

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 53 (1991)
Heft: 12

Artikel: Emissionsverhalten von Holzfeuerungen
Autor: Nussbaumer, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081081>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Emissionsverhalten von Holzfeuerungen *

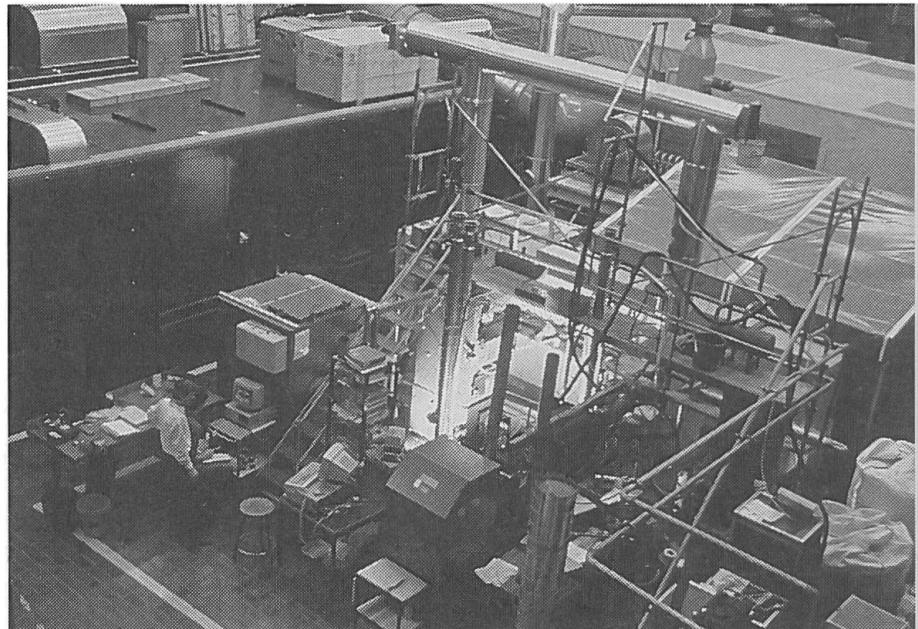
Dr. Thomas Nussbaumer, Ingenieurbüro, Winkel, Institut für Energietechnik, ETH Zürich

Holzfeuerungen nach dem neuesten Stand der Technik, die es erlauben, Holz mit geringen CO-, HC- und Staubemissionen energetisch zu nutzen, müssen vermehrt gefördert werden.

Die Erforschung und Entwicklung noch schadstoffärmerer – insbesondere auch stickoxidärmer – Techniken ist voranzutreiben.

Die beiden Oberziele bestimmen die Forschungstätigkeit am Institut für Energietechnik im Bereich Holzfeuerungen.

Bei Verbrennungsprozessen jeder Art werden umweltbelastende Schadstoffe freigesetzt. Die Verbrennung von Holz führt vor allem zur Bildung von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen, Staub und Stickoxiden, wobei der Auswurf an diesen Schadstoffen grösser ist als bei modernen Öl- und Gasfeuerungen. Dagegen weisen Holzfeuerungen praktisch keine Schwefelemissionen auf. Vor allem aber führt die Verwertung von Holz – bei einer nachhaltigen Nutzung der Wälder – nicht zu einer Erhöhung der Kohlendioxidkonzentration der Atmosphäre (Treibhauseffekt), da der Kohlenstoff zum Aufbau der nächsten Baumgeneration wieder aufgebraucht wird. Energieholz ist somit eine sinnvolle Alternative zu Öl und Gas, wenn mit ausgereiften Feuerungssystemen und einer richtigen Betriebsweise eine schadstoffarme Verbrennung gewährleistet wird.



Versuchsanlage und Messinstrumente für Holzfeuerungen am Institut für Energietechnik der ETH Zürich. Ein Hauptziel der Forschungstätigkeit besteht darin, Lösungen zur Verminderung der Stickoxidemissionen zu finden. Die NOx-Verbindungen stammen vorwiegend aus dem Brennstoff Holz und nicht aus der Luft. Durch die Schaffung von Verbrennungszenen mit Sauerstoffüberschuss und -mangel sollen Methoden gefunden werden, um die an den Stickstoff gebundenen Sauerstoffatome auf Kohlenwasserstoffverbindungen, Kohlenmonoxid und NH-Verbindungen zu übertragen, damit statt NOx-Verbindungen blosser Luftstickstoff (N_2) in die Atmosphäre entweicht.

