

Vergleich von Prüfverfahren zur
Bestimmung des Glimm- und
Schwelverhaltens von B2-Dämmstoffen

T 2652

T 2652

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

MATERIALFORSCHUNGS- UND PRÜFUNGSANSTALT FÜR BAUWESEN LEIPZIG



AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR BAUSTOFFE UND BAUTEILE

Direktor: Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Karl Kordina - Stellv. Direktor und Betriebsleiter: Dr.-Ing. Olaf Selle

Abteilung Baulicher Brandschutz
Abteilungsleiter Dr.-Ing. W. Rösler

**FORSCHUNGSVORHABEN "VERGLEICH VON PRÜFVERFAHREN ZUR
BESTIMMUNG DES GLIMM- UND SCHWELVERHALTENS VON
B 2 - DÄMMSTOFFEN"**

VERSUCHSBERICHT FB 02/94

AUFTRAGGEBER:

Deutsches Institut für Bautechnik Berlin

Nr. IV 1 - 5 - 661/92

ANGEFERTIGT:

**Dr.-Ing. U. Rönn
Dr.-Ing. W. Jank
Dr.-Ing. W. Rösler**

Leipzig, den 15. 12. 1994

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Aufgabenstellung	1
2.	Vorbemerkungen	1
3.	Glimmen und Schwelen als Brandprozeß	2
3.1	Begriffsbestimmung	2
3.2	Glimmfähige Materialien	2
3.3	Entstehung und Ablauf von Glimmbränden	3
4	Prüfverfahren	4
4.1	Rechercheergebnis	4
4.2	Prüfkörperabmessungen	5
4.3	Zündquellen	5
4.4	Prüfkörperanordnung	6
5	Glimmbrandversuche	6
5.1	Glimmbrandversuche nach ULC Subject C723(s)-1979 und nach BS 5803:Part 4:1985	6
5.2	Versuchsmaterialien	7
5.3	Vorbereitung der Prüfkörper	7
5.3.1	ULC-Verfahren	7
5.3.2	BSI-Verfahren	7
5.4	Durchführung der Prüfungen	8
5.4.1	ULC-Verfahren	8
5.4.2	BSI-Verfahren	8
6.	Bewertung der durchgeführten Prüfungen	9
6.1	Versuchsergebnisse nach dem ULC-Verfahren und nach dem BSI-Verfahren	9
6.2	Diskussion des ULC-Verfahrens	9
6.3	Diskussion des BSI-Verfahrens	10
7.	Grundsätze für ein neues Prüfkonzept	11
8.	Versuchsapparatur gemäß Konzept Pkt. 7 des Berichtes	11
8.1	Aufbau der Prüfkammer mit Luftverteilungskammer	11
8.2	Zündquelle	12
8.3	Temperaturmeßstellen zur Beobachtung des Glimmverlaufes	12
8.4	Verbrennungsluftzuführung	13
8.5	Kalibrierung der Glimmapparatur	13
9.	Untersuchungen zur Zündtemperatur	14
10.	Untersuchte Materialien	14
11.	Durchgeführte Glimmversuche	15
12.	Probenvorbereitung	15
13.	Versuchsdurchführung	15
14.	Versuchsergebnisse	16
15.	Auswertung der Versuchsergebnisse	18
16.	Empfehlung für die Fortsetzung der Untersuchungen	19

Literaturverzeichnis

Anlagen

Anlage 1: Tabellen 1 ... 10

Anlage 2: Abbildungen 1 ... 62

Anlage 3: Fotos 1 ... 16

1. Aufgabenstellung

Es ist nachzuweisen, ob die Glimmprüfverfahren nach ULC Subject C 723 (s) - 1979 (kanadisches Verfahren) und BS : 5803 Part 4 : 1985 (britisches Verfahren) für Prüfungen an B 2 - Dämmstoffen zur Bestimmung des Glimmverhaltens geeignet sind. Es sind nach beiden Verfahren Prüfungen an B 2 -Materialien durchzuführen. Die Versuchsergebnisse sind, da konkrete Kennzahlen bzw. Kenngrößen zum Glimmverhalten nicht zur Verfügung stehen, mit den praktischen Erfahrungen hinsichtlich des allgemeinen Brandverhaltens der Versuchsmaterialien zu vergleichen. Eine Verfahrenseignung scheint in den Fällen gleichlaufender qualitativer Aussagen der Versuchsergebnisse gegeben, bei gegenläufiger Aussage jedoch nicht.

Das günstigste Verfahren ist auszuwählen und ein kompletter Vorschlag für die Anwendung des Verfahrens zur Prüfung des Glimmverhaltens und die Bewertung der Prüfergebnisse auszuarbeiten.

2. Vorbemerkungen

Glimm- bzw. Schwelbrände können verheerende Brände verursachen. Die Risiken dieser Brände sind besonders darin zu sehen, daß sie oftmals unbemerkt innerhalb von Baukonstruktionen entstehen und über einen teilweise sehr langen Zeitraum unbemerkt bleiben können.

Diesen Brandrisiken wird bei der Bewertung der Baustoffe im geregelten Bereich dadurch Rechnung getragen, daß das Glimmverhalten bei der Klassifizierung der A- und B1-Baustoffe berücksichtigt wird.

So darf bei Baustoffen der Klasse A1 während der Ofenprüfung nach DIN 4102 Teil 1 Punkt 5 kein Glimmen und bei Baustoffen der Klasse A2 ein Glimmen von höchstens 20 Sekunden Dauer auftreten.

Bei Baustoffen der Klasse B1 dürfen sich Glimmbrände nur relativ gering um den Brandherd ausdehnen und müssen selbständig verlöschen. Dies kommt bei der Prüfung von B1-Baustoffen nach DIN 4102 Teil 1 Punkt 6.1 durch die Forderung zum Ausdruck, daß der Versuch erst zu beenden ist, wenn das Brandgeschehen (Nachglimmen) eindeutig beendet ist.

An normalentflammbare (B2-) Baustoffe, die keiner baurechtlichen Kontrolle unterliegen, werden nach DIN 4102 hinsichtlich des Glimm- bzw. Schwelverhaltens keine Anforderungen gestellt. Gerade aber eine große Anzahl von B2-Baustoffen, zu denen auch natürliche Baustoffe gehören, besitzt die Fähigkeit zu glimmen bzw. zu schwelen. Dieses zusätzliche Risiko "entgeht" auch der B2-Prüfung nach DIN 4102 Teil 1 Punkt 6.2 im Brennkasten. Ergänzende Verfahren sind in Deutschland nicht normiert. Geeignete ausländische Verfahren zur Erfassung des Brandrisikos infolge Glimmen und Schwelen und zur Klassifizierung von glimmfähigen Baustoffen sind nicht bekannt.

Diese Situation war für den Sachverständigenausschuß Brandverhalten von Baustoffen PA-III Anlaß, ein Forschungsvorhaben anzuregen, das im Ergebnis ein für B2-Baustoffe geeignetes Prüfverfahren zur Ermittlung und Klassifizierung des Glimm- und Schwelverhaltens empfehlen soll.

Ausgangspunkt der Untersuchungen waren gemäß dem Forschungsvorschlag ausländische Prüfverfahren. Dabei waren der Aufbau und die Erprobung des britischen und des kanadischen Verfahrens Bearbeitungsschwerpunkte.

3. Glimmen und Schwelen als Brandprozeß

3.1 Begriffsbestimmung

Brandprozesse, bei denen organische Verbindungen durch Wärmeeinwirkung instabil werden und sich ohne oder nur mit sehr geringer Flammerscheinung in einfache flüchtige Produkte und einen koksartigen Rückstand zersetzen, werden in der Literatur (z.B. [2]... [6]) als

Pyrolyse, thermische Zersetzung, Glimmen, Entgasung, Schwelen, Schwelbrand, oxydative Pyrolyse oder Vergasung bezeichnet.

Einzelne Parameter können bei diesen Prozessen variieren, dies betrifft beispielsweise die Anwesenheit von reaktivem Sauerstoff (O_2 , H_2O , CO_2 usw.), was sich dann auch im jeweiligen Begriff widerspiegelt.

Auf die Erklärung und Diskussion der einzelnen Begriffe soll hier nicht näher eingegangen werden, denn sie sind für die weitere Bearbeitung nur von untergeordneter Bedeutung. Detaillierte Begriffserklärungen sind in [3], [4] sowie in der dort zitierten Literatur enthalten. In der Anlage sind zwei Beispiele für andere Begriffsdefinitionen angegeben.

In Anlehnung an [3], [4] werden im weiteren ähnliche, sich überlagernde oder in Folge ablaufende thermische Zersetzungsprozesse als **Glimmbrand** definiert. Das ist auch deswegen gerechtfertigt, weil die Randbedingungen bei diesen Branderscheinungen an bzw. in Baustoffen nicht vorbestimmbar sind, die Wirkungen jedoch weitgehend übereinstimmen und deswegen einheitlich bezeichnet werden.

3.2 Glimmfähige Materialien

Brennbare Stoffe sind dann glimmfähig, wenn der bei thermischer Zersetzung (Pyrolyse) entstehender koksartiger Rückstand porös ist und durch diesen soviel Sauerstoff in die Reaktionszone diffundieren kann, daß sich eine ausgeglichene Wärmebilanz einstellt. Dabei ist es unerheblich, wie Schadensfälle zeigen [6], ob der Sauerstoff als Bestandteil der Luft oder chemisch gebunden an den Reaktionen beteiligt ist. Im zitierten Fall wurden in einer Lagerhalle Torfballen mit Wasser gelöscht. Das in die Ballen gesickerte Wasser wurde chemisch aufgespalten, wobei brennbare Gase entstanden, die Stunden nach den Löscharbeiten explodierten und die Halle zerstörten.

Materialien, die bei der Pyrolyse schmelzen oder in erheblichem Umfang teerartig viskose Produkte erzeugen und dadurch die Sauerstoffdiffusion zur Reaktionszone unterbinden, sind nicht glimmfähig [4].

Nachfolgend aufgeführte Materialien sind z.B. für ihre Glimmfähigkeit bekannt:

- Mineralwolle mit mehr als 13 % Bindemittelanteil [4]
- Polyisocyanurat (PIR)-Schaumstoffe [7]
- Phenolharze, Phenolharz-Schaumstoffe [7]

Naturstoffe, wie

- Holz und Holzprodukte
- cellulosehaltige Materialien (Recyclingstoffe aus Altpapier u.ä.)
- Baumwolle
- Hanf
- Stroh
- Kork usw.

3.3 Entstehung und Ablauf von Glimmbränden

Voraussetzungen für die Entstehung von Glimmbränden und deren Ablauf sind ebenfalls eingehend in [4] und dort zitierter Literatur dargestellt. Einige wichtige Aspekte für die Beurteilung des Glimmverhaltens von Baustoffen werden zusammengefaßt und unter Berücksichtigung weiterer Quellen wiedergegeben.

Die Voraussetzungen für Flammenbrände und für Glimmbrände sind ähnlich; es müssen vorhanden sein:

- brennbarer Stoff
- Zündquelle
- Sauerstoff

Glimmbrände entstehen unter speziellen Randbedingungen, unter denen ein Flammenbrand in der Regel nicht möglich ist.

Wesentlich für die Entstehung eines Glimmbrandes ist, daß die Pyrolysegase entweder nichtbrennbar sind oder aber brennbare Pyrolysegase nicht entzünden können und nach der Abspaltung flüchtiger Produkte ein koksartiger Rückstand entsteht. Das Bild 1 zeigt eine schematische Übersicht möglicher Brandformen.

Zur Initiierung eines Glimmbrandes muß die Zündquelle so viel Wärme auf den glimmfähigen Stoff übertragen, daß sich ein Glimmbrand selbständig ausbreiten kann. Die jeweils erforderliche Wärmemenge ist von stoff- und umgebungsbezogenen Faktoren abhängig, wie z. B.

- der Wärmeleitfähigkeit
- dem Feuchtegehalt
- der Dichte, Struktur (Porosität)
- der Ventilation (O₂-Angebot, Kühlung) und
- der Anwesenheit von Katalysoren oder Inhibitoren (Antikatalysator)

Für die Ausbreitung von Glimmbränden sind darüber hinaus bedeutsam:

- die Anordnung (horizontal, vertikal), Abmessungen (Länge, Breite, Dicke) sowie deren Verhältnis zu einander
- die Temperaturverteilung im Stoff

Beim Voranschreiten von Glimmbränden stellt sich ausgehend von einer Zündquelle eine typische Temperaturverteilung zwischen ungeschädigtem und verbranntem Material ein (Bild 2 [4]). In den einzelnen Abschnitten (Reaktionszonen) laufen entsprechend der Temperatur unterschiedliche Reaktionen ab. Die Art der Reaktion und die entstehenden Reaktionsprodukte sind auch von der Konzentration des reaktiven Sauerstoffs abhängig.

