

KLEINER PELLETOFEN, GROSSES POTENZIAL

Holzheizungen ermöglichen die Erzeugung von Wärmeenergie aus einem nachwachsenden und damit CO₂-neutralen Rohstoff, der in der Schweiz reichlich vorhanden ist. Ein verbreiteter Brennstoff von Holzheizungen sind Pellets. Werden Pelletöfen für die Beheizung einzelner Räume in gut wärmegeprägten Neubauten eingesetzt, sind sie heute für ihren Zweck oft überdimensioniert. Ein internationales Forschungsprojekt mit Beteiligung der Fachhochschule Nordwestschweiz hat vor diesem Hintergrund einen klein dimensionierten Pelletofen entwickelt. Innovative Ofentechnik kombiniert mit fortschrittlicher Regelstrategie führt zu hohem Wirkungsgrad und tiefen Emissionen.

Pellets sind handlich und lassen sich automatisiert verfeuern. Die Holzpresslinge kommen in Kraftwerken und industriellen Feuerungsanlagen ebenso zum Einsatz wie im Wohnbereich. Hier produzieren Pelletkessel in Zentralheizungen Heizwärme und Warmwasser, oder Pelletöfen werden – im kleineren Massstab – für die Beheizung von einzelnen oder mehreren



Das Team aus Forschenden der FHNW hat mit zwei Prototypen von Pelletöfen gearbeitet: Mit dem ersten wurde das Konzept erprobt, während der zweite (Bild) in seiner Konstruktionsweise schon auf eine spätere Serienfertigung ausgerichtet ist. Foto: FHNW

Räumen eingesetzt, dies in der Regel ergänzend zu einer Heizung, die die Grundwärme im Gebäude bereitstellt. Rund 11'000 Pelletöfen für die Beheizung von Einzelräumen sind landesweit im Einsatz (Stand Ende 2020).

Pelletkessel und -öfen haben in Österreich, aber auch in (Süd-) Deutschland in den letzten 20 Jahren starke Verbreitung gefunden. Holzöfen hätten in der Schweiz noch ein grosses, bislang ungenutztes Potenzial, sagt Tom Strebel. Der gelernte Maschinenbauer hat bei Alstom in der Entwicklung von Gasturbinen gearbeitet und ist heute wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz (IBRE) der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in Windisch (AG). Am IBRE wurden im letzten Jahrzehnt Kompetenzen im Bereich Holzfeuerungen aufgebaut. Hier wird zudem die einzige Schweizer Prüfstelle für Holzfeuerungen betrieben.

Kleinofen für gut isolierte Neubauten

Pelletöfen für die Beheizung von Einzelräumen haben heute typischerweise Leistungen von 8 bis 10 kW. So lassen sich Räume schnell beheizen. Ist die Wärme einmal da, können die Öfen bis auf 40 % ihrer Nennleistung heruntergefahren werden. Sie stellen dann Wärme im Umfang von 3 bis 4 kW bereit. Mit dieser Leistung seien die Holzöfen für moderne, gut isolierte Wohngebäude allerdings überdimensioniert, sagt Tom Strebel. Diese Beobachtung gab den Anstoss für die Entwicklung eines klein dimensionierten Pelletofens mit einer