Herkömmliche Feuerungsanlagen – nicht über jeden Zweifel erhaben

In modernen Feuerungssystemen kann während den stationären Betriebsphasen eine annähernd vollständige Verbrennung bei hohem Wirkungsgrad erreicht werden. Leider weisen auch heute noch zahlreiche Holzfeuerungen einen

hohen Schadstoffauswurf auf. Die Hauptgründe sind bei einfachen und älteren Feuerungen eine ungenügende Feuerungstechnik (z.B. Cheminées, ältere Stückholzkessel usw.). Daneben können aber auch neuere Anlagen

* Abdruck mit Genehmigung der Redaktion aus der Zeitschrift «Holzenergietechnik – Bulletin 22/90» der Schweizerischen Vereinigung für Holzenergie.

Anlass zu Beanstandungen geben. Die Hauptgründe dafür sind:

- Einsatz eines ungeeigneten Brennstoffs (z.B. zu feucht)
- schlechte Integration der Feuerung ins Heizsystem (Überdimensionierung, eine ungeregelte Feuerung auf Nennleistung ausgelegt, usw.)
- falsche Einstellung der Feuerung (insbesondere der Luftzufuhr).

Durch den Einsatz moderner Feuerungskonstruktionen und Regelungssystemen ist eine

massgebliche Verminderung des Schadstoffauswurfs an Staub und unverbrannten Gasen von Holzfeuerungen möglich.

Verbrennungsvorgang und Schadstoffbildung

Die Verbrennung von Holz verläuft mit zunehmender Temperatur über die Teilprozesse Trocknung, Entgasung und Oxidation. Bei der Entgasung werden rund 80% des Holzes in gasförmige

Verbindungen aufgespalten, der Rest bleibt als Holzkohle zurück. Anschliessend reagieren Gase und Holzkohle mit dem Luftsauerstoff. Die Schadstoffe von Holzfeuerungen lassen sich gemäss den Teilprozessen Entgasung und Oxidation wie folgt einteilen (Abb. 1):

Emissionen aus unvollständiger Verbrennung (vermeidbar durch eine vollständige Verbrennung)

- Kohlenmonoxid CO
- Kohlenwasserstoffe HC
- unverbrannte Partikel

Emissionen aus vollständiger Verbrennung (werden auch bei einer vollständigen Verbrennung gebildet)

- Kohlendioxid CO₂
- Stickoxide NOx
- Aschepartikel

Der Auswurf an Kohlenmonoxid-, Kohlenwasserstoff- und Staubemissionen ist sehr stark von der Verbrennungsführung abhängig. Eine gute Holzfeuerung kann deshalb einen vielfach geringeren Auswurf an diesen Schadstoffen aufweisen als eine einfache Feuerung: Hingegen können die Stickoxidemissionen bei Holzfeuerungen heute noch praktisch nicht beeinflusst werden, da diese im wesentlichen dem Holzstickstoff entstammen. Weil der Anteil der Holzfeuerungen an den Stickoxidemissionen gering ist (Hauptemittent an Stickoxiden ist der Verkehr), gilt es vorerst, das zur Verfügung stehende Potential an Energieholz in Feuerungen mit hohem Wirkungsgrad und geringen Emissionen an unverbrannten Schadstoffen einzusetzen. Anstatt in älteren und einfachen Feuerungssystemen, die zu hohen Emissionen und einer