Die Tabelle 1 [8] enthält eine Zuordnung von chemischen Reaktionen zur Temperatur bei der thermischen Zersetzung von organischen Materialien. Auch wenn in dieser Tabelle Reaktionstypen enthalten sind, die bei Glimmbränden von Baustoffen eine geringe Bedeutung haben, wird doch deutlich, daß die Reaktionen bis 250 °C endothermer Art sind und über 250 °C exotherme Reaktionen überwiegen.

Wärmedefizit, Abkühlung, aber auch Sauerstoffmangel können zum Abbruch der exothermen Reaktionen führen. Wärmestau (Temperaturerhöhung) oder Sauerstoffeinbruch können zur Entzündung und damit zum Flammenbrand führen.

4. Prüfverfahren

4.1 Rechercheergebnis

Als Grundlage für weitere Untersuchungen wurde eine Literaturrecherche erstellt. Im Ergebnis wurden 15 Prüfverfahren zur Bestimmung des Glimmverhaltens unterschiedlicher Materialien ermittelt. Das Rechercheergebnis basiert im wesentlichen auf [3], [7] und [9].

Prüfverfahren zur Ermittlung des Glimmverhaltens unterschiedlicher Materialien werden im internationalen Maßstab schon seit längerem von der Möbelindustrie genutzt. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen dabei sowohl Polstermaterialien, die als Einzelkomponente geprüft werden, als auch ganze Matratzen und Polstermöbel, die im Originalmaßstab geprüft werden. Neben der Glimmneigung wird zumeist auch die Entzündbarkeit untersucht. Zur Charakterisierung der Glimmneigung wird häufig ein Zigarettentest angewendet.

Die vergleichsweise große Zahl von Prüfverfahren in der Möbelindustrie belegt, daß man sich des Brandrisikos - Brandentstehung durch Glimmbrände - durchaus bewußt ist. Das Glimmverhalten von Baustoffen wird hingegen in speziellen Prüfverfahren oder bei anderen Brandprüfungen in deutlich geringerem Umfang geprüft bzw. beobachtet. Visuelle Beobachtungen bei Prüfungen sind subjektiv und von der Erfahrung des Prüfers abhängig. Oftmals sind auch Ermessensspielräume gegeben. Forderungen und spezielle Nachweisverfahren gibt es für bestimmte Dämmstoffe aus Cellulose oder aus ähnlichen Naturprodukten in Großbritannien, in den nordischen Ländern, in den USA und in Kanada.

Im Bereich des baulichen Brandschutzes wird dem Glimmverhalten von Baustoffen möglicherweise deswegen nur eine geringe Bedeutung beigemessen, weil durch Glimmbrände allein zumeist nur Schäden geringen Ausmaßes entstehen. Flammenbrände hingegen verursachen weitaus größere Schäden, die durch Maßnahmen des baulichen Brandschutzes verhindert oder eingeschränkt werden sollen.

Von den 15 Verfahren, die durch die Literaturrecherche ermittelt wurden, entfallen:

- 3 auf die Prüfung von **Baustoffen** allgemein
- 1 auf die Prüfung von nichtbrennbaren **Baustoffen** im Schiffsbau (nicht mehr gebräuchlich)
- 4 auf die Prüfung von **Dämmstoffen** aus Cellulose - Naturfasern
- 7 auf die Prüfung von Möbeln, Polstermaterialien und Matratzen

Die meisten der 15 Verfahren umfassen mehrere verschiedenartige Prüfungen in Abhängigkeit vom Prüfmaterial und vom Prüfziel.

Eine Übersicht über die einzelnen Verfahren wird in den Tabellen 2 und 3 gegeben. Tabelle 2 enthält allgemeine Angaben zu den Prüfverfahren und in Tabelle 3 sind Prüfkörperabmessungen, Zündquellen und Bewertungskriterien bzw. Klassifizierungsmerkmale angegeben.

In der Tabelle 2 sind Glimm- und Kleinbrandverfahren nicht streng voneinander getrennt, da bei den meisten Kleinbrandverfahren auch die Glimmneigung der Prüfmaterialien beobachtet wird.

4.2. Prüfkörperabmessungen

Für den Vergleich der Prüfkörperabmessungen ist Tabelle 3 die Grundlage. Zunächst sind alle beaufschlagten Prüfkörperflächen in Bild 3 maßstäblich eingetragen. Als weiteres werden von allen Prüfverfahren die beaufschlagten Flächen und die Seitenverhältnisse verglichen (Bilder 4 und 5). Hingegen enthalten die Bilder 6 und 7 nur Prüfkörperflächen und Seitenverhältnisse von Prüfverfahren für Bau- und Dämmstoffe. Die "beaufschlagte" Fläche ist die der Zündquelle zugewandte Seite der Probe. Die kleinste Länge einer Seite beträgt 40 mm, die größte Seite ist 1036 mm lang; die kleinste beaufschlagte Fläche ist 40 mm x 40 mm = 1600 mm² groß, der Flächeninhalt der größten Probe beträgt 500 mm x 1000 mm = 0,5 m². Der Vergleich der Seitenverhältnisse ergibt, daß quadratische und "gedrungene" Flächen überwiegen. Nur 5 der 27 auswertbaren Prüfkörperabmessungen haben eine gestreckte Form mit einem Seitenverhältnis ab etwa 3 und kleiner. 11 Prüfkörper sind quadratisch, 11 Prüfkörper haben ein Seitenverhältnis zwischen 1 und 2,01. 2 Prüfkörper werden in Originalgröße geprüft.

Betrachtet man ausschließlich Verfahren für Bau- und Dämmstoffe, ist für Flächen, Seitenabmessungen und Seitenverhältnisse kein dominanter Bereich erkennbar.

Die Dicke der Prüfkörper liegt überwiegend zwischen 50 und 100 mm. Ein Prüfkörper ist mit 12,7 mm deutlich dünner als die übrigen, bei 6 Prüfverfahren wird die Anwendungsdicke geprüft.

Die Bevorzugung des Dickenbereichs ab 50 mm wird auch durch Untersuchungen der Glimmtemperatur brennbarer Stäube belegt (Bild 8).

Die Glimmtemperatur von Korkmehl sinkt mit zunehmender Schichtdicke. Es wird in Bild 8 deutlich, daß für Schichtdicken kleiner als 40 mm der Einfluß der Dicke auf die Glimmtemperatur besonders groß ist. Bei Schichtdicken über 40 mm nimmt der Einfluß der Schichtdicke auf die Glimmtemperatur bemerkenswert ab.

4.3 Zündquellen

Ein Vergleich unterschiedlicher Zündquellen kann auf der Grundlage der Wärmestromdichte erfolgen. Diese exakte Auswertung ist leider nur für wenige Zündquellen möglich, da für die meisten nur unzureichend Parameter angegeben werden.

Als Zündquelle werden bei den untersuchten Verfahren

- Holzkrippen
- Bunsenbrenner, Brandschachtbrenner
- glimmende Zigaretten
- warme Metallzylinder, Glühwendel
- sonstige (Methenamin-Tabletten, Nichtbrennbarkeitsofen, Strahler und Zündflamme im Radiant Panel Test Chamber)

verwendet.

Holzkrippen können sehr unterschiedlich abbrennen. Neben der Masse der Krippe haben Holzart, Oberfläche/Volumenverhältnis, Oberflächenqualität, Feuchtegehalt, Kiengehalt bei Nadelholz wesentlichen Einfluß auf die Wärmestromdichte. Bei den angeführten Verfahren beträgt die Masse der Holzkrippen 8,5 g, 17 g, 63 g und 126 g.

Bunsenbrenner werden mit Austrittsöffnungen Ø 6,5 ... 10 mm verwendet. Die Flammenlängen liegen zwischen 16 mm und 280 mm, die Beflammung dauert 5 s, 12 s, 20 s, 60 s oder 300 s.

Glimmende Zigaretten sind 85 mm bzw. 68 mm lang, 1,1 g bzw. 1,0 g schwer mit \varnothing 8 mm. An die Dichte und die Qualität des Tabaks werden Anforderungen gestellt. Die von einem **warmen Körper** abgegebene Wärmemenge ist bekanntlich von Masse, Wärmekapazität und Temperaturdifferenz abhängig. Kompakte Körper mit einem kleinen Oberfläche/Volumenverhältnis geben ihre Wärme über einen längeren Zeitraum ab als gestreckte oder ebene mit einem großen Oberfläche/Volumenverhältnis.

Die **erwärmten Metallzylinder** mit den Maßen \varnothing 50 mm/50 mm und \varnothing 30 mm/36 mm zählen zu den kompakten. Sie werden auf 445 °C bzw. 900 °C erwärmt.

Die Wärmeabgabe von **beheizten Wärmequellen** ist von deren Leistung, der Temperatur und der Oberfläche abhängig.

Methenamin-Tabletten dienen als Äquivalent für Streichhölzer. Sie sind jedoch eine besser reproduzierbare Zündquelle als Streichhölzer.

4.4 Prüfkörperanordnung

Waagerechte, geneigte oder senkrechte (lotrechte) Anordnungen des Prüfkörpers und Angriffspunkt/-fläche der Zündquelle charakterisieren ebenso wie die Wärmestromdichte der Zündquelle die Brandbelastungen des zu prüfenden Materials. Die geringsten Belastungen treten bei einer waagerechten, die höchsten bei einer senkrechten Anordnung auf. Geneigte Anordnungen liegen zwischen beiden. Die Kantenbeflammung ist gegenüber der Flächenbeflammung eine höhere Beanspruchung. Gleichermaßen beansprucht eine Zündquelle oberhalb des Prüfkörpers diesen geringer als bei der Einwirkung unterhalb des Prüfkörpers.

Die Tabelle 5 enthält eine Auflistung der bei den zitierten Prüfverfahren angewendeten Prüfkörperanordnungen. Eindeutig überwiegen waagerechte Anordnungen, Flächenbeaufschlagung durch die Zündquellen und von oben wirkende Zündquellen. Sicher darf hier die Herkunft der Prüfverfahren aus der Möbelindustrie nicht außer acht gelassen werden, da die auf Polster oder Bettzeug liegende Zigarette eine häufige Brandursache ist, was in den Prüfvorschriften seinen Niederschlag findet.

5. Glimmbrandversuche

5.1 Glimmbrandversuche nach ULC Subject C723(s)-1979 und nach BS 5803: Part 4:1985

Im Mittelpunkt eigener Versuche standen entsprechend der Aufgabenstellung das kanadische Verfahren gemäß ULC Subject C723(s)-1979 "Richtlinie für Kleinbrand- und Schwelversuche im kleinen Maßstab für lose Cellulosefaserdämmstoffe" und das britische Verfahren gemäß BS 5803:Part 4:1985 "Wärmedämmung in Mansarden", Teil 4, "Verfahren zur Bestimmung der Entflammbarkeit und der Widerstandsfähigkeit gegen Schwelbrand". Beim ULC-Verfahren wird eine Probe in einem geneigten Drahtkorb einer Bunsenbrennerflamme ausgesetzt. Der Masseverlust vor und nach der Prüfung in einem normalbelüfteten, jedoch zugfreien Raum (Kleinbrandversuch) und bei reduziertem Luftwechsel (Glimmbrandversuch) ist das Bewertungskriterium. Beim BSI-Verfahren wird die Probe in einem Holztrug mit einer Holzkrippe (Kleinbrandversuch) und mit einem warmen Metallzylinder beaufschlagt. Hier ist die Schädigung der Einfassung des Troges das Bewertungskriterium.

Nach beiden Verfahren wurden an mehreren Materialien Versuche durchgeführt. Durch diese Versuche sollte ermittelt werden, ob die Ergebnisse mit allgemeinen praktischen Erfahrungen übereinstimmen und ob die Ergebnisse nach beiden Verfahren untereinander vergleichbar sind.

5.2 Versuchsmaterialien

Für die vergleichenden Versuche wurden 5 unterschiedliche Baustoffe ausgewählt;

- Weichfaser-Dämmplatten
 - Spanplatten
 - Phenolharz-Hartschaum
 - Hanfstroh, gehäckselt, mit Bitumenanteil
 - Korkplatten
 - Holzwolle
- sowie

Eine Übersicht der verwendeten Materialien und ihre wesentlichen Merkmale enthält die Tabelle 5. Weitere Materialien wurden für Vorversuche genutzt. Zementgebundene Holzwolle-Bauplatten wurden im Brandschacht geprüft, Mineralwolle wurde nur nach dem ULC-Verfahren geprüft. Die Ergebnisse liegen als Prüfprotokoll vor. Die Versuchsmaterialien wurden über Baustofflieferanten beschafft.

5.3. Vorbereitung der Prüfkörper

5.3.1 ULC-Verfahren

Das ULC-Verfahren ist für die Prüfung von Dämmstoffen vorgesehen. Als Bestimmungsgrößen für den Prüfkörper sind die Abmessung des Drahtkorbes und eine Mindestmasse von 175 g, orientierend etwa 200 g vorgegeben. Die Viertelung des Probeloses wurde aus Kostengründen nicht vorgenommen.

