

GUT VERBRANNT HEISST SAUBER VERBRANNT

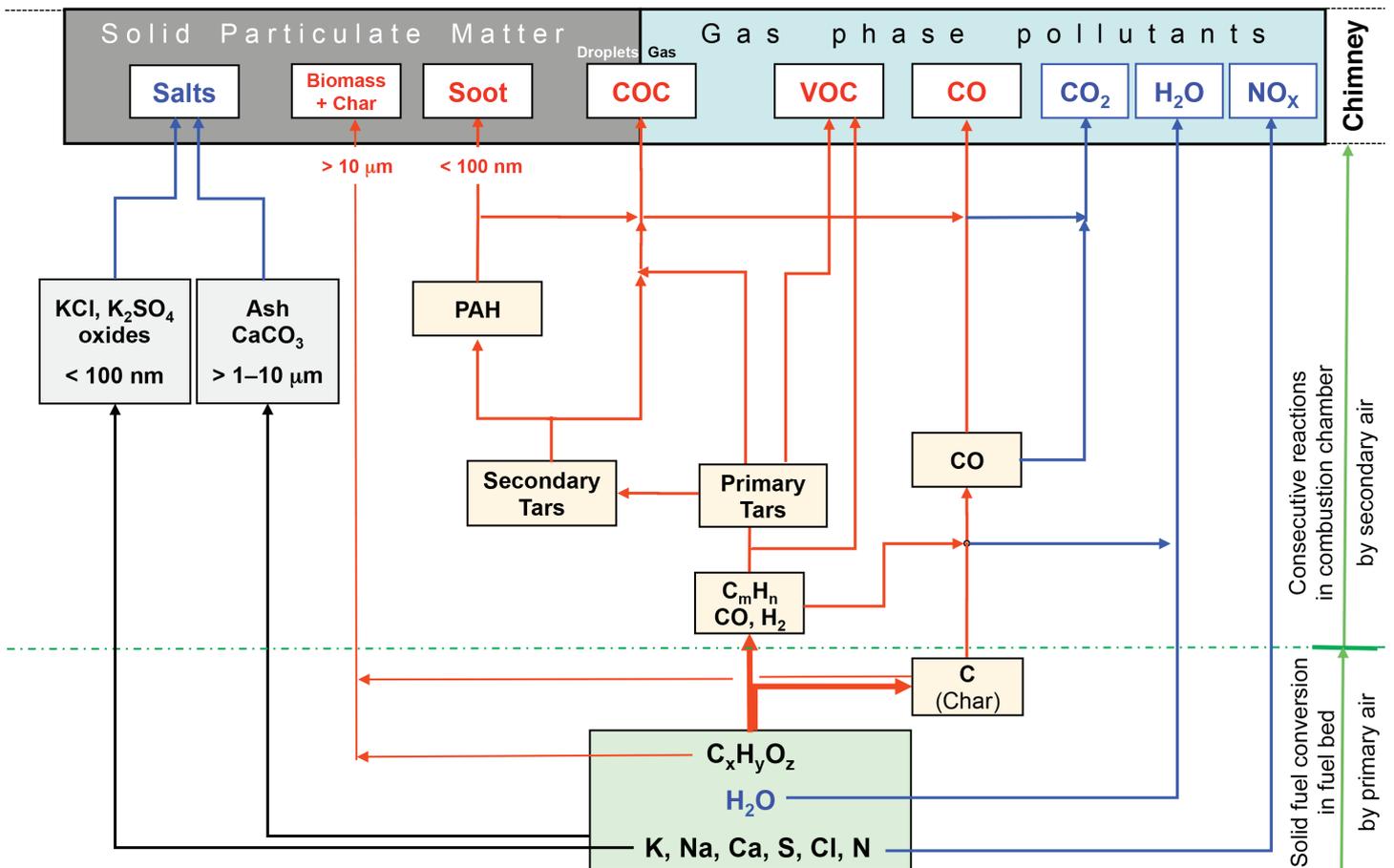
Holzheizungen leisten einen wachsenden Beitrag zur Substitution fossiler Energieträger und tragen damit zu einer nachhaltigen Energieversorgung bei. Die Verbrennung von Holz ist CO₂-neutral, erzeugt aber gesundheitlich problematischen Feinstaub. Feinstaub-Emissionen lassen sich heute mit geeigneter Technik und richtigem Verhalten beherrschen. Das machte eine internationale Tagung Mitte Juni an der Eidgenössisch Technischen Hochschule in Zürich deutlich.



