Die Verfeuerung von Holz in Zentralheizungsanlagen

Autor(en): **Schläpfer, P. / Stadler, O.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **91 (1940)**

Heft 5

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-768176

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweizerische
Zeitschrift für Forstwesen
Organ des Schweizerischen Forstvereins

91. Jahrgang | Mai 1940 | Nummer 5

Die Verfeuerung von Holz in Zentralheizungsanlagen.

Von Prof. Dr. P. Schläpfer und Dr. O. Stadler, Zürich.[1]

Die Bestrebungen zur Förderung der Brennholzverwertung in der Schweiz brachten eine weitgehende Zusammenarbeit des Schweizerischen Verbandes für Waldwirtschaft mit der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt zur Vervollkommnung der Holzfeuerungsanlagen. Nachdem sich die Untersuchungen anfänglich besonders auf Kleinfeuerungen erstreckten, wurden seit 1936 die Prüfungen auch auf grössere Anlagen, insbesondere auf Zentralheizungen ausgedehnt. Im Jahre 1937 wurde dann ein gemeinsam ausgearbeitetes, erweitertes Arbeitsprogramm aufgestellt, das u. a. folgende Untersuchungen vorsah:

1. Prüfung von Zentralheizungskesseln:
   a) Kessel mit direkter Feuerung und tiefliegendem Abbrand;
   b) Kessel mit angebautem Brennstoffbunker und niedriger Brennschicht;
   c) Kessel mit sogenannter umgekehrter Verbrennung (Schweden-Prinzip);
   d) Kessel mit Generatorfeuerungen.
2. Prüfung von Kochherd-Zentralheizungen.
3. Prüfung von Kachelofen-Zentralheizungen.

Durch diese Untersuchungen wurden die wichtigsten heute auf dem Markte befindlichen Systeme erfasst und eingehend auf ihre Zweckmässigkeit geprüft. Gleichzeitig führten die Versuche in Zusammenarbeit mit den Fabrikanten dazu, einzelne Modelle zu vervollkommnen. Diese Untersuchungen sind nunmehr zu einem gewissen Abschluss gelangt; es erscheint uns deshalb zweckmässig, über die erhaltenen Resultate zusammenfassend zu berichten, da man schon aus volkswirtschaftlichen Gründen darnach trachten muss, auch das Brennholz bestmöglich auszunützen.

Die Eidgenössische Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung unter-

---

[1] Diese Abhandlung erschien zweisprachig in der Zeitschrift „Schweizerische Blätter für Heizung und Lüftung", Heft 1 und 2, Jahrgang 1940 und in etwas erweiterter Form als Bericht Nr. 98 der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Zürich. Wir geben hier mit freundlicher Bewilligung der Redaktionen der genannten Blätter die ausführliche Fassung wieder. Red.

stützte die Versuche im Hinblick auf die volkswirtschaftliche Bedeutung, indem sie Hilfskräfte zur Verfügung stellte, wofür wir dieser Institution auch an dieser Stelle unseren besten Dank aussprechen. Die Untersuchungen standen unter der Leitung von Prof. Dr. P. Schläpfer, Direktor der E. M. P. A. Die experimentellen Arbeiten wurden durch Dr. O. Stadler, Ing. Chem. Baumgartner, Ing. Huwyler und Zolliker durchgeführt.

In den nachstehenden Ausführungen sollen nicht nur die Versuche an Zentralheizungskesseln behandelt, sondern auch solche an kombinierten Zentralheizungen, die vom Kochherd oder Kachelofen aus betrieben werden, etwas eingehender betrachtet werden. Insbesondere wird untersucht, wo eine Verwendung derartiger kombinierter Anlagen gerechtfertigt ist. Des besseren Verständnisses halber ist es notwendig, den speziellen Darlegungen einige grundsätzliche Betrachtungen über die Verbrennung des Holzes vorauszustellen.

I. Grundsätzliches über die Verbrennung des Holzes.

Ueber diese Fragen hat P. Schläpfer anlässlich des I. Schweizerischen Kongresses für die Förderung der Holzverwertung 1936 eingehend referiert. Seine Ausführungen sind in dem damals erschienenen Kongressbuch publiziert. Wir können uns daher hierüber kurz fassen, für Details sei auf diese Arbeit verwiesen.

