

Institut für Landtechnik der
Technischen Universität München

Zum Abbrand von Holzbrennstoffen
unter besonderer Berücksichtigung der
zeitlichen Abläufe

Manfred Hellwig

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Landwirtschaft
und Gartenbau der Technischen Universität München zur Erlangung
des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. M. Estler
1. Prüfer: Univ.-Prof. Dr. H.-L. Wenner
2. Prüfer: Univ.-Prof. Dr. H.-J. Thomas

Die Dissertation wurde am 15.7.1988 bei der Technischen
Universität München eingereicht und durch die Fakultät für
Landwirtschaft und Gartenbau am 4.8.1988 angenommen.

Inhaltsverzeichnis:	Seite
1. <u>Einleitung</u>	1
1.1 Die Bedeutung von Holz als Energieträger	1
1.2 Problemstellung	4
1.3 Ziel der Arbeit	8
1.4 Aufbau und Methodik der Arbeit	9
2. <u>Grundsätzliche Zusammenhänge der Holzverbrennung</u> . . .	11
2.1 Literaturüberblick zum Verbrennungsverhalten von Holz .	11
2.1.1 Aufheizung und Trocknung	12
2.1.2 Pyrolytische Zersetzung	12
2.1.3 Homogene Verbrennung der flüchtigen Bestand- teile	17
2.1.4 Heterogene Verbrennung des Restkohlenstoffes .	19
2.2 Theoretische Modelle zum Abbrand von Holz	22
2.2.1 Verflüchtigungsdauer	23
2.2.2 Brennzeit des Restkohlenstoffes	29
2.3 Zusammenfassende Betrachtung	33
3. <u>Angewandte Versuchsmethode bei der Versuchsanstellung</u> .	36
3.1 Bezugsgrößen für den zeitlichen Abbrand	36
3.2 Erfassung des Verbrennungsverlaufes	38
3.2.1 Auswahl der Meßmethode	38
3.2.2 Methode der Auswertung	40
3.2.3 Meßfehlerabschätzung	42
3.3 Beschreibung der Versuchsbrennkammer	44
3.3.1 Aufbau der Versuchseinrichtung	45
3.3.2 Beschreibung der Meßeinrichtung	49
3.3.3 Datenaufnahme und -aufzeichnung	52
3.3.4 Versuchsverlauf	54
3.4 Charakterisierung des eingesetzten Brennstoffes	55
3.4.1 Kriterien zur Brennstoffauswahl	55
3.4.2 Aufbereitung der Holzproben	60

4.	<u>Ergebnisse der Abbrandversuche</u>	61
4.1	Zersetzung der Holzmasse in flüchtige und feste Fraktionen	61
4.1.1	Problemstellung	62
4.1.2	Methode der Versuchsdurchführung	62
4.1.3	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	63
4.1.3.1	In den gasförmigen Zustand umgesetzte Stoffmenge	63
4.1.3.2	Abbrandverlauf bei Einzelholzstücken	70
4.1.4	Schlußfolgerung für die weiteren Untersuchungen	76
4.2	Abbrandzeit einzelner Holzstücke	77
4.2.1	Methode der Versuchsanstellung	77
4.2.1.1	Aufstellung des Versuchsplanes	77
4.2.1.2	Auswertungsmethode	80
4.2.2	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	81
4.2.2.1	Verbrennungsmodelle aufgrund empirischer Gleichungssysteme	82
4.2.2.2	Einfluß relevanter Parameter auf die Verflüchtigungsdauer	89
4.2.2.3	Einfluß relevanter Parameter auf die Brennzeit des Restkohlenstoffes	100
4.3	Brennstoffkoeffizienten von Holz	105
4.3.1	Spezifischer Abbrandgeschwindigkeitsfaktor " α_A "	105
4.3.2	Reaktionsgeschwindigkeitsfaktor " k "	108
4.4	Zusammenfassung der gewonnen Erkenntnisse	112
5.	<u>Wertung der Ergebnisse</u>	115
5.1	Folgerungen für die Auslegung von Holzfeuerungsanlagen	115
5.1.1	Verteilung der Verbrennungsluft	117
5.1.2	Verbrennungstemperaturen im Feuerraum	118
5.2	Anmerkungen zu den Ergebnissen	118
6.	<u>Zusammenfassung</u>	120
7.	<u>Literaturverzeichnis</u>	125
8.	<u>Anhang</u>	133