Untersuchung an einem Holzofen im Labor der Hochschule Luzern - Technik & Architektur. Foto: HSLU

Feinstaub hat viele Quellen. Die winzigen Partikel im Mikro- und Nanometermassstab (PM10) entstehen bei der Verbrennung von Öl oder Kohle zur Erzeugung von Wärme und Strom in Kraftwerken, Industrieunternehmen oder Wohnhäusern. Feinstaub entsteht darüber hinaus insbesondere

durch Dieselmotoren im Strassen- und Schienenverkehr, in der Land- und Forstwirtschaft und auf Baustellen (Verbrennungsprozesse, Abrieb). Aber auch wenn das Feuer im heimischen Holzofen gemütlich lodert, entstehen die feinen Stäube, die vom Menschen eingeatmet werden und die Lungen



Übersicht über die Produkte, die bei der Verbrennung von Holz in der Feuerung entstehen und als Abgas über das Kamin in die Umgebung abgegeben werden: Holz (grünes Rechteck) besteht aus organischen Elementen (Kohlenstoff/C, Wasserstoff/H, Sauerstoff/O), anorganischen Elementen (insbesondere Kalium/K, Natrium/Na, Calcium/Ca, Schwefel/S, Chlor/Cl, Stickstoff/N) und Wasser. Bei einer vollständigen Verbrennung bleiben einzig Salze, Kohlendioxid/CO₂ und Wasser/H₂O sowie in geringer Konzentration Stickoxid/NO_x übrig (blau). In der Realität ist die Verbrennung aber unvollständig, und dabei entsteht noch eine Reihe weiterer Verbrennungsprodukte (rot): mitgerissene Biomasse- und Koks-partikel, Russ (Soot), kondensierbare organische Verbindungen/COC (auch als ‚Teer‘ bezeichnet), flüchtige organische Verbindungen/VOC und Kohlenmonoxid/CO. In der Atmosphäre (auf der Grafik nicht dargestellt) werden zudem aus COC und VOC sekundäre organische Aerosole/SOA gebildet, und NO_x führt zu sekundären anorganischen Aerosolen/SIA. Salze, primäres organisches Aerosol/POA, SOA und SIA führen zu Feinstaub/PM10 in der Atmosphäre. Grafik: Nussbaumer 2016.

angreifen können. Feinstaub ist ein komplexes Gemisch, zu dem auch sekundäre Partikel beitragen, die sich erst nachträglich in der Luft aus gasförmigen Vorläuferstoffen bilden.

In den letzten Jahren und Jahrzehnten hat die Staatengemeinschaft mit verschiedenen Massnahmen auf die Gefährdung durch Feinstaub reagiert. Für Lastwagen und Pkw mit Dieselantrieb gilt heute in der Schweiz und vielen anderen Ländern eine Partikelfilter-Pflicht. Wer eine Holzheizung betreibt und Feinstaub ausstösst, muss sich unter anderem an die Grenzwerte halten, die in der Luftreinhalteverordnung (LRV) 1985 eingeführt wurden. Ab 2008 führte die Verschärfung der LRV zu einem breiten Einsatz von Feinstaubabscheidern bei automatischen Holzfeuerungen ab 500 kW und ab 2012 auch

zu Massnahmen bei Feuerungen über 70 kW. «Die Schweiz hat in den letzten zwei Jahrzehnten riesige Fortschritte im Kampf gegen Feinstaub erzielt und verfügt heute im internationalen Vergleich über eine erstklassige Luftqualität. Die laufende Überarbeitung der LRV wird weitere Verbesserungen bringen», sagt Daniel Binggeli, BFE-Experte für Bioenergie.