1. Die Holzbeschaffenheit.

Holz ist der gasreichste feste Brennstoff, seine Reinsubstanz enthält über 85 % flüchtige Anteile, die beim Erhitzen unter Luftabschluss schon bei relativ niedrigen Temperaturen zu entweichen beginnen und sehr reich an Wasserdampf sind. Durch den hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen wird das brenntechnische Verhalten des Holzes weitgehend beeinflusst. Die Verbrennung des Holzes erfolgt in zwei Stufen. Zunächst tritt eine Entgasung des Holzes unter allmählicher Bildung von Holzkohle ein. Hierbei werden in relativ kurzen Zeitintervallen grosse Mengen an flüchtigen Bestandteilen frei, zu deren Verbrennung die Luft zur gegebenen Zeit in ausreichender Menge und an richtiger Stelle zugeführt werden muss. Die zweite Stufe bildet dann die Verbrennung der Holzkohle, die mit bedeutend weniger Luft erfolgen kann. Umgekehrt ist durch den hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen die leichte Entzündbarkeit und die hohe Brenngeschwindigkeit des Holzes bei genügender Luftzufuhr bedingt, Eigenschaften, deren Vorteile schon seit langem nutzbar gemacht werden.

Für die Aufstellung von Verbrennungsrechnungen ist die Kenntnis der Elementarzusammensetzung des Holzes notwendig. In der *Tabelle 1* ist dieselbe für die brennbare Substanz verschiedener Holzprodukte zusammengestellt. Man erkennt daraus, dass man für Ueberschlagsrechnungen mit folgenden Mittelwerten rechnen kann: 50 % Kohlenstoff, 6 % Wasserstoff und 44 % Sauerstoff und Stickstoff. Wichtig ist der hohe Sauerstoffgehalt des Holzes, denn er bedingt, dass der theoretische

Luftbedarf pro 1 kg Holz im Vergleich zu anderen Brennstoffen gering ist. Es muss auch hervorgehoben werden, dass Holz in der Regel schwefelfrei ist, bei der Verbrennung also keine schweflige Säure entsteht.

Tabelle 1. **Elementar-Zusammensetzung und Heizwert der brennbaren Substanz verschiedener Holzprodukte.**

Holzart	Gehalt an:				Heizwert
	Kohlenstoff C %	Wasserstoff H %	Sauerstoff + Stickstoff O + N %	Flüchtigen Bestandteilen %	Cal/kg
Buchenklötzchen	49,1	6,2	44,7	87,5	4339
Buchendurchforstungsholz .	48,4	6,2	45,4	89,1	4380
Altes Eichenholz	49,5	6,0	44,5	82,4	4356
Tannenholz (frisch)	49,6	6,2	44,2	87,0	4496
Tannenholz (lang gelagert)	51,1	6,3	42,6	83,3	4621
Altes Lärchenabbruchholz .	52,1	6,4	41,5	89,1	4774
Kirschbaumholz	49,7	6,0	44,3	82,2	4426

Als Verunreinigung spielt der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes, der stark wechseln kann, eine wesentliche Rolle; der Gehalt des Holzes an Asche dagegen variiert wenig und überschreitet selten 1 %. Waldfrisches Holz enthält bis zu 50 % Wasser, bezogen auf die Rohsubstanz. In diesem Zustande ist es nur in ganz besonderen Fällen als Brennstoff brauchbar, es sollte durch ein- bis zweijährige Lagerung oder künstliche Trocknung auf einen Wassergehalt von zirka 15 % gebracht werden. Es entspricht dies dem Wassergehalt des lufttrockenen Holzes. Es sei besonders darauf hingewiesen, dass auch ein unvollkommen getrocknetes Holz sich noch relativ trocken anfühlt, im Gegensatz zu anderen Brennstoffen, bei denen eine Vermehreung des Wassergehaltes um nur wenige Prozente über die zulässige Grenze leicht erkannt wird.