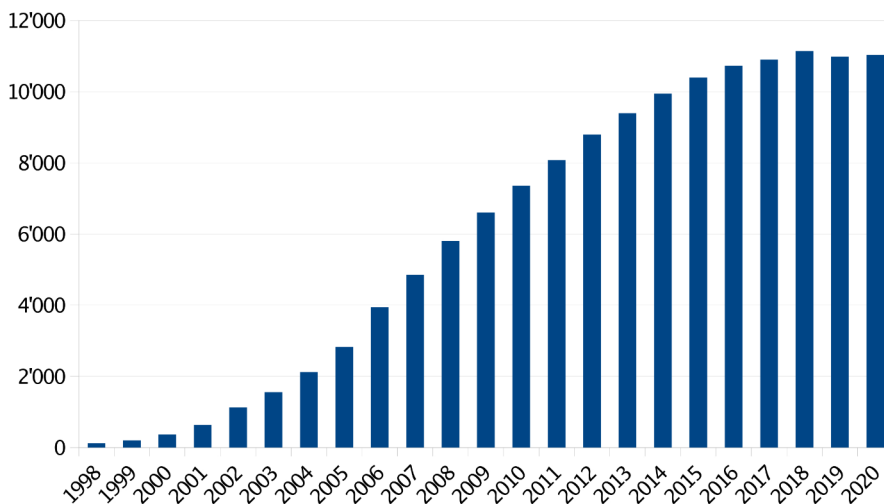
Nennleistung von 4 kW, die sich bis auf 1,3 kW reduzieren lässt. Die Schöpfer sprechen von einem Mikro-Pelletkaminofen.

Die Entwicklung des Pelletofens fand in einer internationalen Partnerschaft unter dem Dach des europäischen Forschungs- und Entwicklungsprogramms «ERA-NET Bioenergy» statt: Die BIOS Bioenergiesysteme GmbH (Graz/A) sorgte gemeinsam mit der RIKA Innovative Ofentechnik GmbH (Micheldorf/A) für die Entwicklung und Konzeption des neuen Mikro-Pelletkaminofens, wobei BIOS die Koordination des Projekts oblag. Die LAMTEC Mess- und Regeltechnik für Feuerungen GmbH & Co. KG (Walldorf/D) steuerte Sensoren für die Messung von Kohlenmonoxid (CO) bei. Ein Team aus Forscherinnen und Forschern der FHNW schliesslich kümmerte sich um die Entwicklung einer innovativen Regelung. Dieses Teilprojekt wurde vom BFE finanziell unterstützt.

Hoher Wirkungsgrad

Die neue Regelung in Kombination mit der optimierten Mikro-Kaminofentechnologie soll sicherstellen, dass der Pelletofen im Dauerbetrieb mit einem maximalen Wirkungsgrad arbeitet, und dies ohne Anstieg der CO- und Feinstaub-Emissionen. Für die neue Regelung wurde der Pelletofen mit einem CO- und einem Temperatursensor ausgerüstet. Diese messen beim Austritt des Abgases aus der Brennkammer dessen CO-Gehalt und Temperatur. Kennt man diese Werte, lässt sich der Ofen stets am optimalen Betriebspunkt halten,

Pelletöfen in der Schweiz



Nach Auskunft der Statistik von Holzenergie Schweiz waren Ende 2020 gut 11'000 Pelletöfen im Einsatz. Grafik: B. Vogel



Energie kompakt: ein Lager mit Holzpellets. Foto: Shutterstock

indem man der Brennkammer mehr oder weniger Luft zuführt (vgl. Textbox S. 4).

Die Forschenden der FHNW haben die neu entwickelte Regelstrategie an zwei Prototypen des Ofens erfolgreich getestet. In Versuchen wurde ein Wirkungsgrad von 93 % bei Nennlast und bis zu 97% bei Teillast erzielt. «Das sind sehr gute Werte, die mehrere Prozentpunkte über dem liegen, was bisherige Pelletöfen erzielen», sagt Tom Strebel. Während die Forschenden auf einen hohen Wirkungsgrad hinarbeiteten, mussten sie dafür sorgen, dass die Abgastemperatur nicht zu weit abfiel, um eine unerwünschte Kondensation (Flüssigkeitsbildung) im Abgas zu vermeiden. Dafür waren beim Bau des Ofens spezielle konstruktive Massnahmen wie der Verzicht auf Wärmetauscherrippen oder eine zusätzliche Isolation erforderlich.

