

Warum knackt Holz beim Verbrennen?

Der folgende Artikel erklärt, was eigentlich beim Verbrennen von Holz im Kamin passiert

Von Dr. Carsten Mai und
Timo Grüneberg*, Göttingen

In der kalten Jahreszeit machen es sich viele Menschen gern vor dem Kamin gemütlich. Die Wärme des Feuers und sein Knistern und Knacken haben eine angenehme und beruhigende Wirkung und lassen uns die winterliche Kälte ertragen und vielleicht sogar genießen. Was aber passiert eigentlich beim Verbrennen von Holz und woher kommen Knistern und Knacken?

Es gibt Wenige, die abstreiten würden, das Holz brennt. Allerdings ist es eigentlich nicht das Holz selber, das brennt. Holz wird zunächst, bei Zufuhr hoher Temperaturen, nur thermisch abgebaut. Bei Abwesenheit von Sauerstoff wird dieser Prozess als Pyrolyse bezeichnet. Dabei werden flüchtige, brennbare Gase erzeugt, die brennen, wenn eine Zündquelle vorhanden ist. Man könnte also sagen, nicht das Holz brennt, sondern seine Abbauprodukte.

Bei Aufheizung des Holzes bis zu etwa 300 °C werden die Zellwand-Polymerer abgebaut. Hierbei kommt es zur Spaltung von chemischen Bindungen, Dehydratation (Abgabe von Wasser meist aus Cellulose und den Hemicellulosen), Bildung freier Radikale, von Carbonyl-, Carboxyl- und Hydroperoxidgruppen sowie von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid. Letztendlich werden auch Kohle und/oder Ruß gebildet. Die Oxidation des Rußes in Anwesenheit von Sauerstoff führt zum Glimmen (glimmende Verbrennung), während die Oxidation der brennbaren flüchtigen Gase zu einer flammenden Verbrennung führt.

Bei etwa 100 °C verdampft das Wasser im Holz: Danach passiert bis etwa 200 °C relativ wenig: einige chemische Bindungen werden unter Wasserabgabe gespalten (Dehydratisierung) und unter Bildung freier Radikale werden flüchtige Gase gebildet. Die eigentliche thermische Zersetzung des Holzes beginnt bei etwa 250 °C. Zwischen 300 und 375 °C sind bereits alle Kohlehydrate abgebaut, sodass nur das Lignin übrig bleibt. Hemicellulosen beginnen sich ab etwa 225 °C zu zersetzen und sind bereits bei etwa 325 °C nahezu vollständig abgebaut. Cellulose ist thermisch stabiler. Sie beginnt sich erst ab 370 °C zu zersetzen, zerfällt dann aber innerhalb einer sehr kurzen Spanne.

Die chemischen Vorgänge des thermischen Zerfalls des Holzes werden hauptsächlich von der Cellulose bestimmt, da sie den Hauptanteil im Holz ausmacht. Während die Cellulose überwiegend pyrolytisch zu flüchtigen Gasen zerfällt, bildet das Lignin hauptsächlich Teer und Ruß. Bei Temperatu-

* Die Autoren sind Mitarbeiter der Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte der Universität Göttingen.



Die Verbrennung von Holz ist ein hochkomplexer Prozess – oder einfach nur gemütlich. In diesem Sinne: Frohe Weihnachten!
Foto: Wodtke

ren unter 300 °C nimmt das Molekulargewicht der Cellulose auf Grund von Dehydratationsreaktionen (Wasserabspaltung) ab. Die wichtigsten Abbauprodukte der Cellulose sind neben Kohlenmonoxid und Kohlendioxid (entstanden durch Decarboxylierung und Decarbonylierung), Wasser und kohleartige Rückstände. Außerdem werden flüchtige, brennbare Gase wie Acetaldehyd, Propanal, Methanol, Butandion, und Essigsäure gebildet. Wenn sich diese brennbaren flüchtigen Produkte mit Sauerstoff mischen und über den Flammpunkt erhitzt werden, kommt es zu einer exothermen Verbrennung. Die dabei entstehende Wärme überträgt sich wiederum auf das Holz und erhöht somit die Pyrolysegeschwindigkeit in der Festphase.

Wenn genügend Wärme auf das Holz übertragen wird, kommt es zur Emission von Strahlung im sichtbaren Bereich. Dabei bildet sich eine Flamme auf Grund der Verbrennung in der Gasphase. Dies ist auch der Grund, warum das Holz beim Anlegen einer Flamme nicht unmittelbar zu brennen anfängt, sondern oft ein Anzünder verwendet werden muss.