Feinstaub aus kleinen Holzfeuerungen

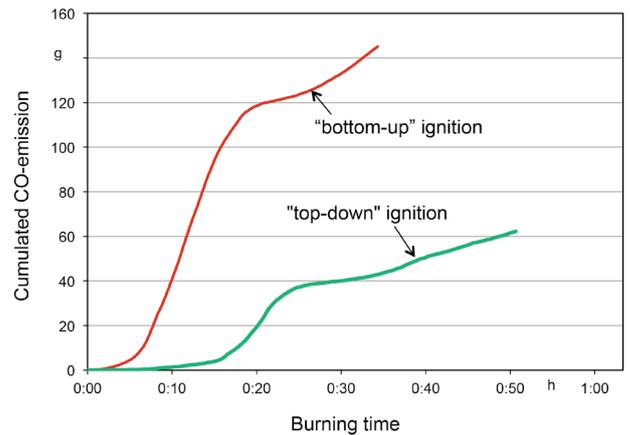
Die Verbrennung von Holz und anderen Arten von Biomasse hat wachsende Bedeutung. Sie leistet einen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung, da die Verbrennung nachwachsender Rohstoffe CO₂ neutral ist. Allerdings tragen Holzheizungen heute – je nach Standort – rund 10 bis 30% zur jährlichen, vom Menschen verursachten Feinstaub-Belastung

bei. Automatisch betriebene Waldhackschnitzel-Heizungen, wie sie in den letzten Jahren im Zuge des Ausbaus der Holzenergie-Nutzung gefördert wurden, arbeiten heute dank hoher Verbrennungstemperaturen vergleichsweise sauber. Auch bei dieser Verbrennung fällt zwar Feinstaub an, dies jedoch in Form von anorganischer Asche, die in grösseren Feuerungen zudem in Abscheidern zurückgehalten wird.

Neben gut 8000 solcher modernen Holzfeuerungen sind in der Schweiz aber noch 56000 Holz-Zentralheizungen und 539000 Cheminées und Holzöfen in Betrieb. Viele von ihnen lassen mehr Feinstaub in die Umwelt, als mancher Betreiber wohl vermutet. «In vielen kleinen Holzfeuerungen wird das Holz nicht vollständig verbrannt, damit entsteht Russ, aber auch andere Formen von Feinstaub mit einer Grösse von weniger als 10 Mikrometern (PM10)», sagt Prof. Thomas Nussbaumer, Verbrennungsexperte an der Hochschule Luzern und Inhaber des Beratungsunternehmens Verenum (Zürich). «Hier müssen wir mit technischen Verbesserungen ansetzen, um eine vollständige Verbrennung von Holz zu ermöglichen. Zudem müssen die Betreiber geschult und der Feinstaub-Ausstoss konsequent kontrolliert werden», so Nussbaumer.

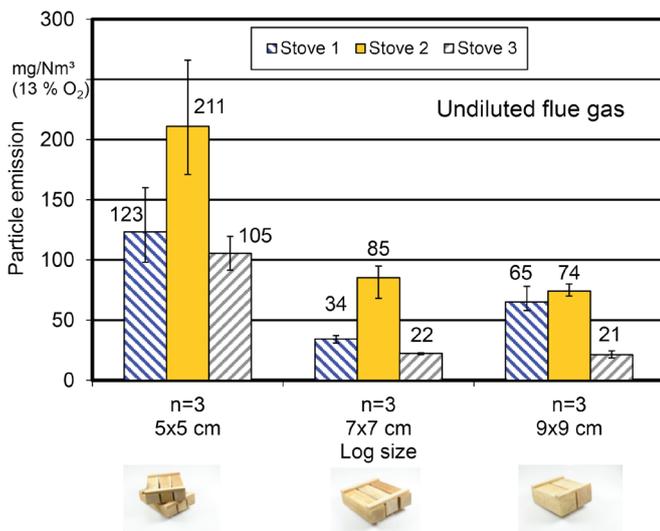
Internationaler Erfahrungsaustausch

Nussbaumer war Mitte Juni an der ETH Zürich Keynote-Speaker bei der 20. Konferenz zu Nanopartikeln aus