Für die Prüfung anderer Baustoffe wurden die Proben in Anlehnung an die Vorschrift auf die Korbgröße zugeschnitten. Bei der Vorbereitung von Proben schwererer Baustoffe wurde die Grundfläche des Korbes als Bezug gesetzt und die Dicke derart gewählt, daß die Probenmasse 200 g nicht wesentlich übertrifft. In jedem Fall wurde jedoch mindestens die Anwendungsdicke geprüft.

Die Proben wurden entsprechend der Vorschrift jeweils in einem Drahtkorb bei 105 °C bis zur Massekonstanz, höchstens jedoch 2 Stunden getrocknet. Der Drahtkorb hat die Abmessungen 460 mm x 150 mm x 75 mm. Er dient gleichzeitig als Probenhalter bei der Prüfung.

Aus den Ergebnissen der Wägungen, die für die Bestimmung der Massekonstanz notwendig sind, wurde der Feuchtegehalt der Proben errechnet; die Werte enthält das jeweilige Prüfprotokoll in der Anlage.

5.3.2 BSI-Verfahren

Dieses Verfahren ist für die Prüfung von einblasbaren und schüttfähigen Dämmstoffen vorgesehen. Deswegen mußte es für andere Materialien modifiziert werden. Nachfolgend ist darauf verwiesen.

Das Probenmaterial wurde in einem Wärmeschrank bei 40 ± 2 °C für 12 Stunden getrocknet und danach 2 bis 4 Stunden bei Raumklima gelagert. Andernfalls wurden die Proben entsprechend der Vorgabe in 2 jeweils verknoteten Polyethylen tüten bis zur Prüfung aufbewahrt.

Plattenförmige Materialien wurden, falls erforderlich, aus mehreren Lagen zusammengesetzt. Für die Glimmbrandversuche wurde in diese Materialien zur Aufnahme des Zylinders ein entsprechendes Loch mit dem Zylinderdurchmesser gebohrt. An der Unterseite des Prüfkörpers wurde mittig unter dieser Bohrung eine Öffnung 75 mm x 75 mm x 24 mm ausgearbeitet, in die die Mineralfaserzementplatten passen, die unter den erwärmten Zylinder zu legen sind.

5.4 Durchführung der Prüfungen und Bewertung der Materialien

5.4.1 ULC-Verfahren

Nach der Entnahme der Probe aus dem Wärmeschrank, nach dem Wiegen und nach 10minütiger Abkühlung wurde die Probe im Korb mit einem Gewicht vorgegebener Masse über den erforderlichen Zeitraum belastet. Dies wurde auch bei nicht verdichtbaren Materialien durchgeführt, weil bei diesen ebenfalls mit Wärmeausgleich zwischen Probe und Gewicht gerechnet wurde.

Der Korb mit der Probe wurde entsprechend der Prüfvorschrift an einem justierten Stativ mit einer Neigung von 30° zur Waagerechten befestigt. Ein Bunsenbrenner war entsprechend der Prüfvorschrift positioniert. Für die Prüfung wird ein Brenner 9.018 297 [11] empfohlen [12]. Eine rotblaue Flamme wurde vor Prüfbeginn auf eine Flammenlänge von 280 mm und eine Temperatur von 845 ± 25 °C eingestellt. Reproduzierbare Flammenlängen und Flammentemperaturen am Meßpunkt wurden durch einen Feindruckminderer (D 141 21, Drägerwerk AG, Lübeck) gewährleistet. Die Vorschrift schreibt weder den Betriebsdruck noch einen Düsendurchmesser vor. Auf einen vorzusehenden Flammenstabilisator wurde verzichtet [12].

Im **Kleinbrandversuch** wurde die Probe 5 Minuten beflammt. Während einer Abkühldauer von 15 Minuten lag die Probe auf einer ebenen Faserzementplatte, 6 mm dick, und war mit Keramikfaserpapier KP 1250, 3 mm dick, entsprechend 660 g/mm^2 (RATH GmbH, Düsseldorf), abgedeckt. Der Korb mit der Probe wurde jeweils vor und nach der Beflammung gewogen. Der Masseverlust wurde berechnet. Er dient einer Klassifizierung. Vorbereitung und Durchführung der **Glimmbrandversuche** entsprechen den des Kleinbrandversuchs. Nach der Beflammung wurden die Proben jedoch vollständig in oben beschriebenes Keramikfaserpapier eingewickelt und bis zum eindeutigen Verlöschen etwaiger Glimmbrände in einem zugfreien Raum belassen. Auch bei diesen Versuchen ist der prozentuale Masseverlust vor der Beflammung und nach der Abkühlung der Proben das Klassifizierungsmerkmal.

5.4.2 BSI-Verfahren

Für die **Kleinbrandversuche** wurden die Probenhalter durch das bewegliche Querholz auf die Maße 300 mm x 300 mm x 100 mm eingestellt und mit den Proben beschickt. Hanfstroh wurde gemäß der Verlegeanleitung um etwa 10 % verdichtet. Holzwolle wurde mit der gleichen Dichte eingebracht wie beim ULC-Verfahren. Die Korbjustierung erfolgte gemäß der Vorschrift.

Mittig auf die Probe wurde jeweils eine Holzkrippe mit den Abmessungen 40 mm x 40 mm x 32 mm gestellt und entzündet. Während der Versuche wurden die Branderscheinungen (Zeitpunkt der Entzündung der Oberfläche, Weiterbrennen des Prüfkörpers nach Verlöschen der Holzkrippe usw.) beobachtet und notiert. Nach den Versuchen wurden die Schädigungen an der Oberfläche der Proben von der Mitte des Probenhalters ausgehend parallel zu den Seiten des Probenhalters ausgemessen. Entlang dieser Linien wurde ebenfalls die Schädigungstiefe bestimmt. Die Schädigung der Einfassung des Probenhalters dient als Maß für die Klassifizierung.

Bei den **Glimmbrandversuchen** wurde der Probenhalter durch das bewegliche Querholz auf eine Größe von 300 mm x 375 mm x 100 mm eingestellt. Der Metallzylinder wurde in einem Muffelofen auf etwa 500 °C erwärmt. Mit einem NiCr-Ni-Mantelthermoelement, 0,35 mm, wurde in der dafür vorgesehenen Bohrung die Abkühlung des Metallzylinders verfolgt. Das Mantelthermoelement war an einem Digitalthermometer DTM 2000 angeschlossen. Die Versuche wurden begonnen, wenn der Metallzylinder auf 446 °C abgekühlt war. Die Temperatur zu Versuchsbeginn lag somit in den vorgegebenen Toleranzen. Die Zeitmessungen bei Hanfstroh und Holzwolle wurden entsprechend der Norm nach Einfüllen der ersten Hälfte des Versuchsmaterials begonnen. Bei plattenförmigen Versuchsmaterialien wurde vor Versuchsbeginn der Probenhalter bis zur Hälfte gefüllt, dann der Metallzylinder mit einer Temperatur von 446 °C in die Bohrung gesetzt, die Stoppuhr gestartet und dann das verbleibende Versuchsmaterial in den Probenhalter gefüllt.

Nach Ausklang eines Glimmbrandes oder Abkühlung des Metallzylinders wurde das Querholz entfernt und die Probe vorsichtig auseinandergenommen. Die Schädigungen an der Oberfläche und im Innern des Versuchsmaterials und ggf. an der Einfassung wurden mit einem Stahlmaß gemessen und die größten in jeder Richtung analog zum Kleinbrandversuch notiert. Das Ausmaß der Schädigung (Verkohlung des Versuchsmaterials im Innern der Probe) ist für die Klassifizierung maßgebend.

6. Bewertung der durchgeführten Prüfungen

6.1 Versuchsergebnisse nach dem ULC-Verfahren und nach dem BSI-Verfahren

Die Versuchsergebnisse für beide Verfahren sind in den Tabellen 6, 7 und 8 zusammengefaßt. In Tabelle 8 sind Angaben darüber enthalten, wie die untersuchten Materialien entsprechend der Kriterien beider Verfahren bewertet werden. Aus diesen Angaben geht hervor, daß in 3 von 6 Fällen Übereinstimmung besteht. Unter Beachtung des Sachverhaltes, daß Weichfaserdämmplatten und Holzwolle sehr kritische Materialien sind und bei jedem Verfahren versagen würden, wird die Bilanz des Vergleiches, qualitativ betrachtet, noch ungünstiger.

Damit ist festzustellen:

Ergebnisübereinstimmung zwischen den beiden Verfahren ist nur bei eindeutig positiven und sehr kritischen Materialien gewährleistet. Für den interessierenden Zwischenbereich ist Übereinstimmung zufällig.

Eine Praxisanwendung dieser Verfahren kann deshalb nicht empfohlen werden.

6.2 Diskussion des ULC-Verfahrens

Das ULC-Verfahren ist der Brennkastenprüfung ähnlich, doch hinsichtlich der Zündbelastung wesentlich härter als das B2-Verfahren.

Die Annahme, daß B2-Materialien die Kriterien des ULC-Verfahrens erfüllen, ist deshalb nicht gerechtfertigt. Im einzelnen geht dieser Sachverhalt aus den nachfolgenden Angaben hervor.

- Die Intensität der Beflammung ist wesentlich intensiver als im Brennkasten. Dieses betrifft sowohl die Größe der Brennerflamme als auch die Dauer ihrer Einwirkung.
- Flammeneerscheinungen, die bei der Brennkastenprüfung der Bewertung dienen, sind beim ULC-Verfahren unzulässig.
- Die Beobachtung der Probe beim Glimmbrandversuch (Probe in Keramikfaserpapier eingewickelt) ist nicht möglich. Das Ende eines Glimmbrandes kann dadurch nur annähernd bestimmt werden.
- Kleinteilige Materialien, wie für Schüttungen und einblasbare Dämmstoffe typisch, fallen durch die Maschen des Drahtkorbes. Der Masseverlust durch Verbrennen bzw. Verglimmen, der ein Bewertungskriterium ist, kann bei diesen Materialien durch Streuverluste verfälscht werden.
- Die Prüfungen lassen sich schwer effizient gestalten, da Trocknungsverlauf (1/2stündlich Wägungen) und Dauer der Prüfung (Versuchsausgang) nicht voraus bestimmbar sind.

6.3 Diskussion des BSI-Verfahrens

Prüfkörpergröße, Prüfanordnung und Bewertung der Materialien zielen auf ein anwendungsnahes Prüfverfahren. Die waagerechte Prüfanordnung ist besonders für die Bewertung von Materialien in waagerechter Einbaulage geeignet. Ob sich in anderen Einbaulagen ein abweichendes Brandverhalten einstellt, kann mit dieser Prüfung nicht beantwortet werden, ist doch im allgemeinen eine vertikale Anordnung eine härtere Prüfung.

Die nach diesem Verfahren durchgeführten Prüfungen zeigen, daß bei Stoffen, deren Glimmfähigkeit bekannt ist, kein Glimmbrand initiiert werden konnte. Es verwundert besonders, daß sogar unbehandelte Holzwolle und Weichfaser-Dämmplatten den Glimmversuch bestanden haben. Hier liegt die Schlußfolgerung nahe, daß nach diesem Verfahren Baustoffe zu günstig bewertet werden.

Nachteile des Verfahrens sind:

- Die Aufheizung des Metallzylinders auf 445 °C ist zur Entzündung eines Glimmbrandes nicht ausreichend, der Kontakt zum zu prüfenden Material ist nicht innig genug oder die Fläche des Metallzylinders ist zu klein.
- Es ist keine direkte oder indirekte Beobachtung der Ausbreitung von Glimmbränden im Innern des Prüfkörpers möglich, obwohl die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Glimmbrandes zu den zu registrierenden Ereignissen während der Prüfung zählt.
- Die Holzkrippen sind im Vergleich mit Brennern schwieriger reproduzierbar. (Die Brennerflamme konnte beim ULC-Verfahren durch Verwendung eines Feindruckminderers sehr gut reproduziert werden.)
- Der Prüfaufwand mit insgesamt 10 Einzelprüfungen ist verhältnismäßig hoch, bei einem negativen Ergebnis können die Prüfkörperhalter nicht für weitere Prüfungen verwendet werden.

7. Grundsätze für ein neues Prüfkonzept

Die auf das Versuchsmaterial übertragene Energie sollte so groß sein, daß in glimmfähigen Materialien mit Sicherheit ein Glimmbrand ausgelöst werden kann.

Die Luftzufuhr muß gering sein. Eventuell sind gestufte Luftvolumenströme geeignet.