Ab etwa 300 °C kommt es zu einer Depolymerisation der Cellulose durch Reaktionen, die als Transglycosylierun-

gen bezeichnet werden. Hierbei bilden sich Produkte wie Anhydromonosaccharide, zu denen das Levoglucosan (1,6-Anhydro-β-D-glycopyranose) und die 1,6-Anhydro-β-D-glycofuranose gehören. Diese werden in niedrigmolekulare Produkte umgewandelt (zufallsverknüpfte Oligo- und Polysaccharide), die dann zu Verkohlungsprodukten führen. Bei steigenden Temperaturen über 300 °C nimmt der Anteil der Teerprodukte zu, während der der kohleartigen Produkte abnimmt.

Warum knackt das Holz beim Verbrennen?

Das Knacken des Holzes im Kamin ist auf die Anwesenheit von Wasser zurückzuführen. Der Einfluss des Wassers ist allein daran erkennbar, dass feuchtes Holz stärker knackt als trockenes. Bei Verbrennen trocknet das Holz sehr schnell aus. Durch die Verdunstung des gebundenen Wassers an der Oberfläche entstehen Feuchtgradienten im Holz. Während das abtrocknende Holz stark schwindet, verbleibt das feuchte Holz weiterhin im gequollenen Zustand. Dadurch können hohe Spannungen entstehen, die sich dann durch ein Knacken entladen.

Eine weitere Ursache des Knackens

lässt sich direkt aus den chemischen Vorgängen bei der Verbrennung erklären. Auf Grund der hohen Temperaturen siedet das Wasser, kann aber oft nicht unmittelbar entweichen, da es im Holzgewebe eingeschlossen ist. Dadurch wird im Gewebe ein Überdruck aufgebaut, der sich explosionsartig entspannen kann. Es kommt dann zum Knacken, und manchmal werden dabei ganze Holzteile aus dem Verbund abgesprengt.

Neben dem gebundenen Wasser im Holz, das die Holzfeuchte ausmacht, kann Wasser auch beim thermischen Abbau des Holzes (Pyrolyse) z. B. aus den Polysacchariden freigesetzt werden. Auch dieses freigesetzte Wasser kann durch den sich bildenden Überdruck, explosionsartig freigesetzt werden. Neben dem Wasser können aber auch andere flüchtige Gase, die bei der Pyrolyse des Holzes entstehen, eine solche Mini-Explosion auslösen. Aus dem oben Dargestellten ergibt sich, dass derartige Gase hauptsächlich bei der Zersetzung der Polysaccharide im Holz entstehen, aber auch, zum Beispiel, beim thermischen Abbau der Harze gebildet werden können.

Möglichst trockenes Kaminholz verwenden

Wenn der Kaminliebhaber das Knacken beim Verbrennen auf ein leises, angenehmes Knistern reduzieren möchte, sollte er das Kaminholz also lange trocknen, ehe er es verfeuert. Damit kann auch gleichzeitig der Brennwert des Holzes erhöht werden. Bei nassem Holz muss viel thermische Energie aufgebracht werden, um Wasser zu verdunsten. Unter Umständen reicht deswegen die Energie nicht aus, um genügend brennbare Gase zu erzeugen und diese zu entflammen. Das Holz schwellt und raucht dann nur und bildet keine ordentliche Flamme. Ein weiterer nicht unerheblicher Nachteil bei Verwendung nassen Holzes ist, dass der Schornstein verrußt und sich die Gefahr eines Schornsteinbrandes stark erhöht.

Und warm wird's bei der Verwendung von nassem Holz auch nicht richtig.

Weiterführende Literatur:

- Shafizadeh, F., Fu, X.L. (1973) Pyrolysis of cellulose. *Carbohydrate Res.* 29: 113-121
 Kawamoto, H., Murayama, M., Saka, S. (2005) Pyrolysis behavior of levoglucosan as an intermediate in cellulose pyrolysis: Polymerization into polysaccharide as a key reaction of carbonized product formation. *J. Japanese Wood Sci. Soc. (Mokuzai Gakkaishi)* 49, 469-473
 Rowell, R.M., LeVan Green, S.L. (2005) Thermal properties. In: Rowell, R. (Hrsg.): *Wood chemistry and wood composites*. Taylor and Francis, Boca Raton, S. 121-186
 Lings A, Windeisen E, Wegener G (2005) Investigating the combustion behaviour of various wood species via their fire gases. *Wood Sci. Technol.* 39 (1), 49-60