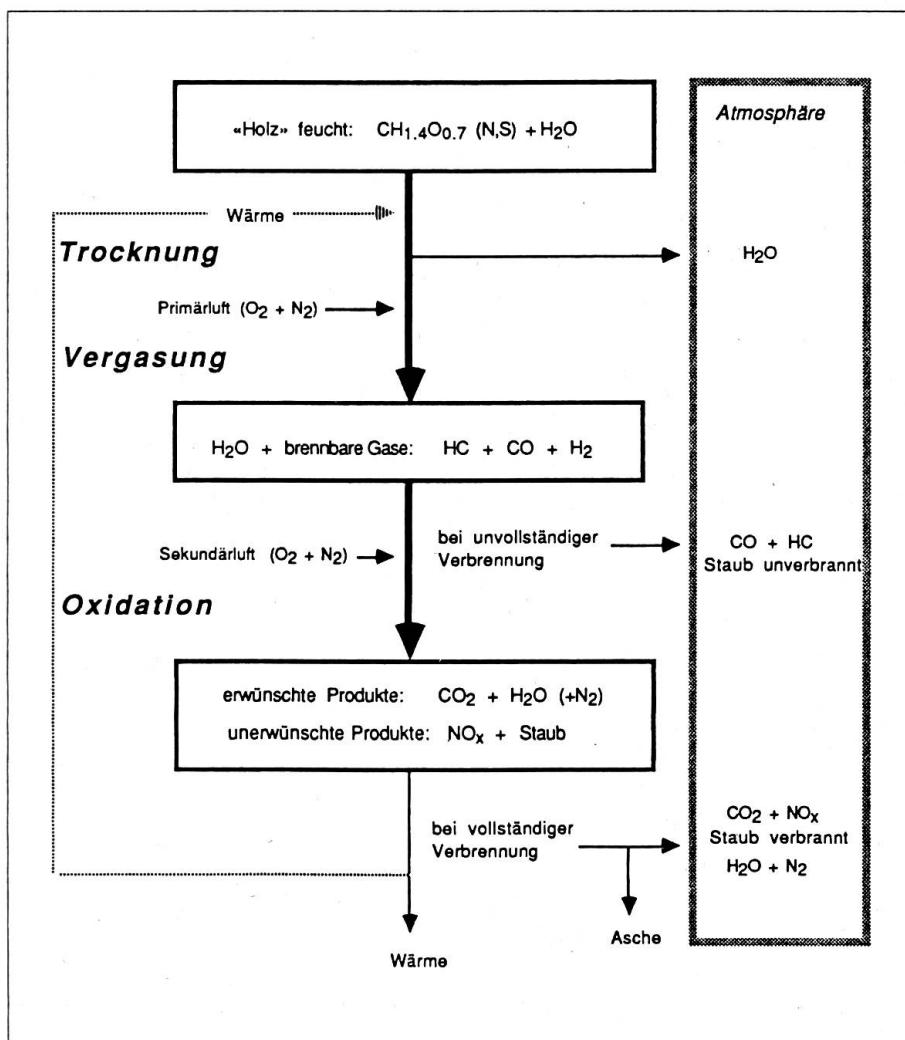


Abb. 1: Reaktionsgleichung der Holzverbrennung. Die Primärluft wird in der Glutzone zur Unterhaltung der Pyrolyse und zur Oxidation der Holzkohle zugeführt. Nach der Glutzone werden die brennbaren Gase mit der Sekundärluft zur anschliessenden Oxidation vermischt.

schlechten Ausnutzung des Brennstoffs führen, sollte Holz deshalb vermehrt in modernen Anlagen eingesetzt werden.

Feuerungstechnik

Dem Holz angepasste Feuerungstechnik als Voraussetzung für eine emissionsarme Verbrennung

Grundvoraussetzung für eine vollständige Verbrennung ist, dass die brennbaren Gase genügend Zeit haben, um bei hohen Temperaturen vollständig zu verbrennen. Die Aufenthaltszeit in der heißen Zone wird durch Konstruktion und Dimensionierung der ungekühlten Zone bestimmt. Die Verbrennungstemperatur ist abhängig vom Luftüberschuss (Verhältnis der effektiv zugeführten Verbrennungsluftmenge zu der theoretisch minimal notwendigen Luftmenge). Sie wird ausserdem durch den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes und durch die Wärmeabgabe in der heißen Zone der Feuerung beeinflusst. Eine Verbrennung bei kleinem Luftüberschuss und hohen Temperaturen kann erreicht werden, indem die Teilprozesse Entgasung und Oxidation örtlich getrennt werden. Für die Feuerung ergeben sich daraus folgende Anforderungen:

- Aufteilung der Verbrennungsluft in Primär- und Sekundärluft
- homogene Vermischung der Sekundärluft mit den brennbaren Gasen
- richtig dimensionierte und ungekühlte Nachbrennkammer.

In modernen Feuerungskonstruktionen kann durch die Trennung von Entgasung Nachverbrennung und Wärmeentzug eine

Emissionsvergleich Holz / Öl / Gas

Schadstoff Feuerung	Schwe- felfdio- xid SO ₂ , mg/MJ	Stick- oxide NO, mg/MJ	Kohlen- wasser- stoffe HC mg/MJ	Par- tikel Staub mg/MJ	Kohlen- mon- oxid CO mg/MJ	Kohlen- dioxid CO ₂ , mg/MJ
Öl, EL	86	45-70	10-13	0,5	17-60	75 000
Gas	1	45-54	10-13	0,2	50	60 000
Moderne Holzfeuerungen - handbeschickt - automatisch	5 5	78-130 78-130	26 5	26 26-78	780 260	0*) 0*)
		▼ Vorteil gegen Öl	▼ heute noch nicht beein- flussbar, da aus dem Holz stam- mend	Bei älteren und einfacheren Holzfeuerungen viel höher! ► moderne Anlagen, v. a. automatische fördern		▼ Grosser Vorteil aller erneuer- baren Ener- gien

*) Weil das CO₂ bei Holz auch anfallen würde, wenn es im Wald verrottet, kann für einen Emissionsvergleich der Wert Null eingesetzt werden. Dies gilt für die nachhaltige Waldflege, d.h. für den Fall, dass das genutzte Holz in gleicher Menge wieder nachwächst.

Abb. 2: Emissionsvergleich verschiedener Feuerungen.