Die Prüfanordnung sollte den realen Einbaubedingungen zumindest ähnlich sein. Dies betrifft insbesondere:

- die Einbau-/Prüflage, waagrecht - senkrecht
- die Materialdicke, > 100 mm
- die Breite und Länge des Prüfkörpers (B = 300 ... 500 mm, L = 600 ... 1000 mm)

Die Entstehung und Ausbreitung eines Glimmbrandes sollte beobachtbar sein, beispielsweise durch die Messung von Temperaturen im Versuchsmaterial.

Als Meßgrößen sind Kennwerte anzustreben, die eine quantitative Bewertung erlauben. Das sind z. B.

- * die Zündtemperatur (niedrigste Versuchstemperatur, bei der ein Glimmvorgang ausgelöst werden kann) und/oder
- * die Glimmgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit der Reaktionszone)

Das Verfahren muß für alle Materialien geeignet sein, so daß beispielsweise die Prüfung von plattenförmigen und losen, schütt- oder blasfähigen Stoffen gleichermaßen möglich ist.

Die Konditionierung der Prüfmaterialien sollte analog zu anderen Prüfungen nach DIN 4102 bei Normalklima nach DIN 50 014 - 23/50 - 2 erfolgen. Dadurch würde der Prüfablauf vereinfacht und in den Materialien würden sich Ausgleichsfeuchten einstellen, die praxisnahe sind.

Dieses Konzept entspricht im wesentlichen dem Verfahren nach [3].

8. Versuchsapparatur gemäß Konzept Pkt. 7 des Berichtes

Die Versuchsapparatur besteht aus der Kammer zur Aufnahme der Versuchsmaterialien mit entsprechendem Ständer, der Luftverteilungskammer, der Zündeinrichtung, der thermoelektrischen Meßeinrichtung und der Luftdosiereinrichtung.

8.1 Aufbau der Prüfkammer mit Luftverteilungskammer

Das Kammergehäuse besteht aus stabilem Profilstahl mit den Maßen L 40 x 40 x 4 mm, U 50 x 38 x 6 mm und Flachstahl verschiedener Abmessungen zur Aussteifung des Grundgerüsts. Im Grundgerüst sind eine Kammer mit den Abmessungen H x B x T = 1000 mm x 500 mm x 200 mm und eine Luftverteilungskammer mit einer Höhe von 200 mm untergebracht.

Die Brandkammer besteht aus einem geschweißten Blechkasten, der innen mit Brandschutzplatten ausgekleidet ist. Außen ist der Blechkasten mit Mineralwolle ummantelt. Durch die thermische Isolierung werden Wärmebrücken durch Metallteile minimiert, so daß das äußere Grundgerüst und die Blechverkleidung vor übermäßigen thermischen Belastungen geschützt sind. Die gesamte Apparatur ist mit Blech verkleidet und mit einem Farbanstrich versehen. Die äußeren Abmessungen und der Gesamtaufbau sind in Bild 9 dargestellt.

Der Kasten ist seitlich auf einer drehbaren Achse gelagert, so daß Prüfungen in vertikaler und horizontaler Lage sowie in beliebiger Neigung möglich sind (siehe Foto 1...3). Die Abdeckung wird durch mehrere Schraubverbindungen auf einen ca. 4 cm breiten temperaturbeständigen Dichtungsstreifen aus einer Keramikfasermatte zwischen Abdeckung und Gehäuse gepreßt. Damit wird eine gute Gasdichtheit erreicht. An der oberen Stirnseite befindet sich ein Rauchgasstutzen zur Ableitung der Rauchgase. Durch eine Absauganlage, die oberhalb des Rauchgasstutzens angebracht ist, werden die Rauchgase so abgeführt, daß die konstante Luftzuführung nicht beeinträchtigt wird. Da sich während der Versuche in der Luftverteilungskammer Kondenswasser ansammeln kann, wurde eine Einrichtung zur Ableitung des Wassers vorgesehen.

8.2 Zündquelle

Als Zündquelle dient eine CSN Hochleistungsheizpatrone mit Flansch und folgenden Parametern:

Durchmesser: 20 mm Länge: 540 mm
 Leistung: 1500 W bei 220 V
 maximale Oberflächentemperatur: 750 °C (nach Herstellerangaben)

Für die Heizwendel wurde nach Herstellerangaben Heizdraht mit der Bezeichnung GLS-Litze 2.5 mm² verwendet.

Die Heizwendel beginnt 60 mm vom Flansch entfernt und endet 80 mm vor dem Ende des Heizstabes. Die Achse der Heizpatrone ist im unteren Viertelpunkt, bezogen auf die Probenlänge, und mittig zur Probendicke angebracht. Bild 10 zeigt die Abmessungen und den prinzipiellen Einbau. Lage und Einbau sind auch den Fotos 4 und 5 zu entnehmen. Die elektrischen Zuleitungen sind gut wärmeisoliert aus dem Gehäuse geführt und werden über einen Stelltrafo 5...25 A (stufenlos regelbar) gespeist.

Die Abmessungen des Heizstabes haben Ähnlichkeit mit realen Zündquellen, z. B. einem erhitzten Rohr, wie es bei Schweiß- und Schneidarbeiten vor oder in Wänden häufig vorkommt. Die von der Zündquelle übertragene Zündenergie sollte die Größenordnung erreichen, die auch in der Praxis auftritt.

8.3 Temperaturmeßstellen zur Beobachtung des Glimmverlaufes

Der Glimmprozeß wird durch 8 verschiedenen Temperaturmeßstellen in der Brandkammer registriert. In der Ebenen befinden sich 7 Meßstellen symmetrisch zur Längsachse und mittig, bezogen auf die Probendicke. Eine weitere Meßstelle ist in der Mitte des Heizstabes angebracht. Das entsprechende Thermoelement ist mit der Oberfläche des Stabes verlötet und zeigt während der Heiz-phase die Heiztemperatur an. Die Meßstellenanordnung und ihre Bezeichnung ist Bild 11 zu entnehmen (vergl. auch Bild 9 und Fotos 4.und.5).

Folgende Thermoelemente finden Anwendung:

- 7 Stück NiCr-Ni Mantelthermoelement Typ K
 Thermopaar vom Boden isoliert
 Nennlänge 150 mm
 Manteldurchmesser 3 mm
- 1 Stück NiCr-Ni Mantelthermoelement Typ K
 Thermopaar vom Boden isoliert
 Nennlänge 350 mm
 Manteldurchmesser 1,5 mm

Die Temperaturregistrierung erfolgt während der Heizphase und bis zum Erfassen eines Glimmvorganges mit einer Abtastzeit von 10 Sekunden, nach der Heizphase und bei langsamer Glimmausbreitung mit einer Abtastzeit von 5 Minuten.

8.4 Verbrennungsluftzuführung

Es wurde eine Luftdosierungseinrichtung (Bild 12 und Foto 6) gebaut, die es ermöglicht, die Luftzuführung vor einem Versuch beliebig zu verändern und die Bedingungen reproduzierbar zu gestalten. Der Preßluftstrom wird auf einen definierten Überdruck von 4 bar gedrosselt und an einem Kleindurchflußmesser für Luft (Rotameter) der gewünschte Volumenstrom ein-gestellt und gemessen. Nach der Messung wird der Druck auf 2 bar (je nach Widerstand in der Apparatur) entspannt.

Der Lufteinlaß der Apparatur befindet sich bei vertikaler Stellung an der Bodenplatte. Über ein kurzes Rohr gelangt der Luftstrom in die Luftverteilungskammer. An einem Prallblech verteilt sich die Luft in der Kammer und verläßt diese gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt, durch eine nichtbrennbare Filtermatte, die sich zwischen zwei Platten aus Streckmetall befindet (Bild 12 und Foto 5). Durch den relativ großen Widerstand der Filtermatte strömt die Luft während der gesamten Versuchsdauer gleichmäßig in die Kammer. Damit soll erreicht werden, daß sich Glimmbrände gleichmäßig über den gesamten Querschnitt ausdehnen können.

8.5 Kalibrierung der Glimmapparatur

Die Kalibrierung erfolgt in folgender Weise:

- Überprüfung der Gleichmäßigkeit des Lufteintritts in die Brandkammer
- Überprüfung der Heizung und Temperaturverteilung bei definierter Luftströmung und leerer Brandkammer.

Zur Überprüfung des gleichmäßigen Lufteintritts wurde eine Vorrichtung nach Bild 13 verwendet. Die Vorrichtung besitzt eine Grundfläche von 500 mm x 200 mm (wie der Brandkammerboden) und ist in fünf gleichgroße Kammern geteilt. Jede Kammer besitzt oben einen offenen Stahlrohrstutzen von $\varnothing 25$ mm zur Querschnittsverengung, um gut meßbare Geschwindigkeitsbereiche zu erhalten. Die Luftgeschwindigkeitsmessungen wurden jeweils am Austritt vorgenommen.

Während der Kalibrierung wird die Vorrichtung bei geöffneter Apparatur in die Brandkammer auf den Ausgang der Luftverteilungskammer gestülpt und ein Luftvolumenstrom entsprechend Versuchsbedingungen eingestellt.

Bei einem Luftvolumenstrom am Rotameter von 2000 l/h wurden folgende Geschwindigkeiten an den Kammeraustritten gemessen:

$$\begin{array}{lll} M1 = 0,81 \text{ m/s} & M2 = 0,86 \text{ m/s} & M3 = 0,86 \text{ m/s} \\ M4 = 0,87 \text{ m/s} & M5 = 0,80 \text{ m/s} & \end{array}$$

Aus den Meßergebnissen ist ersichtlich, daß eine homogene Luftdurchströmung mit einer maximalen Abweichung von 5 % erreicht wird. Diese Gleichmäßigkeit ist völlig ausreichend.

Die Kalibrierung der kompletten Apparatur anhand der Temperaturverteilung wurde im ungefüllten und gasdicht geschlossenen Zustand der Kammer in senkrechter Lage vorgenommen. Der Luftvolumenstrom am Rotameter wurde auf 2000 l/h bei einem Druck von 4 bar auf dem Manometer vor und 2 bar auf dem Manometer nach dem Rotameter eingestellt.

Die Heizung wurde mit einer konstanten Spannung von 220 V betrieben. Die Heizstabtemperatur pendelte sich ab der 9. Minute bis zum Abschalten in der 15. Minute zwischen 660...664 °C ein (vergl. Bild 14).

Die Temperaturen an den anderen Meßstellen sind in Bild 15 dargestellt. Sie weichen in der 1. Ebene über der Heizung (Meßst. 1...2) maximal 6...8 K voneinander ab. In der 2. Ebene (Meßst. 3...6) ist die Streubreite 2...4 K. Die Temperaturverteilung bestätigt eine gleichmäßige Durchlüftung der Brandkammer.

9. Untersuchungen zur Zündtemperatur

Zur Entstehung eines Glimmbrandes genügt oft schon eine Zündquelle mit geringer Energie. Als klassische Zündquellen werden immer wieder schweißtechnische und verwandte Verfahren genannt. Dafür gibt es eine ganze Reihe von Beispielen [13], [14]. Zündquellen beim Schweißen können sein, die Flamme, der Lichtbogen, glühende Partikel, die vom Arbeitsplatz wegfliegen, glühende oder heiße Rohre usw..

Weitere sehr bekannte Zündquellen sind glimmende Tabakreste von achtlos weggeworfenen Zigaretten, defekte elektrische Anlagen, unsachgemäßer Betrieb von Heizgeräten, Abgasrohre, Feuerungsanlagen u. a..

Für die Festlegung der Zündtemperatur wurde das Modell einer rohrförmigen Zündquelle gewählt.

In Vorversuchen wurden praxisgerechte Temperaturen bei Schweißarbeiten an Stahl- und Hartlötarbeiten an Kupferrohr (Außendurchmesser: 22 mm) in verschiedenen Abständen zur Schweißnaht ermittelt. Die Versuche wurden an Rohren, die mit Mineralwolle ummantelt waren, durchgeführt. Der konstruktive Versuchsaufbau ist Bild 16 und 17 zu entnehmen.

Durch die Ummantelung der Rohre wurde die Wärmeabgabe weitestgehend eingeschränkt, so daß die gemessenen Temperaturwerte Maximalwerte darstellen. Bei den einzelnen Versuchen wurden verschiedene Schweiß- und Erwärmungsregime angewandt.

Ausgewählte Ergebnisse sind in den Bildern 18...21 dargestellt.

An den einzelnen Meßstellen wurden nach etwa 5 Minuten folgende Temperaturen registriert:

Material	Temperatur im Abstand von der Schweißnaht oder Erwärmungsstelle in °C		
	40 mm	75 mm	120 mm
Stahl	400...420	230	100
Stahl	450...480	250	120
Kupfer	510...570	420...450	280...300

Als Maximalwerte nach längerer Erwärmung wurden Temperaturen zwischen 550...600 °C erreicht. Beim Weichlöten wurden Maximaltemperaturen von ca. 350 °C gemessen.