Da der Heizwert der Reinsubstanz der verschiedenen Holzsorten nur relativ wenig variiert, ist, wie in der *Fig. 1* dargelegt, der Heizwert des Holzes im Verwendungszustande in erster Linie von seinem Feuchtigkeitsgehalt abhängig. Diese Abbildung zeigt gleichzeitig, dass es nicht einerlei ist, ob man den Wassergehalt auf das trockene oder feuchte Gut bezieht. Für die Bewertung des Holzes als Brennstoff empfiehlt es sich, ähnlich wie bei anderen Brennstoffen den Wassergehalt auf das feuchte Material bezogen anzugeben. Aus dieser Darstellung kann man auch entnehmen, dass man für ein lufttrockenes Holz mit 15% Wasser mit einem Heizwert von zirka 3700 kcal/kg rechnen kann.

Endlich spielt auch noch das Raumgewicht des Holzes wegen der Grösse der erforderlichen Lager- und Speicherräume in Feuerungen eine wesentliche Rolle. Dieses ist vom Feuchtigkeitsgehalt und von der Holzart abhängig. Die *Tabelle 2* enthält Angaben über die Raumgewichte einiger Holzsortierungen und Holzarten.

Tabelle 2. **Angaben über Raumgewichte und Wärmeinhalte pro m³ für verschiedene Holzsortimente und Holzarten.**

Voraussetzung: Lufttrockenes Holz mit 15 % Wasser } 3800 kcal/kg Heizwert für Tannenholz, 3600 kcal/kg Heizwert für Buchenholz.

Holzsortiment	Buche		Tanne	
	Raumgewicht kg/m³	Wärmeinhalt Cal/m³	Raumgewicht kg/m³	Wärmeinhalt Cal/m³
Scheitholz:				
1 m lang	480—550	1.730.000—1.980.000	330—400	1.250.000—1.520.000
0,5 m lang	480—550	1.730.000—1 980.000	330—400	1.250.000—1.520.000
Prügel . .	370—420	1.330.000—1.510.000	300—350	1.140.000—1.330.000
Sackholz .	250—300	900.000—1.080.000	200—240	760.000— 950.000
Reisig . .	300—350	1.080.000—1.260.000	230—280	875.000—1.065.000