Wer sein Cheminée unten anfeuert, erzeugt deutlich mehr CO-Emissionen, als wenn das Feuer am oberen Teil des Holzstapels entfacht wird. Das belegen die Messungen des bayrischen TFZ-Kompetenzzentrums für nachwachsende Rohstoffe. Grafik: TFZ

Verbrennungsprozessen («Combustion Generated Nanoparticles»), bei der Ingenieure und Mediziner nach neuen Lösungen rund um die Feinstaub-Problematik suchen. Das Konferenz-Modul zum Thema Biomasse-Verbrennung war von der «IEA Bioenergy Task 32» mitorganisiert worden, einer Fachgruppe von Experten aus 14 Staaten, die sich unter dem Dach der Internationalen Energie-Agentur (IEA) mit technischen und ökonomischen Aspekten der Biomasse-Verbrennung befasst (vgl. Textbox S. 4). Das Gremium ermöglicht der Schweiz – vertreten durch das Bundesamt für Energie – auch den Austausch mit den Nachbarstaaten Deutschland, Österreich und Italien sowie skandinavischen Ländern wie Schweden und Norwegen, die wie die Schweiz über hohe Standards bei den Feuerungstechniken und über strikte Grenzwerte verfügen.



Wissenschaftler des bayrischen TFZ-Kompetenzzentrums für nachwachsende Rohstoffe haben in drei ausgewählten Holzöfen untersucht, wie sich die Scheitgrösse (Durchmesser) auf die Feinstaub-Emissionen auswirkt. Fazit: Werden zu kleine Scheite (Querschnitt 5 x 5 cm) verbrannt, kommt es bei den untersuchten Öfen zu massiv höheren Emissionen. Optimal sind mittelgrosse Scheite mit einem Querschnitt von 7 x 7 cm. Grafik: TFZ

Sehr anschaulich wurde dieser internationale Erfahrungsaustausch in Zürich beim Referat von Dr. Hans Hartmann vom TFZ-Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe in Straubing bei München. Hartmann berichtete über seine Erkenntnisse zu kleinen Holzöfen und Cheminées: Um die Emissionen zu minimieren, darf das Stückholz nicht zu feucht sein, aber auch nicht ganz trocken. Wichtig sind auch die richtige Beladung des Ofens und das Anfeuern von oben und nicht von unten, wie von vielen Cheminée-Freunden noch immer praktiziert. Einen erheblichen Einfluss auf die Feinstaub-Produktion hat auch der Durchmesser der Holz-scheite: Ist dieser zu klein, kann die Feinstaub-Menge dreimal höher liegen als bei optimalem Zuschnitt. «Der Benutzer hat auf die Feinstaub-Belastung einen grösseren Einfluss als die benutzte Technologie», lautete Hartmanns Fazit am Rande der Tagung.

Parameter	Unit	Pellet Boiler 1		Pellet Boiler 2		Pellet Boiler 3	
		Load cycle	Real life	Load cycle	Real life	Load cycle	Real life
CO	[mg/m ³ STP]	272	343	434	358	415	447
NO _x	[mg/m ³ STP]	110	135	158	151	128	120
OGC	[mg/m ³ STP]	9	7	24	7	3	5
Dust	[mg/m ³ STP]	37	25	30	32	27	18
Efficiency	%	78,2	75	75,2	83,6	81,1	83,2
Annual Efficiency	%	-	72,4	-	78,8	-	81,4