Die unterschiedlichen Temperaturen längs des Rohres lassen sich am Heizstab bei Glimmbrandversuchen nicht verwirklichen. Die Heizstabtemperaturen sind längs des Heizstabes konstant.

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen wurden für die Glimmversuche Heiztemperaturen von 650 °C, 450 °C, 400 °C und 350 °C als praxisnah abgeleitet.

10. Untersuchte Materialien

Für vergleichende Untersuchungen wurden folgende Stoffe, deren prinzipielle Glimmfähigkeit bekannt ist, untersucht:

- Hanfstroh, gehäckselst und bituminiert, Baustoffklasse B2
- Zelluloseflocken, Baustoffklasse B2
- Zelluloseflocken, Baustoffklasse B1
- HWL-Platten, zementgebunden
- Weichfaserdämmstoff, Baustoffklasse B2, $\rho = 248,63 \text{ kg/m}^3$
- Phenolharz-Hartschaum, Baustoffklasse B2, $\rho = 61,08 \text{ kg/m}^3$
- Holzwohle, Dicke: 0,2 mm Breite: 2 mm
- Dicke: 0,1 mm Breite: 2 mm
- Spanplatten
- Nadelholzbretter
- Torf

Die Versuchsmaterialien wurden zum Teil von den Herstellern zur Verfügung gestellt oder im Handel beschafft.

11. Durchgeführte Glimmversuche

Da ein Glimmbrand und dessen Ausbreitung im wesentlichen von der verfügbaren Verbrennungsluft, dem Wassergehalt der Proben, der Dichte bzw. der Einwaage sowie der Zündtemperatur abhängt, sind diese Einflußparameter in der neuen Glimmapparatur an verschiedenen glimmfähigen Stoffen getestet worden. Zu diesem Zweck wurden etwa 15 Vorversuche zur Optimierung der Glimmapparatur und zur Versuchsdurchführung durchgeführt. Mit der vorgestellten Apparatur wurden eine Vielzahl von Versuchen mit verschiedenen Stoffen durchgeführt. Auf 40 ausgewählte Versuche wird in diesem Bericht eingegangen.

12. Probenvorbereitung

Bei den angeführten Versuchen wurde keine einheitliche Probenvorbereitung gewählt. Die Proben wurden zum Teil im Lieferzustand, im Normklima nach DIN 50 014 - 23/50 - 2 gelagert, luftgetrocknet, im Wärmeschrank getrocknet und mit unterschiedlichem Wassergehalt verwendet.

Die Brandkammer wurde bei allen Versuchen vollständig gefüllt. Einblas- und Schüttstoffe wurden mit unterschiedlicher Einwaage untersucht. Die Einwaage wurde mindestens so groß gewählt, daß die Stoffe in vertikaler Versuchsdurchführung nicht zusammenrutschten. Bei Herstellungen aus mehreren Lagen wurden in den Materialien die Öffnungen für die Thermoelemente und die Heizpatrone ausgearbeitet. Die Lagen unterhalb der Heizpatrone mußten in der Länge geteilt werden, um das Einlegen zu ermöglichen. An den Schnittstellen berührten sich die geteilten Lagen. Bei allen Versuchen wurde der Kontakt zwischen Probe und Thermoelement und zwischen Probe und Heizstab hergestellt.

13. Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung bestand aus:

- Probenvorbereitung
- Probeneinbringung in waagerechter Stellung der Kammer
- Gasdichtes Verschließen der Kammer
- Einstellung der Luftdosierung
- Überprüfung der Thermoelente
- Vorbereitung und Einrichtung der Datenerfassung
- Vorbereitung der Heizung
- Zündung und Regelung der Heizung entsprechend versuchsspezifischen Vorgaben
- Abschaltung der Heizung nach Vorgabe
- Beobachtung des Glimmverlaufs über Thermoelemente
- Beenden des Versuches je nach Vorgabe
- Abschalten der Luftzuführung
- Ablöschen der Probenreste durch Zuführung von Stickstoff
- Öffnen der Apparatur in waagerechter Stellung
- Überprüfung der Apparatur auf Beschädigung
- Entsorgung der Probenreste

Alle Versuche wurden in vertikaler Stellung durchgeführt. Bei den Versuchen wurde die Einstellung der Luftzuführung zwischen 2000, 1800, 1500 und 1000 l/h verändert. Als günstig erwies sich ein Luftvolumenstrom von 1500 l/h während des gesamten Versuches. Bei zu geringen Luftvolumenströmen bewegte sich ein entstandener Glimmbrand zu schnell in Richtung Luftzuführung. Bei höheren Luftvolumenströmen verlief der Glimmprozeß zu heftig und es stellten sich zu hohe Temperaturen ein.

Am Heizregime wurde lange experimentiert. Die ersten Versuche begannen mit voller Heizleistung über 10 Minuten (vergl. Bild 22). Dabei stellten sich Temperaturen über 1000°C ein. Die Apparatur zeigte starke Verschleißerscheinungen. Die Versuche wurden weitergeführt mit den Heiztemperaturen von ca. 650 °C, 450 °C, 400 °C, 350 °C und bei einigen Stoffen darunter. Trotz gleicher Temperaturanstiege während der Heizphase ist es bei den verwendeten Stoffen nicht immer gelungen, genau die angestrebte, vorgegebene Endtemperatur zu erreichen. Die Heizdauer nach Erreichen der gewünschten Temperatur lag anfangs bei 3 Minuten. Nach weiteren Erfahrungen wurde die Heizung nach Erreichen der gewünschten Heiztemperatur abgeschaltet. Die Versuchsdauer lag je nach Material und Aufgabenstellung zwischen 30 Minuten und 22 Stunden.

Während der Durchführung aller Versuche kam es zu keinem Ausfall der Temperaturmeßeinrichtung, der Heizung oder Luftzuführung. Als Verschleißteile wurden die Widerstandsmatte in der Luftverteilungskammer, die Dichtungstreifen zwischen Kammer und Kammerabdeckung und die Brandschutzplatte in der Abdeckung gewechselt.

14. Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der ausgewählten Glimmversuche sind in Tabelle 10 und jeweils in einem Diagramm, das den Glimmverlauf zeigt, zusammengefaßt. Die eingestellten Bedingungen wie Luftvolumenstrom und maximale Heiztemperatur sowie der Wassergehalt der einzelnen Proben sind auch der Tabelle 10 zu entnehmen.

- Hanfstroh, bituminiert

An Hanfstroh wurden mehrere Versuche durchgeführt, bei denen der Luftvolumenstrom und die Heiztemperatur verändert wurden.

Versuch 1 wurde mit voller Heizleistung über eine Zeit von 10 Minuten und 1000 l/h Lufteinstellung durchgeführt. Der Glimmprozeß setzte sofort ein. Die Temperatur am Heizstab reduzierte sich bis auf die Glimmtemperatur des Stoffes (etwa 500 °C). Nach etwa 2 Stunden wurde ein Temperaturanstieg in der zweiten Ebene über dem Heizstab registriert. Der Versuch verlief sehr lange auf gleichem Temperaturniveau. Die ersten 20 Stunden des Versuchs sind in Bild 22 dargestellt. Die Heizzeit und die Heiztemperatur wurden als zu groß eingeschätzt, da nach Heizen die Temperatur auf die Glimmtemperatur abkühlte. Bei diesen hohen Temperaturen wäre auf Dauer der Verschleiß der Apparatur zu groß gewesen.

Bei den weiteren Versuchen wurde deshalb die Heiztemperatur auf 650...680 °C reduziert und nach deren Erreichen 3 Minuten gehalten. Bei beiden Versuchen (Versuch 2 u. 3) setzte der Glimmprozeß mit einem ähnlichen Verlauf wie Versuch 1 ein (vergl. Bild 23 u. 24). Nach dieser Erkenntnis wurden die Versuche abgebrochen.

Weitere Versuche (Versuch 4...6) wurden bei einer Luftvolumeneinstellung von 1500 l/h und weiter herabgesetzten Heiztemperaturen durchgeführt. Die Heizzeit nach Erreichen der gewünschten Temperatur wurde auf 15 s reduziert.

Versuch 4 und 5 (Bild 25, 26; Foto 7,8) zeigen unabhängig von der Zündtemperatur einen sehr ähnlichen Verlauf. Bei Versuch 6 (Bild 27) reichte die Zündenergie nicht, um einen Glimmvorgang auszulösen.

- Zelluloseflocken, Baustoffklasse B2

An Zelluloseflocken B2 wurden drei Versuche durchgeführt. Bei den Heiztemperaturen von 400 °C und 380 °C (Bild 28, 29) wurde ein Glimmbrand gezündet. Versuch 8 verlief mit einer um fast 2 kg höheren Einwaage, was sich in der 4. bis 10. Stunde mit deutlich höheren Temperaturen (bis 780 °C) zeigt (Bild 29).

Versuch 9 wurde bei 350 °C beheizt. Es stellte sich kein Glimmbrand ein (Bild 30).

- Zelluloseflocken, Baustoffklasse B1

Zelluloseflocken der Baustoffklasse B1 wurden mit Einwaagen von 5 und 8 kg bei etwa gleichen Temperaturen und etwa gleichem Wassergehalt untersucht. Das Ergebnis zeigt, daß es bei der größeren Einwaage Heiztemperaturen von 455 °C (Versuch 10...12) zu keinem Glimmprozeß kam (Bild 31...33).

Bei den Versuchen mit 5 kg Einwaage (Versuch 13...15) zündeten die Flocken bei 450 °C und 393 °C (Bild 34, 35; Foto 9). Bei 341 °C kam es zu keiner Zündung (Bild 36; Foto 10). Diese Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß, daß die Schüttdichte die Entstehung eines Glimmbrandes beeinflußt.

- HWL-Platten, zementgebunden

An HWL-Platten wurden zwei Versuche durchgeführt. Ein Versuch wurde bei 400 °C (Versuch 17) durchgeführt, weil sich diese Temperatur als kritisch zeigte. Bei 400 °C konnte kein Glimmbrand gezündet werden (Bild 38).

In Versuch 16 wurde nachgewiesen, daß bei höheren Temperaturen (650 °C) auch HWL-Platten glimmen. Der Temperaturverlauf ist in Bild 37 dargestellt.

- Weichfaserdämmstoff

Weichfaserdämmstoff, als gut glimmendes Material bekannt, wurde bei ca. 650 °C bei einer Lufteinstellung von 1000 und 1500 l/h geprüft (Versuch 18,19). Die Ergebnisse liegen in den Bildern 39 u. 40 vor. Sie zeigen vom Niveau einen ähnlichen Verlauf. Bei 1000 l/h ist die Glimmggeschwindigkeit deutlich langsamer. Bei der Luftzuführung von 1000 l/h steigt die Temperatur in der Meßebebene unter dem Heizstab ab etwa der 55. Minute sehr schnell an. Der Glimmbrand breitet sich schneller entgegen der Luftströmung aus.

Mit den Versuchen 20 u. 21 wurde nach der Glimmgrenztemperatur gesucht. Bei 355 °C (Bilder 41, 42) war die Glimmgrenztemperatur noch nicht erreicht. Bei 321 °C trat kein Glimmen mehr auf (Versuch Nr. 21, Bild Nr. 43).

Bei Weichfaserdämmstoff verlief der Glimmprozeß bei fast allen Versuchen einseitig, wie auch aus den Fotos 11, 12 zu sehen ist.

- Phenolharz-Hartschaum

Phenolharz-Hartschaum ist ein Baustoff der Baustoffklasse A 2. In Versuch 24 konnte bis zu einer Heiztemperatur von 410 °C kein Glimmen nachgewiesen werden (Bild 46). Bei höheren Temperaturen (450 °C und 690 °C) kam dieser Stoff zum Glimmen (Bild 44, 45; Foto 13, 14).

- Holzwolle

An Holzwolle wurden die meisten Versuche durchgeführt. Die Glimmvorgänge liefen relativ schnell ab, so daß viele Experimente zum Zündregime, zum Luftvolumenstrom und zum Einfluß des Wassergehalts in kurzer Zeit möglich waren.

Die Versuche 26 und 27 zeigen den Einfluß der Feuchte. Die Holzwolle für Versuch 26 wurde im Wärmeschrank getrocknet. Der Glimmverlauf ist deutlich schneller als in Versuch 25 oder 27, was die Bilder 47...49 zeigen. Die Fotos 15 und 16 zeigen Versuch 26 nach Abbruch des Glimmbrandes. Es ist noch deutlich die Struktur der Holzwolle erkennbar. Bei den Versuchen 28... 33 wurde der Einfluß der Heiztemperatur untersucht. Bei 304 °C (Bild 55) wurde die Grenztemperatur zur Auslösung eines Glimmprozesses unterschritten, während 309 °C noch einen Glimmbrand auslösten (Bild 54).

- Torf

Der Versuch 34 (Bild 56) beschreibt den Versuchsverlauf bei 664 °C Heiztemperatur. Da das Material einen Wassergehalt von 33 % hatte, kam es zu keinem Glimmbrand.