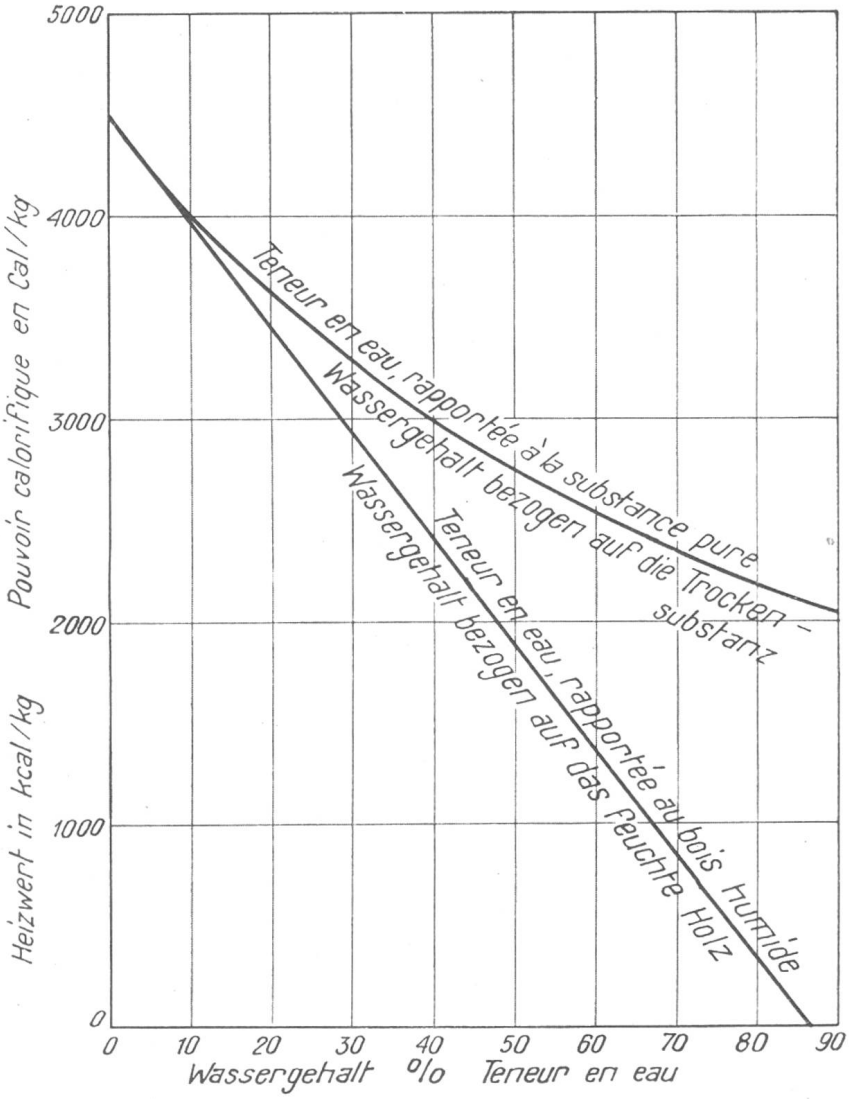

Fig. 1. Aenderung des Holzheizwertes in Funktion des Wassergehaltes.

Annahmen: Aschengehalt 1%, Heizwert der Reinsubstanz 4500 kcal/kg.

Zum Vergleich sei noch erwähnt, dass bei Koks mit 7000 kcal/kg Heizwert und 460 kg/m³ Raumgewicht pro m³ 3.220.000 kcal eingelagert werden können. Zur Lagerhaltung einer bestimmten im Brennstoff aufgespeicherten Kalorienmenge benötigt man daher beim Holz fast den doppelten Platz, ein Punkt, der bei der Projektierung von Holzfeuerungsanlagen mitberücksichtigt werden muss.

2. Die Verbrennung des Holzes.

Bei den nachfolgenden Betrachtungen sollen die bei der Verbrennung des Holzes auftretenden Verhältnisse denjenigen bei der Verfeuerung des Kokses gegenüber gestellt werden. Damit soll nun aber keineswegs gesagt werden, dass die Holzfeuerung sich zur Aufgabe stellt, die Verwendung des Kokses zu bekämpfen, der Vergleich wird nur deshalb gewählt, weil der Koks der in Zentralheizungen am meisten verwendete Brennstoff ist und dessen Verbrennungsverhältnisse daher als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Ausserdem stellen Holz und Koks die beiden Gegenpole der festen Brennstoffe dar, so dass die Unterschiede am deutlichsten zutage treten.