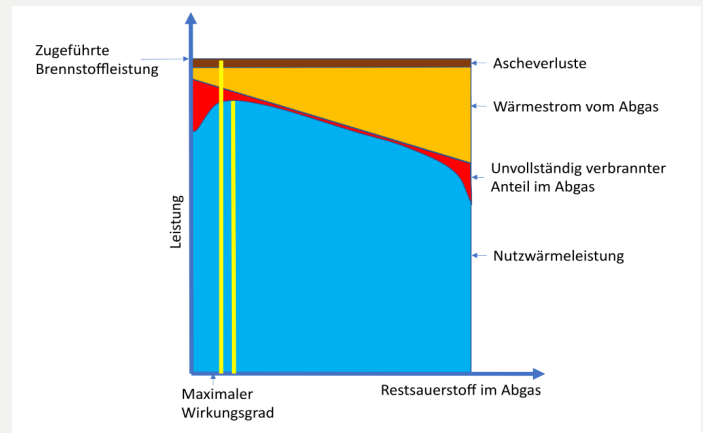
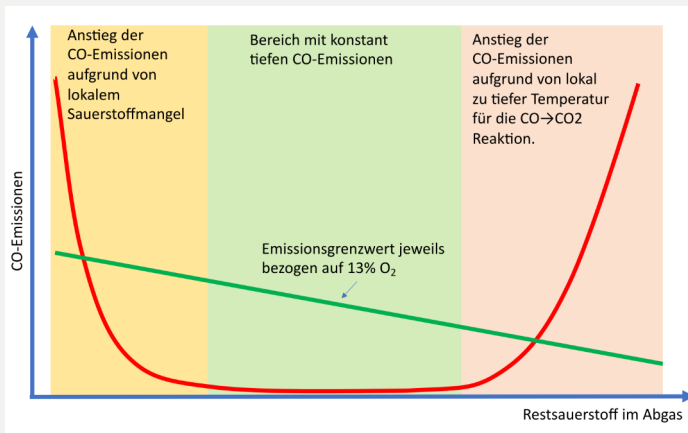
Digitaler Zwilling des Pelletofens

Der Mikro-Pelletkaminofen liegt als Prototyp vor. Mit 66 mg pro Normkubikmeter (m^3N) CO wird der Jahressgrenzwert der EU-Ökodesign-Richtlinie (300 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$) deutlich unterschritten. Auch die EU-Grenzwerte für Feinstaub (20 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ be-

zogen auf 13% Restsauerstoffgehalt) werden mit 3.1 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ klar eingehalten. Bis zu einem kommerziellen Produkt ist noch ein mehrjähriger Industrialisierungsprozess erforderlich. Soll in einem neuen Ofen die Regelungsstrategie der FHNW zum Einsatz kommen, muss der CO-Sensor weiterentwickelt werden. Er muss insbesondere kleiner und billiger gebaut werden können.

Auch wenn der neue Mikro-Pelletkaminofen noch Zukunftsmusik ist, werten die Forschenden der FHNW das Forschungsprojekt als Erfolg. Sie konnten die neue Regelstrategie in relativ kurzer Zeit entwickeln, weil sie am Computer einen «digitalen Zwilling» des Pelletofens entworfen haben. Gemeint ist damit ein Modell, das den Verbrennungsprozess des realen Ofens realitätsgetreu abbildet. Dank des Modells lassen sich unterschiedliche Regelstrategien testen – und dies viel schneller als bei der Durchführung realer Tests. Verantwortlich für die Erstellung des Modells war Daniel Lustenberger, der an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich Maschinenbau studiert hat. Er arbeitet unterdessen als wissenschaftlicher Assistent an der Fachhochschule in Windisch.