- Holzbretter

An Brettern aus Nadelschnittholz wurden drei Glimmversuche bei Zündtemperaturen von 355 °C, 408 °C und 656 °C durchgeführt. Bei den Temperaturen von 355 und 408 °C konnte kein Glimmprozeß beobachtet werden. Nach Versuchsende zeigte sich nur eine bräunliche bis schwarze Verfärbung des Holzes unmittelbar an den Berührungsstellen mit dem Heizstab (Bild 57, 58). Bei einer Temperatur von 656 °C wurde ein Glimmbrand ausgelöst. Nach Heizen fiel die Temperatur des Heizstabes bis zur 35. bis 40. Minute auf etwa 400 °C ab. Im weiteren Verlauf wurde ein Temperaturanstieg registriert. In der Meßebene über dem Heizstab stieg die Temperatur von Heizbeginn an und erreichte nach 35 Minuten etwa 200 °C. Dann setzte ein langsamer kontinuierlicher Temperaturanstieg ein. In der Meßebene unter dem Heizstab setzte ab etwa der 40. Minute ein Temperaturanstieg ein, der bei Versuchsabbruch nach 280 Minuten ca. 700 °C erreichte. Aus der Temperaturentwicklung kann man schließen, daß der Glimmbrand sich zur Luftzuführung schneller ausbreitete (Bild 59). Nach Öffnen der Apparatur zeigt sich eine deutliche Verkohlung um den Heizstab und nach unten fast vollständig. Nach oben breitete sich der Glimmbrand an den Bretterlängsfugen aus (Foto 17).

- Spanplatten

An Spanplatten wurden ebenfalls drei Glimmversuche bei 355 °C, 416 °C und 650 °C durchgeführt. Bei keinem der Versuche konnte ein Glimmbrand beobachtet werden. Nach Öffnen der Apparatur wurde nur eine Verfärbung an den Berührungsflächen mit dem Heizstab festgestellt.

15. Auswertung der Versuchsergebnisse

Die vorstehend angeführten Ergebnisse der 40 Versuche und die Ergebnisse weiterer Versuche, die nicht Gegenstand dieses Berichtes sind, haben zu Ergebnissen geführt, die sich folgend zusammenfassen lassen:

- Die niedrigste Temperatur, bei der ein Glimmbrand ausgelöst werden kann, nimmt unter sonst gleichen Bedingungen mit steigender brandtechnischer Qualität des Materials zu. So zündeten z. B. Stoffe der Baustoffklasse B 2 unter den gewählten Lüftungsbedingungen schon bei 350 °C, während bei B 1-Produkten wenigstens 400 °C erforderlich waren.

- Nach der Zündung des Materials besitzt die Belüftung den dominierenden Einfluß auf die Intensität des weiteren Ablaufes und damit die Ausbreitung des Glimmbrandes. Der Prozeß kann bei fehlender oder sehr geringer Belüftung eigenständig verlöschen; er aktiviert sich mit steigendem Luftvolumenstrom, wenn von der Möglichkeit einer Kühlwirkung bei größeren Volumenströmen abgesehen wird. (ein solcher Einfluß wurde bei diesen Versuchen in keinem Fall beobachtet.)
- Die Einflüsse von Feuchtigkeit, Materialdichte und Stopfdichte werden in allen Fällen physikalisch vernünftig durch die Abläufe der Glimmbrände zum Ausdruck gebracht.
- Differenzen in den Abläufen bei Wiederholungsversuchen oder Versuche unter ähnlichen Bedingungen führten in keinem Fall zu Widersprüchen und waren immer erklärbar, z. B. durch das teilweise Überschwingen der Temperatur am Heizstab nach dessen Abschalten von der elektrischen Heizspannung. (Dieser Effekt wurde später beseitigt; er stand im Zusammenhang mit einer unsymmetrischen Heizdrahtwicklung im Heizstab.)

Auf Grund dieser in zahlreichen Versuchen bestätigten positiven Erfahrungen festigte sich ein positives Urteil zu diesem Kammerprüfverfahren. Dieses Urteil war auch deshalb begründet, weil die Ergebnisse im Vergleich zu den Ergebnissen, die mit dem kanadischen und britischen Verfahren erhalten wurden, real und erfahrungskonform waren. Mit dem Abschluß dieser Versuche war jedoch noch kein Nachweis für den Streubereich des Kammerverfahrens bei Verwendung mehrerer Prüfgeräte und die Mitwirkung weiterer Versuchsteilnehmer erbracht. Dazu bedurfte es mehrerer Geräte und größerer Versuchsmaterialmassen, die im Rahmen dieses Vorhabens nicht zu realisieren waren.

16. Empfehlung für die Fortsetzung der Untersuchungen

Auf der Basis dieser Untersuchungsergebnisse wird empfohlen:

Durchführung eines Ringversuches mit mehreren Versuchsteilnehmern, denen jeweils ein Gerät und Materialien aus gleichen Chargen zur Verfügung gestellt werden sollten.

Das erprobte Geräteprinzip sollte beibehalten werden, jedoch mit

- **größerer Kammertiefe**
- **größerer Thermoelementdichte**
- **verbesserter Temperaturregelung.**



Dr.-Ing. Rösler
Abteilungsleiter



Dr.-Ing. Rönn
Referatsleiter
Baustoffe



Dr.-Ing. Jank
Wiss. Mitarbeiter

Literaturverzeichnis

- [1] DIN 4102
- [2] Begriffe in Anlehnung an ISO 3261 (1975): Fire Tests - Vocabulary;
DIN E 50060: Brennverhalten von Werkstoffen und Erzeugnissen -
Begriffe (02.81)
- [3] Hölemann, H.:
Schwel- und Glimmversuche an Baustoffen;
Der Sachverständige 10.85, S. 256ff
- [4] Hölemann, H., Worpenberg, R., Schmeja B., Eichenberg, J.:
Untersuchungen zur Zündung von Bränden, insbesondere Schwel- und
Glimmbränden durch glühende Partikel, Abschlußbericht über ein von
der Stiftung Volkswagenwerk gefördertes und in der Universität -
Gesamthochschule Wuppertal, Fachbereich Sicherheitstechnik,
Fachgebiet Brand- und Explosionsschutz durchgeführtes
Forschungsvorhaben, Wuppertal 1988
- [5] Lexikon Brandschutz
Staatsverlag der DDR, Berlin 1980
- [6] Schwartz, E. v.:
Handbuch der Feuer- und Explosionsgefahr
Feuerschutzverlag München, Schwann Düsseldorf 1964
- [7] Troitzsch, J.:
Brandverhalten von Kunststoffen
Carl Hanser Verlag München Wien 1981
- [8] Thomé-Kozmiensky, K.J.:
Pyrolyse von Abfällen
EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH
Berlin 1985
- [9] Becker, W.:
Zusammenstellung unveröffentlichter Materialien, Protokollauszügen
und Vorschriften, die im Sachverständigenausschuß PA-III
Brandverhalten von Baustoffen seit 1980 diskutiert wurden
- [10] Bussenius, S.:
Brand- und Explosionsschutz in der Industrie
Staatsverlag der DDR, Berlin 1989
- [11] Labor- Verbrauchsmaterial-Katalog 1992
LHU Labor-Handelsunion GmbH & Co. Meckenheim
- [12] Schreiner,
Persönliche Mitteilung
- [13] Schwürzer, H.:
Brände durch menschliches Fehlverhalten beim Schweißen und Brennschneiden;
Der Maschinenschaden 48 (1975), H. 1, S. 1 - 9
- [14] Hölemann, H.:
Untersuchungen von Bränden durch Schweißarbeiten
9. Brandschutzseminar der Sachversicherer, Köln 1982

ANLAGEN

ANLAGE 1: Tabellen 1 ... 10

ANLAGE 2: Abbildungen 1 ... 62

ANLAGE 3: Fotos 1 ... 16

ANLAGE 1

Tabelle 1

Pyrolytische Zersetzung von organischen Materialien in Abhängigkeit von der Temperatur /8/

Temperatur	Physikalische Vorgänge und chemische Reaktionen
100 bis 120 °C	Thermische Trocknung, physikalische Wasserabspaltung
ab 250 °C	Desoxidation, Desulfurierung; Abspaltung von Konstitutionswasser und Kohlendioxid, Depolymerisation, Beginn der Abspaltung von Schwefelwasserstoff
ab 340 °C	Bindungsaufbruch aliphatischer Bindungen, Beginn der Abtrennung von Methan und anderen Aliphaten
ab 380 °C	Carburierungsphase (Anreicherung des Schwelgutes an Kohlenstoff)
ab 400 °C	Bindungsaufbruch der Kohlenstoff-Sauerstoff- und Kohlenstoff-Stickstoff-Bindungen Umwandlung des Bitumenstoffes in Schwelöl bzw. Schwelteer
>600 °C	Crackung von Bitumenstoffen zu wärmebeständigeren Stoffen (gasförmige kurzkettige Kohlenwasserstoffe), Entstehung von Aromaten (Benzolderivaten)

Tabelle 2

Zusammenstellung von Prüfverfahren zur Bestimmung der Glimmneigung verschiedener Stoffe

NR.	NORM/ VERFAHREN	BEZEICHNUNG DES PRÜFVERFAHRENS	ANWENDUNGS- LAND	ANWENDUNGS- BEREICH	QUELLE
1	DIN 4102 und Prüfgrundsätze für schwerentflammbare Baustoffe	Brandschachtprüfung	Deutschland	Baustoffe	
2	DIN 4102 und Prüfgrundsätze für nichtbrennbare Baustoffe	Brandschachtprüfung, Prüfung im Nichtbrennbarkeitsofen	Deutschland	Baustoffe	
3	BS 5803: Part 4: 1985	Kleinbrandversuch und Glimmbrandversuch	Großbritannien	lose eingefüllte Dämm- und Schüttstoffe	
4	ULC Subject C723(s)-1979	Kleinbrandversuch und Glimmbrandversuch	Kanada	lose Cellulosefaser-Dämmstoffe	
5	Versuchsapparatur der Bergischen Universität/ Gesamthochschule Wuppertal	Glimmbrandversuch	Deutschland	Baustoffe	/ 3 /
6	Technical Information Bulletin 117, Bureau of Home Furnishings	verschiedene Kleinbrand- und Glimmbrandversuche	Kalifornien, USA	Polstermaterialien	/ 7 /
7	BS 5852: Part 1: 1979	Kleinbrandversuch und Glimmbrandversuch	Großbritannien	Polstermöbel	/ 7 /
8	DOE/PSA Fire Retardant Specifications No. 3 ... No. 6	Kleinbrand und Glimmbrandversuche an Polstermaterialien und ganzen Möbelstücken in speziellen Prüfräumen	Großbritannien	Polstermaterialien und Polstermöbel	/ 7 /
9	Prüfverfahren des UFAC (The Upholstered Furniture Council)	Glimmbrandversuch	USA	Polstermaterialien	/ 7 /
10	DOC FF 4 -72 Mattresses	Glimmbrandversuch	USA, Kanada	Matratzen	/ 7 /
11	PFF 6-76. Part 1633. 1976	Glimmbrandversuch	USA	Polstermöbel	/ 7 /
12	"Heißnietversuch", Schiffsbau	Glimmbrandversuch	Deutschland	nichtbrennbare Baustoffe	/ 3 /
13	NT Fire 035 A. 1988/02	Kleinbrandversuch und Glimmbrandversuch	Nordische Länder	lose eingefüllte Dämm- und Schüttstoffe	
14	HH-I-515D	Radiant Panel Test Glimmbrandversuch	USA	eingeblassene oder geschüttete Dämmstoffe aus Cellulose oder Holzfasern	
15	DD 58, 1978	Kleinbrandversuch und Glimmbrandversuch	Großbritannien	Polstermöbel	/ 7 /