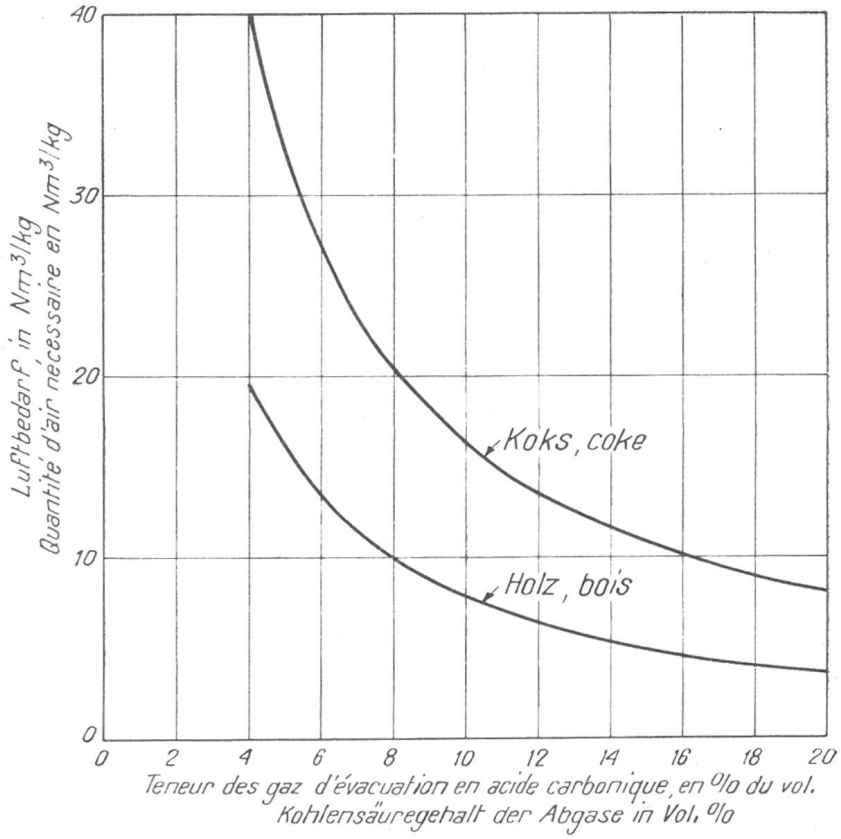

Fig. 2. Aenderung des Luftbedarfes in Nm³/kg in Funktion des Kohlensäuregehaltes der Abgase.

Voraussetzung:
Vollständige Verbrennung ohne Entweichen von Destillationsprodukten.

Die *Fig. 2* zeigt für beide Brennstoffe den Luftbedarf bei vollständiger Verbrennung in Funktion des Kohlensäuregehaltes der Abgase.

Man ersieht daraus, dass für die Verbrennung von 1 kg Holz theoretisch die halbe Luftmenge notwendig ist als für die Verbrennung von 1 kg Koks. Berücksichtigt man aber, dass der Heizwert des Kokses ungefähr doppelt so hoch ist als derjenige eines lufttrockenen Holzes, so ergibt sich ohne weiteres, dass für die gleiche Wärmeleistung auch ungefähr die gleichen Luftmengen erforderlich sind.

Ein wichtiger Punkt, der bei der Holzfeuerung unbedingt beachtet werden muss, ist der bedeutend höhere Taupunkt der Abgase, der auf den hohen Wasserstoff- und Feuchtigkeitsgehalt dieses Brennstoffes zurückzuführen ist. Diese Verhältnisse kommen deutlich in der *Fig. 3* zum Ausdruck.