Die Bioenergy 2020+ GmbH, ein österreichisches Kompetenzzentrum für Bioenergieforschung, fragt unter anderem danach, wie die Emissionen von Holzfeuerungen im Labor möglichst realitätsnah abgebildet werden können. Dies gelingt zum Beispiel über einen Prüfstandtest, der den Lastzyklus einer Feuerung während acht Stunden erfasst. Die Tabelle vergleicht die in diesem Lastzyklus-Test gemessenen Werte (Load cycle) für Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), organische gasförmige Kohlenwasserstoffe (OGC, geläufig auch als «volatile organic compounds»/VOC) und Gesamtstaub (Dust) mit den bei einem Feldtest gemessenen Werten (Real life), und zwar für drei Pelletkessel (bei STP, also Standardbedingungen für Temperatur und Druck). Der Fachmann erkennt, dass der Lastzyklus-Test vergleichsweise gut mit den Werten des Feldtests übereinstimmt – viel besser, als das bei klassischen Typenprüfstands-Messungen unter wirklichkeitsfremden Rahmenbedingungen der Fall ist. Tabelle: Bioenergie2020+

Neuartige Testverfahren

Weitere Referenten befassten sich in Zürich mit den chemischen und physikalischen Eigenschaften von Feinstaub und mit den Testverfahren und Standards, die zum Nachweis von Feinstaub und anderen Emissionen aus Holzfeuerungen verwendet werden. Die Zuverlässigkeit solcher Testverfahren ist heute durch den «Dieselskandal» bei VW und anderen Autoherstellern in aller Munde. Dr. Christoph Schmidl von der österreichischen Bioenergie 2020+ GmbH stellte in Zürich beispielsweise ein Testverfahren vor, das in der Lage ist, durch Nachbildung von Lastzyklen das Emissionsverhalten von Holzheizungen vergleichsweise wirklichkeitsnah abzubilden.

➤ Die **Tagungsbeiträge** zur «Session 2: Biomass Combustion (co-organized by task 32 of IEA Bioenergy)» sind unter folgendem Link verfügbar:
http://www.nanoparticles.ch/2016_ETH-NPC-20.html

➤ **Auskünfte** zu IEA Bioenergy Task 32 und der Konferenzthematik Holzfeuerungs-Emissionen erteilt Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle[at]bfe.admin.ch), Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie.

➤ **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/biomasse.

INTERNATIONAL VERNETZT

Die Arbeitsgruppen («Tasks») der Internationalen Energieagentur (IEA) sind ein wichtiges Instrument, mit dem die Schweiz den internationalen Austausch im Bereich Energietechnologien pflegt. Die IEA hat aktuell 39 Programme («Technology Collaboration Programs»/TCP), die sich jeweils einem bestimmten Energiebereich widmen. An 20 dieser Programme ist die Schweiz beteiligt. Um die internationale Kooperation konkret umzusetzen, hat jedes Programm eine Reihe von Tasks, in denen Experten aus verschiedenen Ländern ein bestimmtes Thema bearbeiten.

Eines der IEA-Programme mit Schweizer Beteiligung ist jenes zu Bioenergie. Innerhalb dieses Programms sind zehn Arbeitsgruppen aktiv. An drei davon beteiligt sich die Schweiz: Task 32 (Biomasseverbrennung), Task 33 (Vergasung) und Task 37 (Vergärung). Welche Fragestellungen die einzelnen Arbeitsgruppen bearbeiten, wird jeweils mit einem Dreijahres-Programm im Rahmen der strategischen Leitlinien definiert, die zuvor vom «Executive Committee» des jeweiligen Programms formuliert wurden. Die Schweiz ist in allen für sie relevanten Executive Committees der IEA-Programme mit einer Fachperson des BFE vertreten.

«Die in den Tasks versammelten Experten erarbeiten wissenschaftliche Publikationen, die den einzelnen Ländern wichtige Impulse für die Fortentwicklung und Nutzung der jeweiligen Energieträger geben», sagt Dr. Sandra Hermle, die die Schweiz im Executive Committee des Bioenergie-Programms der IEA vertritt. «Die Arbeitsgruppen dienen dem gegenseitigen Austausch und stellen damit den Rahmen bereit, um auf nationale Fragestellungen zu bestimmten Energietechnologien gemeinsam mit Fachleuten aus anderen Ländern zukunftsweisende Antworten zu finden.» BV