Tabelle 3
Übersicht wesentlicher Merkmale der Prüfverfahren

NR.	PRÜFKÖRPERGRÖSSE JE EINZELVERSUCH	PRÜFKÖRPERANORDNUNG	ZÜNDQUELLE(N)	BEWERTUNGSKRITERIEN
1,2 BS	4 Stck. 1000 mm x 190 mm x Anwendungsdicke < 80 mm	senkrechter Plattenschlot, Flächenbeflammung unten	Brandschachtbrenner 200 mm x 200 mm, 8 Düsen Ø 3,5 mm je Seite 35 l/min Methan, 17,5 l/min Luft	Restlänge, Rauchgastemperatur, Flammenhöhe, brennendes Abfallen und Abtropfen, Nachbrennen, Nachglimmen
2,Ofen	40 mm x 40 mm x 50 mm	im Nichtbrennbarkeitsofen hängend	glühende Ofenwand	unter anderem Glimm- erscheinungen
3, KBV	300 mm x 300 mm x 100 mm	waagrecht, Zündquelle auf dem Prüfkörper stehend	Krippe aus 10 Fichtenholzstäben, je 6,5 mm x 6,5 mm x 40 mm 8,5 g ± 0,5 g	Schädigung der Holzteile des Prüfkörperhalters, Beobachtung der Brandausbreitung und der Schädigung im Innern
3,GBV	300 mm x 375 mm x 100 mm	waagrecht, Zündquelle im Innern des Prüfkörpers	Metallzylinder, 445 °C heiß, Ø 50 mm, 50 mm hoch	Schädigungsstrecke im Innern, Beobachtung von Glimm- und Flammenbranderscheinungen an der Oberfläche und im Innern
4,KBV	155 mm x 460 mm x 74 mm ca. 175 g	hängend, 30° zur Waagerechten geneigt, Beflammung der Unterseite nahe der Unterkante,	Bunsenbrenner, Austrittsöffnung Ø 9,5 mm, 280 mm Flammenlänge, 300 s Beflammungsdauer	Masseverlust nach der Beflammung
4,GBV		zusätzlich in Mineralfaserpapier nach der Beflammung eingewickelt		zusätzlich Masseverlust nach dem Glimmbrand
5,GBV	1000 mm x 500 mm x Anwendungsdicke	jede Neigung, vorzugsweise vertikal, Zündquelle im Innern unten bzw. einseitig	Glühwendel im Material eingebettet, 975 ... 1150 °C	Registrierung der Ausbreitung eines Glimmbrandes durch Temperaturmessung
6,KBV - 1.	305 mm x 76 mm x 12,7 mm	senkrecht, Beflammung der Unterkante	Bunsenbrenner, Austrittsöffnung Ø 10 mm, 40 mm Flammenlänge, 60 s oder 12 s Beflammungsdauer	Schädigungslänge, Nachbrennzeit, Nachglimmzeit
6,KBV - 2.	330 mm x 330 mm (Kissen)	waagrecht, von unten beflammt	Bunsenbrenner, 38 mm Flammenlänge, 12 s Beflammungsdauer	Masseverlust
6,KBV - 3.	203 mm x 203 mm x 76 mm	waagrecht, Zündquelle auf den Prüfkörper gelegt	Methenamin-Tablette	Masseverlust
6,KBV - 4	152 mm x 76 mm	45° zur Waagerechten geneigt, Beflammung nahe der Unterkante	Bunsenbrenner, 16 mm Flammenlänge, Beflammungsdauer 5 s	Flammenausbreitungs- geschwindigkeit

Tabelle 3 Fortsetzung

NR.	PRÜFKÖRPERGRÖSSE JE EINZELVERSUCH	PRÜFKÖRPERANORDNUNG	ZÜNDQUELLE(N)	BEWERTUNGSKRITERIEN
6,GBV - 1	305 mm x 305 mm	waagrecht, Zündquelle auf dem Prüfkörper liegend	glimmende Zigarette	Ausmaß der Schädigung
6,GBV - 2		waagrecht, Zündquelle auf dem Prüfkörper liegend, abgedeckt		
6,GBV - 3	senkrecht: 184 mm x 203 mm x 51 mm waagrecht: 203 mm x 101 mm x 51 mm	im rechten Winkel zusammengesetzt (Sitz/Lehne), Zündquelle in Kontakt mit beiden Teilen, abgedeckt	glimmende Zigarette ohne Filter, 1,1 g ± 0,1 g, 85 ± 2 mm lang	Ausmaß der Schädigung
7,KBV	senkrecht: 450 mm x 300 mm x 75 mm waagrecht: 450 mm x 150 mm x 75 mm	im rechten Winkel zusammengesetzt (Sitz/Lehne), Zündquelle wirkt seitlich	Bunsenbrenner, Austrittsöffnung Ø 6,5 mm *), 35 mm Flammenlänge, 20 s Beflammungsdauer	Nachbrennen, Nachglimmen über eine festgelegte Zeit hinaus
7,GBV		im rechten Winkel zusammengesetzt (Sitz/Lehne), Zündquelle in Kontakt mit beiden Teilen	glimmende Zigarette, 68 mm lang, Ø 8 mm, 1 g	Selbständiges Nachglimmen oder Nachbrennen über eine festgelegte Zeit hinaus
8 - No. 3, KBV	300 mm x 300 mm x 75 mm	senkrecht, Kantenbeflammung, 30 mm/10 mm Abstand	Bunsenbrenner, Holzkrippen, Streichholz	Nachbrennen, Nachglimmen, Rauchentwicklung über eine festgelegte Zeit hinaus
8 - No. 3, GBV		senkrecht, Zündquelle auf die obere Fläche aufgelegt	Zigarette	
8 - No. 4	senkrecht: 450 mm x 600 mm waagrecht: 450 mm x 300 mm	im rechten Winkel zusammengesetzt (Sitz/Lehne)	verschiedene	Vorprüfung für Versuche im Originalmaßstab
	450 mm x 450 mm x Anwendungsdicke	waagrecht		
8 - No. 5;6	Originalgröße (Matratzen, Bettzeug, Sitzmöbel)	praxisentsprechend, verschiedene Zündquellen an Zündorten mit großem Risiko, Brandraum mit Wohnraumabmessungen		
9,GBV - 1	senkrecht: 203 mm x 203 mm x 51 mm waagrecht: 203 mm x 127 mm x 51 mm	im rechten Winkel zusammengesetzt (Sitz/Lehne), Zündquelle in Kontakt mit beiden Teilen, abgedeckt	glimmende Zigarette ohne Filter, 1,1 g ± 0,2 g, 85 ± 2 mm lang	Ausmaß der Schädigung
9,GBV - 2	406 mm x 216 mm	waagrecht, mehrere Zündquellen aufgelegt und abgedeckt		
10,GBV	Originalgröße (Matratzen)	waagrecht, mehrere Zündquellen aufgelegt, offen und abgedeckt	glimmende Zigarette ohne Filter, 1,1 g ± 0,1 g, 85 ± 2 mm lang	Ausmaß der Schädigung
11	ähnlich 6			
12		Zündquelle mittig im Prüfkörper	glühender Metallzylinder Ø 30 mm, 36 mm hoch, 900 °C	Flammen, Glimmbrand, gemessene Temperaturdifferenzen

Tabelle 3 Fortsetzung

NR.	PRÜFKÖRPERGRÖSSE JE EINZELVERSUCH	PRÜFKÖRPERANORDNUNG	ZÜNDQUELLE(N)	BEWERTUNGSKRITERIEN
13,KBV	300 mm x 500 mm x 100 mm	waagrecht, Zündquelle auf dem Prüfkörper stehend	Krippe aus 10 Fichtenholzstäben, je 6,5 mm x 6,5 mm x 40 mm 8,5 g ± 0,5 g	Schädigung der Holzteile des Prüfkörperhalters, Beobachtung der Brandausbreitung und der Schädigung im Innern
13,GBV		waagrecht, Zündquelle im Innern des Prüfkörpers	Metallzylinder, 445 °C heiß, Ø 50 mm, 50 mm hoch	Schädigungsstrecke im Innern, Beobachtung von Glimm- und Flammenbrandscheinungen an der Oberfläche und im Innern
14,RPT	1036 mm x 270 mm x 50 mm	waagrecht, entsprechend der üblichen Anordnung	Strahler, Zündflamme	Schädigungsstrecke
14,GBV	200 mm x 200 mm x 100 mm	waagrecht, Zündquelle auf dem Prüfkörper	glimmende Zigarette ohne Filter, 85 ± 2 mm lang, 1,1 g ± 0,1 g, 0,270 g/cm ³ ± 0,020g/cm ³	
15,KBV	senkrecht: 500 mm x 500 mm waagrecht: 500 mm x 500 mm	im rechten Winkel zusammengesetzt (Sitz/Lehne),	Bunsenbrenner, Holzkrippen 8,5 g, 17 g, 63 g, 126 g	
15,GBV			glimmende Zigarette	

Verwendete Abkürzungen:

- BS - Brandschachtprüfung
- GBV - Glimmbrandversuch
- KBV - Kleinbrandversuch
- RPT - Radiant Panel Test

*) s. Anlage

Tabelle 4
 Prüfkörperanordnung und Relation zur Zündquelle

PRÜFVER- FAHREN NR.	PRÜFKÖRPERANORDNUNG				BEFLAMMUNG			ZÜNDQUELLE		
	WAAGE- RECHT	SENK- RECHT	GENEIGT	OMBINIER	KANTE	FLÄCHE	KEHLE	OBER- HALB	UNTER- HALB	EINGE- BETTET
1,2 BS		X				X		-	-	-
3, KBV	X					X		X		
3, GBV	X									X
4			X			X			X	
5	X	X	X							X
6, KBV - 1.		X			X				X	
6, KBV - 2.	X					X			X	
6, KBV - 3.	X					X		X		
6, KBV - 4.			X		X				X	
6, GBV - 1.,2.	X					X		X		
6, GBV - 3.	O	O		X			X	O		
7, KBV	O	O		X		X		-	-	-
7, GBV	O	O		X			X	O		
8 - NO. 3		X			X				X	
8 - NO. 3	X					X		X		
8 - NO. 4	O	O		X	-	-	-	-	-	-
8 - NO. 5,6	X				-	-	-	-	-	
9, GBV - 1.	O	O		X			X	O		
9, GBV - 2.	X					X		X		
10	X					X		X		
12	-	-	-	-	-	-	-			X
13, KBV	X					X		X		
13, GBV	X									X
14, GBV	X					X		X		
15,KBV	O	O		X		X		(X)		
15, GBV	O	O		X		X		X		

X - ZUTREFFEND
 O - TEILWEISE ZUTREFFEND
 - - ZUORDNUNG NICHT MÖGLICH

BS - BRANDSCHACHTPRÜFUNG
 GBV - GLIMMBRANDVERSUCH
 KBV - KLEINBRANDVERSUCH

Tabelle 5
Verwendete Versuchsmaterialien

BEZEICHNUNG	ROHDICHTE IN kg/m ³	BAUSTOFFKLASSE DIN 4102
PHENOLHARZ-HARTSCHAUM	61,08	B2
WEICHFASER-DÄMMPLATTEN	248,63	B2
KORKPLATTEN	166,75	B2
HANFSTROH	171,67	B2
HOLZWOLLE	35,43	B3
SPANPLATTEN	717,94	B2

Tabelle 6
Prüfergebnisse ULC-Verfahren

Material	Prüfkörper- Nr.	Prüfdatum	Prüfbedingungen		Einwaage in g	Masse nach der Trocknung in g	Feuchtegehalt in %
			Raum-Temp.	Flamm.-Temp.			
Weichfaser- Dämmplatten	1	23.07.1992	23 °C	857 °C	259,93	245,75	5,46
	2	23.07.1992			257,59	243,14	5,61
	3	23.07.1992			262,27	247,79	5,52
Spanplatten	1	17.08.1992	24 °C	837 °C	594,81	566,44	4,77
	2	17.08.1992			594,18	565,42	4,84
	3	17.08.1992			601,92	564,42	6,23
Phenolharz- Hartschaum	1	01.10.1992	20 °C	848 °C	386,38	384,44	0,50
	2	01.10.1992			384,22	378,48	1,49
	3	01.10.1992			392,16	384,44	1,97
Hanfstroh	1	30.09.1992	19 °C	851 °C	393,50	376,00	4,45
	2	30.09.1992			378,39	361,09	4,57
	3	30.09.1992			403,49	380,79	5,63
Korkplatten	1	01.10.1992	18 °C	848 °C	116,64	112,18	3,82
	2	01.10.1992			115,45	110,81	4,02
	3	01.10.1992			114,94	110,36	3,98
Holzwolle	1	18.08.1992		857 °C	192,57	177,02	8,07
	2	18.08.1992			204,91	187,29	8,60
	3	18.08.1992			206,59	190,39	7,84

