln liefern», sagt Roger Röthlisberger.

Röthlisberger und seine Kollegen sind zuversichtlich, solche Messanlagen könnten die Betreiber von Heizwerken bewegen, Holz bei noch besserem Wirkungsgrad zu verbrennen, als es heute bisweilen üblich ist. Dazu tragen moderne, richtig dimensionierte Anlagen bei, aber auch die Betriebsart (Volllastbetrieb; Verwendung von Energiespeichern; Niedrigtemperaturnetze) und eine gute Wartung. Auf diesem Weg liesse sich der Energieträger Holz noch effizienter nutzen, und damit würde auch die Belastung von Mensch und Umwelt durch Abgase sinken – beides Anliegen, die im Einklang mit der Energiestrategie 2050 des Bundes stehen.

- Weitere **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle[at]bfe.admin.ch), Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/biomasse.



Dieser Stapel aus Sieben im Labor der HEIG-VD in Yverdon dient dazu, die Grösse von Hackschnitzeln zu bestimmen. Foto: B. Vogel