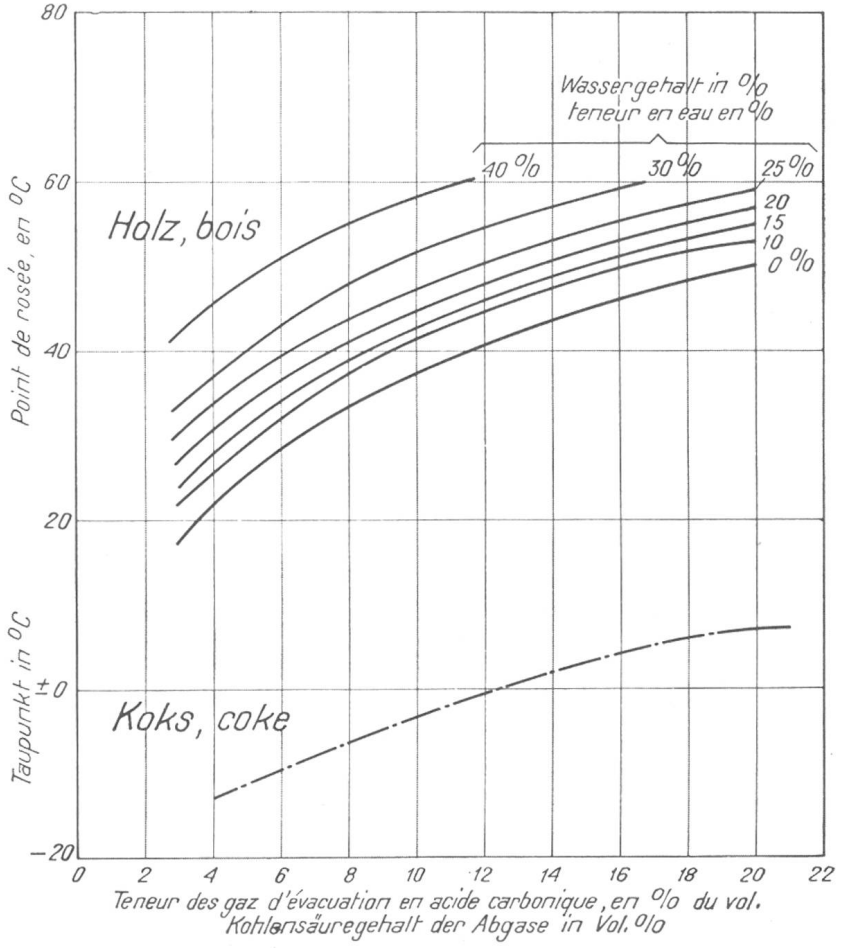

Fig. 3. Darstellung der Taupunkte der Abgase in Funktion des Kohlensäuregehaltes für Wassergehalte des Holzes von 0, 10, 15, 20, 25, 30 und 40 % und Koks.

Während wir beim lufttrockenen Koks mit Taupunkten rechnen können, die unwesentlich über 0 ° C liegen und 10 ° C nur ausnahmsweise überschreiten, können beim Holz Taupunkte bis zu 60 ° C vorkommen, also Temperaturen, die zum Teil über den Wassertemperaturen im Kessel liegen. Es ist daher einleuchtend, dass man bei Koksfeuerungen sozusagen nie Kondensatbildungen beobachten konnte, während bei Holzfeuerungen diese Schwierigkeiten früher etwas Alltägliches waren. Erst durch sorgfältige Anpassung der Kesselkonstruktionen an die

brenntechnischen Eigenschaften des Holzes konnten diese Unannehmlichkeiten heute weitgehend beseitigt werden. So ist es z. B. bei der Holzfeuerung nicht zweckmässig, die Abgastemperaturen beim Kesselaustritt auf unter 125 ° C senken zu wollen, um die Wärmeausnützung um ein weniges zu verbessern, da als Folge nur Kondensatbildungen und deren Auswirkungen wie Kamindurchnässungen usw. auftreten. Dagegen haben sich Rücklaufbeimischungen bewährt, weil man dabei dauernd mit hohen Vorlauftemperaturen beim Kesselaustritt arbeiten kann, wodurch die Schwitzwasserbildungen im Kessel auf ein Minimum beschränkt werden.

Allgemein ist überhaupt bei der Holzfeuerung der grösste Wert auf einen einwandfreien und störungslosen Betrieb zu legen; in erster Linie müssen die Faktoren berücksichtigt werden, welche zur Erfüllung dieser Forderung notwendig sind. Erst in zweiter Linie kommt der Wirkungsgrad, wobei immerhin bemerkt werden kann, dass bei modernen holzgefeuerten Zentralheizungskesseln eine Wärmeausnützung von zirka 65 bis 75 % erreicht wird.

II. Die Feuerungseinrichtungen.

A. Allgemeines.

Die Feuerungsanlagen, in denen Holz verbrannt werden soll, müssen den im vorstehenden erwähnten Brenneigenschaften des Holzes angepasst sein. Es ist nicht wirtschaftlich und auch nicht zu empfehlen, Holz in gewöhnlichen Zentralheizungskesseln, die für Koks oder Kohlen bestimmt sind, zu verbrennen, es sind vielmehr Spezialkessel erforderlich. Bei deren Konstruktion ist daran zu denken, dass die Entgasung des Holzes bereits bei zirka 175 ° C einsetzt, aber erst bei Temperaturen von zirka 800 ° C beendet ist. Die Zusammensetzung der Entgasungsprodukte ist dabei stark von der Temperatur abhängig. Es werden z. B. bei Temperaturen von 450 ° C über 300 g Wasser pro 1 kg Holz abgespalten, daneben ist aber auch die Menge des frei werdenden Teeres nicht unbedeutend. Ausserdem enthalten die flüchtigen Bestandteile in diesem Temperaturbereich viel Kohlensäure und wenig Wasserstoff, sie sind also schwer zu entzünden. Es sind daher ein genügend grosser Brennraum, eine zweckmässige Führung der Flammengase und die Zuführung von Sekundärluft am richtigen Orte erforderlich, wenn man eine vollständige Verbrennung erzielen will. Um diese Forderungen zu erfüllen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die älteste beruht auf dem Prinzip des Kachelspeicherofens. Hier wird die Verbrennung rasch mit genügend Luft zu Ende geführt, die Wärme wird in der Speichermasse des Ofens zurückgehalten und dann allmählich an den zu erwärmenden Raum abgegeben. Die Kondensatbildung ist relativ gering, da die Flammen keine wassergekühlten Flächen bestreichen wie bei Zentralheizungskesseln und daher nicht plötzlich abgeschreckt werden. Die für die vollkommene Verbrennung erforderliche Temperatur ist also vorhanden. Bei guten Kachelspeicheröfen steht auch ein ausreichend dimensionierter Brennraum zur Verfügung. Dieses Prinzip bedingt aber einen dis-