Quelle: Holz-Zentralheizungen, Impulsprogramm Haustechnik, Bern 1988.

annähernd vollständige Verbrennung erreicht werden.

Regelung

Der markante Anstieg der Emissionen bei falscher Einstellung der Luftzufuhr führt zu der Forderung, dass eine Feuerung auf den

jeweils eingesetzten Brennstoff einreguliert werden muss. Da Schwankungen der Brennstoffqualität in der Praxis nicht zu vermeiden sind, werden viele Anlagen in der Praxis bei zu hohem Luftüberschuss oder aber unter Luftmangel betrieben, was zu er-

höhten Emissionen und vermin- dertem Wirkungsgrad führt. Mit geeigneten Regelsystemen kön- nen die Schwankungen der Betriebsbedingungen teilweise ausgeglichen werden, so dass die Verbrennung immer in der Nähe des optimalen Betriebspunkts verläuft.

Zur Verbrennungsoptimierung kann die Verbrennungsluft und/oder die Holzzufuhr den jeweili- gen Betriebsbedingungen durch eine entsprechende Regelung angepasst werden. Als Messgrößen dienen z.B. der Sauer- stoffgehalt der Abgase oder die Verbrennungstemperatur. Daneben ist der Einsatz weiterer Messgrößen denkbar, die einen vermehrten Einsatz bei Kleinanlagen ermöglichen könnten, wie z.B. Sensoren zur Erfassung von unverbrannten Stoffen (Rauch- detektoren), Lambda-Sonden und Trübungssensoren.

Ausblick

Stickoxide

Weil die Stickoxide bei der Holz- verbrennung im wesentlichen dem Holzstickstoff entstammen, sind heute noch keine Stickoxid- minderungstechnologien für An- lagen kleinerer und mittlerer Leis- tung bekannt. Da die Werte höher liegen als bei Öl und Gas, ist es sinnvoll, Entwicklungen stickoxidärmer Technologien zur Nutzung der Holzenergie anzu- gehen. In einem Forschungs- objekt an der ETH Zürich sollen die Grundlagen dazu untersucht werden. Die Grundidee zur Ver- minderung der Stickoxide ist die Reduktion von NO an CO und NH-Verbindungen durch gestufte Verbrennungsführung sowie allenfalls durch Kombination mit katalytischer Verbrennung.

Typenprüfung

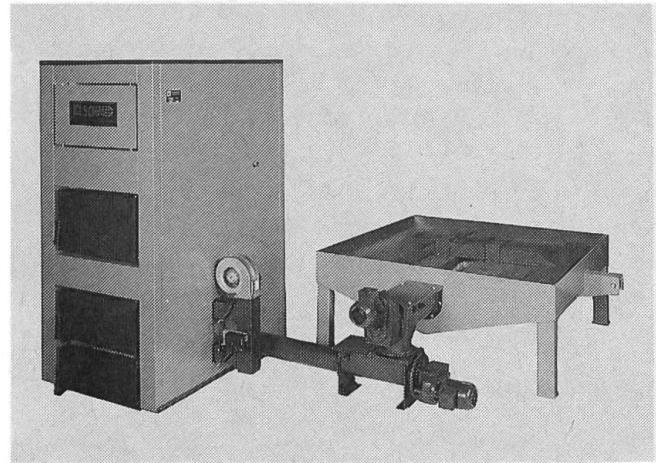
Durch Einführung einer Typen- prüfung, die auch (strenge) An- forderungen bezüglich Schad- stoffauswurf umfasst, soll gewähr- leistet werden, dass schlechte Anlagen in Zukunft keine Zulas- sung mehr erhalten.

Holzvergasung

Als interessante Alternative mit der Möglichkeit zur Wärme-Kraft- Kopplung bietet sich die Verga-

sung von Holz an. Entwicklungen im Prototypstadium sind im Gang, insbesondere bei einer Firma in Deutschland. Ein möglicher Ein- satz in der Schweiz wird von der Arbeitsgemeinschaft Holzverga- sungs-Altholz im Auftrag des Bun- des und des Kantons Zürich un- tersucht. Die Vergasung kommt wegen des grossen Aufwands vorerst nur im mittleren Leis- tungsbereich in Frage (zirka 2-5 MW thermisch), auch in diesem Leistungsbereich fehlen jedoch noch Betriebserfahrungen.

10 Komfort im Bauernhaus mit Holz-Schnitzelfeuerung «Lignumat»



COUPON Senden Sie uns nähere
Unterlagen über die Schmid-Schnitzelfeuerung

Name _____
Strasse _____
PLZ/Ort _____
Telefon _____ 10
SL

SCHMID

Schmid AG, Heizkesselbau, 8360 Eschlikon
Tel. 073/431414, Fax 073/431445