MAXIMALER WIRKUNGSGRAD DANK CO- UND TEMPERATURSENSOREN



Die Forschenden der FHNW verfolgten das Ziel, einen von BIOS und RIKA entwickelten Mikro-Pelletkaminofen mit einem hohen Wirkungsgrad und tiefen CO-Emissionen zu betreiben. Der Ausstoss von CO (Kohlenmonoxid) ist abhängig davon, wie viel Luft dem Verbrennungsprozess zur Verfügung steht (vgl. Grafik oben links): Wird zu wenig Luft zugeführt (entspricht wenig Restsauerstoff im Abgas), herrscht in der Brennkammer ein Sauerstoffmangel, was hohe CO-Emissionen zu Folge hat. Zu hohen CO-Emissionen kommt es hingegen auch bei einer übermässigen Luftzufuhr (entspricht viel Restsauerstoff im Abgas), denn damit herrscht in der Brennkammer eine zu tiefe Temperatur, was die vollständige Umwandlung (Oxidation) von CO in CO₂ verhindert. Wird die Luftzufuhr richtig dosiert, sind die CO-Emissionen tief.

Ein hoher Wirkungsgrad liegt vor, wenn ein maximaler Anteil der in den Pellets enthaltenen Energie in Heizwärme umgesetzt wird. Um dies zu erreichen, müssen die Verluste minimiert werden (vgl. Grafik oben rechts). Der wichtigste Verlust ist der Abgas-Wärmestrom, also die Wärme, die mit den Abgasen durch den Kamin in die Umgebung entweicht. Um diese Verluste möglichst gering zu halten, muss der Luftüberschuss (Restsauerstoff) im Abgas möglichst gering gehalten werden.

Die an der FHNW neu entwickelte Regelung zielt darauf ab, während des kontinuierlichen Betriebs jeweils den maximalen Wirkungsgrad zu finden (ohne dabei den Grenzwert für die CO-Emissionen zu überschreiten). Um dieses Ziel zu erreichen, vermindert die Regelung die Luftzufuhr (und damit den Restsauerstoff) bis an den Punkt, an dem die CO-Emissionen wegen Sauerstoffarmut zu steigen beginnen. Damit dies gelingt, wird der CO-Gehalt im Abgas ständig mit einem Sensor ermittelt. «Durch die direkte Messung der CO-Emission im Abgas kann sichergestellt werden, dass der Pelletofen immer im optimalen Betriebspunkt arbeitet», schreiben die Forschenden im BFE-Schlussbericht. Im Gegensatz zu bisherigen Regelungen über einen fest eingestellten Temperaturwert arbeitet die neue Regelung ohne Vorgabe eines fixen Betriebspunkts.

Es ist nicht möglich, die Luftzufuhr ausschliesslich auf Basis der gemessenen CO-Emissionen zu regeln, da sich die CO-Emissionen über einen relativ weiten Bereich des Restsauerstoff-Gehalts nicht ändern (siehe Graphik oben links). Damit über die Luftzufuhr ein optimierter Wirkungsgrad erreicht werden kann, kommt daher neben dem CO- zusätzlich ein Temperatursensor zum Einsatz. Temperatursensoren werden heute schon standardmässig in Pelletöfen verwendet. BV.

Bioenergie voranbringen

«Das Modell stärkt die Kompetenz unseres Instituts im Bereich der Holzheizungen und lässt sich auf andere Verbrennungssysteme adaptieren», sagt Lustenberger. Die Forscherinnen und Forscher der FHNW wollen ihr Knowhow in

weitere Projekte zur Fortentwicklung der Bioenergie einbringen. Um dies tun zu können ist bereits ein Folgeprojekt angedacht, an dem auch Schweizer Hersteller von Holzheizkesseln teilnehmen sollen.

- Weitere Details zum **Projekt** finden Sie unter <https://www.bio-micro-stove.eu/>
- Der **Schlussbericht** zum Forschungsprojekt «LowEMI Microstove – Entwicklung eines neuen Mikro-Pellet-Kaminofens mit fortschrittlicher Regelung, tiefen Kosten und tiefen Emissionen» ist abrufbar unter: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=44257>
- **Auskünfte** zum Projekt erteilt Dr. Sandra Hermle, Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie: sandra.hermle@bfe.admin.ch.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie unter www.bfe.admin.ch/ec-bioenergie.



Blick in den Speicher, aus dem der Ofen mit Pellets versorgt wird. Foto: FHNW