kontinuierlichen Betrieb mit Aufspeicherung der Wärme im Ofen, es gewährleistet trotzdem eine gleichmässige Wärmeabgabe. Es ist relativ träge, da die Heizwirkung erst dann voll zur Geltung kommt, nachdem die ganze Speichermasse aufgeheizt ist. Es hat sich aber für Einzelöfen in dauernd beheizten Räumen bewährt, für Zentralheizungen kommt es dagegen kaum in Frage.

Um auch bei Zentralheizungen Holz rationell verwenden zu können, musste man zum Prinzip des gleichmässigen Abbrandes greifen, wobei das Holz nacheinander die Trocknungszone, dann die Entgasungszone und schliesslich die Verbrennungszone passieren muss. Man ist also von der Wärmespeicherung im Ofen auf die Brennstoffspeicherung im Füllschacht oder in einem angebauten Bunker übergegangen. Es muss dabei für ein gleichmässiges Nachrutschen des Holzes in die Brennzone Sorge getragen werden. Dadurch kann, wie noch später ausführlicher dargelegt werden soll, eine gleichmässige Leistung während der ganzen Abbrandperiode erreicht werden, ähnlich wie man sie auch bei der Koksfeuerung trifft. (Fortsetzung folgt.)

Die Witterung im Jahre 1939.

Mitgeteilt von der schweizer. meteorologischen Zentralanstalt.

Die mittleren Temperaturen des Jahres 1939 sind gegenüber den normalen meist etwas zu hoch. Doch betragen die Abweichungen nirgends mehr als ein halbes Grad. Schwache negative Abweichungen ergeben sich für die westschweizerische Jurazone und den Alpensüdfuss. Zu warm waren besonders der Januar, dann Februar, April und November, zu kalt März und Mai. Die thermische Veränderlichkeit beträgt für Zürich 16.9 ° (Summe der positiven und negativen Abweichungen vom Normalwert). — Die Niederschlagsmengen waren mit Ausnahme des Wallis überall zu gross, besonders in der Jurazone und auf der Alpensüdseite. Im Mittelland beträgt der Ueberschuss etwa 10—20 %. Nasse Monate waren auf der Alpennordseite besonders Mai und Oktober, im Westen ferner Januar und Juni, im Alpengebiet und im Jura März und November, auf der Alpensüdseite hauptsächlich der Januar, dann auch April, Mai, Juni und August. Trocken waren auf der Alpennordseite der Februar, im Nordosten auch der April, für die Südseite März und Oktober. — Die Anzahl der Sonnenscheinstunden betrug ungefähr 80 % der normalen. Das Defizit war besonders gross in den Monaten Mai und Oktober. Relativ trübe waren ferner im Westen der Februar, im Nordosten der März, auf der Alpensüdseite der Januar, der August und der Dezember.

Die einzelnen Monate zeigen folgende Verhältnisse :

Der *Januar* zeichnete sich durch hohe Temperaturen und grosse Niederschläge im Westen und Süden aus. Die Temperaturüberschüsse betragen in der Nord- und Ostschweiz meist 3—4 Grad (Basel 4.2), in der Südschweiz 2—3 und am Alpensüdfuss 1—2 Grad. — Der Bewölkungsgrad war im Mittelland annähernd normal, dagegen im Alpengebiet