Tabelle 6 Fortsetzung
Prüfergebnisse ULC-Verfahren

Material	Prüfkörper- Nr.	Masse nach der Beflammung (Versuchs)		Masse nach Abkühlen (eingewickelt)		Bemerkungen
		in g	in % (Masseverlust)	in g	in % (Masseverlust)	
Weichfaser- Dämmplatten	1	nicht gewogen	~ 100			Das Material entflammt wenige Sekunden nach Versuchsbeginn, brennt nach Beendigung der Beflammung selbständig weiter und verbrennt vollständig.
	2	nicht gewogen	~ 100			
	3	nicht gewogen	~ 100			
Spanplatten	1	493,84	12,82	nicht gewogen	~ 100	In jedem Versuch konnten nach ca. 90 s Flammen an der Unterseite und der Oberseite der Proben beobachtet werden. Das Material brannte selbständig nach der Beflammung weiter. Die Flammen wurden ausgeblasen.
	2	516,42	8,67	nicht gewogen	~ 100	
	3	484,38	14,18	nicht gewogen	~ 100	
Phenolharz- Hartschaum	1	377,59	1,78	377,78	1,73	geringe Rauchentwicklung, keine Flammen, Material verkrackt und reißt an der Unterseite, außerhalb des geschädigten Bereichs Verfärbungen
	2	375,21	0,86	375,39	0,82	
	3	381,17	0,85	381,44	0,78	
Hanfstroh	1	360,80	4,04	361,60	3,83 **)	Material ist durch die Maschen des Prüfkorb gefallen. Deswegen wurde der Korb mit feinmaschigerem Material ausgelegt. Starke Rauchentwicklung nach 30 s Beflammungsdauer, Flammen sehr geringer Intensität ab der 80. s, die nach 30 s wieder verlöschen. Rauch stetig nachlassend
	2	343,89	4,76	343,59	4,85 **)	
	3	362,69	4,75	361,09	5,17 **)	
Korkplatten	1	101,94	9,13			Material entflammt sofort mit mäßiger Rauchbildung, nach 120 s verlöschen die Flammen, verstärkte Rauch- bildung, Glimmen (Glühen) im Einwirkungsbereich der Flamme, Verwölbung des verkohlten Materials, Rauch läßt während der Abkühlung nach, ab der 10. min nach Versuchsbeginn keine Branderscheinungen
	2	84,13 *)	24,08 *)			
	3	101,72	7,83			
Holzwolle	1	2,27	98,72			Material entflammt und brennt auch nach Beendigung der Beflammung weiter. Es verbrennt nahezu rückstandslos
	2	nicht gewogen	~ 100			
	3	nicht gewogen	~ 100			

*) Korkteile während der Beflammung abgefallen

***) Material nimmt Luftfeuchtigkeit auf

Tabelle 7

Prüfergebnisse BSI-Verfahren - Kleinbrandversuch

Material	Prüfkörper-Nr.	Prüfdatum	Prüfraum-Temp.	Einwaage in g	Brenndauer der Krippe in s	Schädigungen in mm			Bemerkungen
						in x-Richtung	in y-Richtung	in z-Richtung	
Weichfaser-Dämmplatte	1	19.11.1992	19 °C	2250,8	335	300	300	100	nach 15 s entflammen die Proben, nach 50 bis 70 s verlöschen sie wieder, in der 3. min brennen die Proben erneut bis zum Verlöschen der Krippen, starke Rauchentwicklung setzt ein, Glimmnester deutlich sichtbar, restloses Verglimmen der Proben
	2	19.11.1992	20 °C	2248,7	355	300	300	100	
	3	19.11.1992	20 °C	2251,3	425	300	300	100	
Spanplatten	1	19.11.1992	19 °C	6482,4	330	30	40	<5	keine Branderscheinungen auf der Probe wahrnehmbar
	2	19.11.1992	19 °C	6495,1	340	25	40	<5	
	3	19.11.1992	19 °C	6488,7	310	30	40	<5	
Phenolharz-Hartschaum	1	13.11.1992	18 °C	549,2	300	60	60	15	keine Branderscheinungen auf der Probe wahrnehmbar
	2	13.11.1992	20 °C	550,1	275	60	60	15	
	3	13.11.1992	20 °C	549,2	265	60	60	15	
Hanfstroh	1	13.11.1992	20 °C	1545,3	305	110	110	15	zwischen der 3. min und der 5. min neben der Krippe auf der Oberfläche der Probe Flammen, 10 mm hoch, ab der 6. min kräftige Rauchentwicklung, die wieder nachläßt und zwischen der 9. und 10 min beendet ist
	2	13.11.1992	20 °C	1478,7	330	100	100	10	
	3	13.11.1992	20 °C	1582,6	330	110	100	15	
Korkplatten	1	13.08.1992	24 °C	1485,1	355	85	80	5	Proben entflammen über einen Zeitraum von 20 bis 30 s während dem Abbrand der Krippen, Flammenhöhe 20 mm über der Probe, nach Verlöschen der Krippe Glimmnester an der Oberfläche und kräftige Rauchentwicklung, die nachläßt und in der 9. min endet
	2	17.11.1992	20 °C	1484,2	285	95	85	5	
	3	17.11.1992	20 °C	1484,4	365	110	90	5	
Holzwohle	1	25.11.1992	19 °C	318,9	-	300	300	-	entflammt sofort, erreicht nach 28 s bzw. 31 s den Rand, Versuche wurden durch Ablöschen beendet
	2	25.11.1992	19 °C	325,6	-	300	300	-	

Tabelle 8

Prüfergebnisse BSI-Verfahren - Glimmbrandversuch

Material	Prüfkörper-Nr.	Prüfdatum	Prüfbedingungen Raum-Temp.	Einwaage in g	Schädigung in mm		Bemerkungen
					x-Richtung	y-Richtung	
Weichfaser-Dämmplatten	1	13.08.1992	24 °C	2772,70	55	55	nach 75 s kaum bemerkbare Rauchentwicklung
	2	09.10.1992	18 °C	2773,50	55	55	nach 43 min abgebrochen, da keine Branderscheinungen beobachtet wurden konnten
	3	09.10.1992	18 °C	2768,60	55	55	
Spanplatten	1	23.11.1992	18 °C	8006,40	55	55	in der 1. min kaum wahrnehmbar Rauch
	2	23.11.1992	19 °C	8020,20	55	55	
	3	23.11.1992	19 °C	7978,30	55	55	
Phenolharz-Hartschaum	1	13.11.1992	20 °C	681,20	80	80	nach 2 min leichte Rauchentwicklung
	2	13.11.1992	20 °C	688,20	80	85	auffällige Verfärbungen (siehe Foto)
	3	13.11.1992	20 °C	680,10	85	75	
Hanfstroh	1	13.08.1992	24 °C	1970,50	90	100	nach ca. 2 min leichte Rauchentwicklung im Bereich des Gewichtes, bis zur 15. min
	2	21.10.1992	19 °C	1914,40	95	95	zunehmend; nach 45 min kein Rauch mehr, nach ca. 6 min Farbänderung
	3	21.10.1992	19 °C	1903,60	95	90	des Probenmaterials über dem Gewicht (erweichendes Bitumen?)
Korkplatten	1	17.11.1992	20 °C	1864,60	70	70	von der 1. bis zur 7. ... 9. min leichter Rauch
	2	17.11.1992	20 °C	1868,80	70	70	
	3	17.11.1992	20 °C	1859,60	70	70	
Holzwole	1	22.10.1992	21 °C	374,30	70	70	in den ersten 2 min intensive Rauchbildung, dann kontinuierliche Abnahme
	2	22.10.1992	21 °C	396,90	70	70	der Rauchintensität, ab 11. min kein Rauch mehr
	3	22.10.1992	21 °C	354,80	70	70	

Tabelle 9

Klassifizierung der Versuchsmaterialien nach ULC- und BSI-Verfahren

Material	Baustoff- klasse	ULC - Verfahren			BSI - Verfahren		
		Kleinbrand	Glimmbrand	Bewertung	Kleinbrand	Glimmbrand	Bewertung
Weichfaser-Dämmplatten	B2	verbrannt	verbrannt	nicht bestanden	verglimmt	bestanden	nicht bestanden
Spanplatten	B2	Flammenbildung	verglimmt	nicht bestanden	bestanden	bestanden	bestanden
Phenolharz-Hartschaum	B2	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden
Hanfstroh	B2	Flammenbildung	kein Glimmen	nicht bestanden	bestanden	bestanden	bestanden
Korkplatten	B2	Flammenbildung	Flammenbildung	nicht bestanden	bestanden	bestanden	bestanden
Holzwohle	B3	verbrannt	verbrannt	nicht bestanden	verbrannt	bestanden	nicht bestanden

Tabelle 10: Zusammenstellung einer Auswahl von Glimmversuchen

Versuchs-Nr.	Baustoff	max. Heiztemperatur °C	Luftdurchsatz l/h	Einwaage kg	Wassergehalt %	Glimmverlauf Bild-Nr.	geglimmt	
1	bituminiertes Hanfstroh	1015 (10 min)	1000	15	Anlieferzust.	22	ja	
2		680	1000	15	Anlieferzust.	23	ja	
3		657	1000	15	Anlieferzust.	24	ja	
4		450	1500	15,4	Anlieferzust.	25	ja	
5		368	1500	14,4	6	26	ja	
6		336	1500	14,4	6	27	nein	
7	Zelluloseflocken B2	400	1500	5,1	8	28	ja	
8		380	1500	7	7,6	29	ja	
9		350	1500	5,1	7,6	30	nein	
10	Zelluloseflocken B1	455	1500	8	13,6	31	nein	
11		395	1500	8	12	32	nein	
12		359	1500	8	11	33	nein	
13		450	1500	5	11,8	34	ja	
14		393	1500	5	13	35	ja	
15		341	1500	5	13,3	36	nein	
16	HWL-Platten	652	1500		lufttrocken	37	ja	
17		399	1500		lufttrocken	38	nein	
18	Weichfaser- dämmstoff	641	1000		7...8	39	ja	
19		685	1500		8	40	ja	
20		190 Minuten	355	1500		8	41	ja
20		23 Stunden	355	1500		8	42	ja
21		321	1500		8	43	nein	
22	PF-Hartschaum Dichte: 60 kg/m ³	690	1500	6	Ausgleichsf.	44	ja	
23		450	1500	6	Ausgleichsf.	45	ja	
24		410	1500	6	Ausgleichsf.	46	nein	

Tabelle 10: Fortsetzung

Versuchs- Nr.	Baustoff	max. Heiztemperatur °C	Luftdurchsatz l/h **	Einwaage kg	Wassergehalt %	Glimmverlauf Bild-Nr.	geglimmt
25	Holzwolle	671	1000	3	6...10	47	ja
26		665	1000	3	3...4 getro.	48	ja
27		680	1000	3	16...17	49	ja
28		650	1500	3	9...12	50	ja
29		650	1500	3	13...14	51	ja
30		400	1500	3	klimat. Ausgl.	52	ja
31		356	1500	3	10	53	ja
32		309	1500	3	10	54	ja
33		304	1500	3,1	10	55	nein
34	Torf	664	1000	-	33	56	nein
35	Nadelholzbretter	355	1500	-	13,9	57	nein
36	Nadelholzbretter	408	1500	-	13,9	58	nein
37	Nadelholzbretter	656	1500	-	13,9	59	ja
38	Spanplatten	355	1500	-	7,3	60	nein
39	Spanplatten	416	1500	-	7,3	61	nein
40	Spanplatten	650	1500	-	7,3	62	nein

** Siehe Abschnitt 2.4

ANLAGE 2

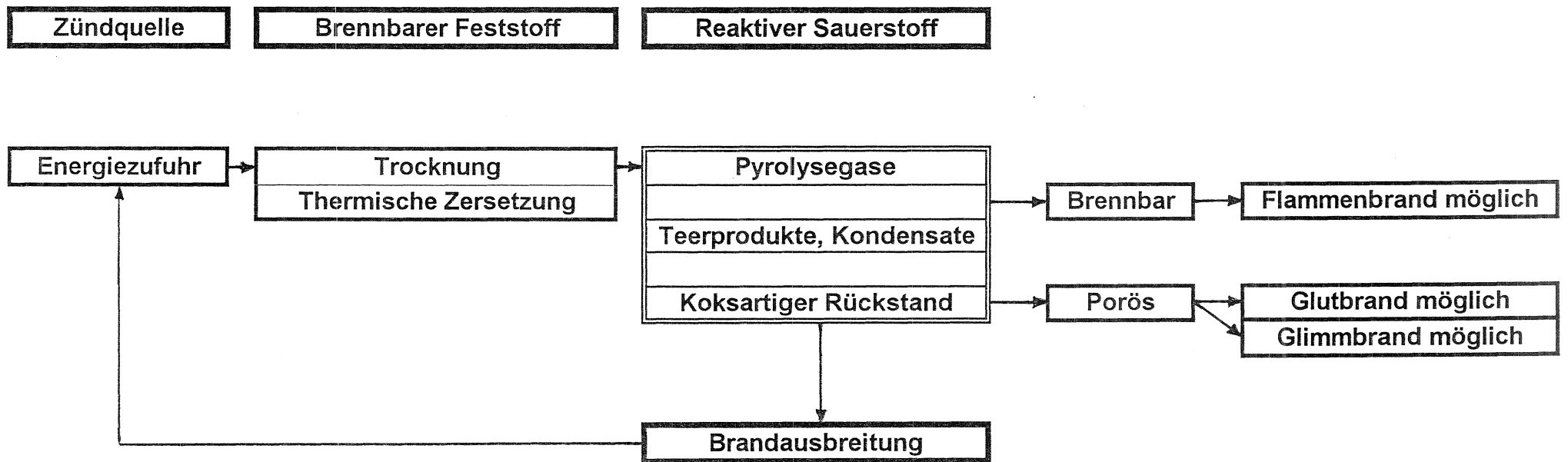
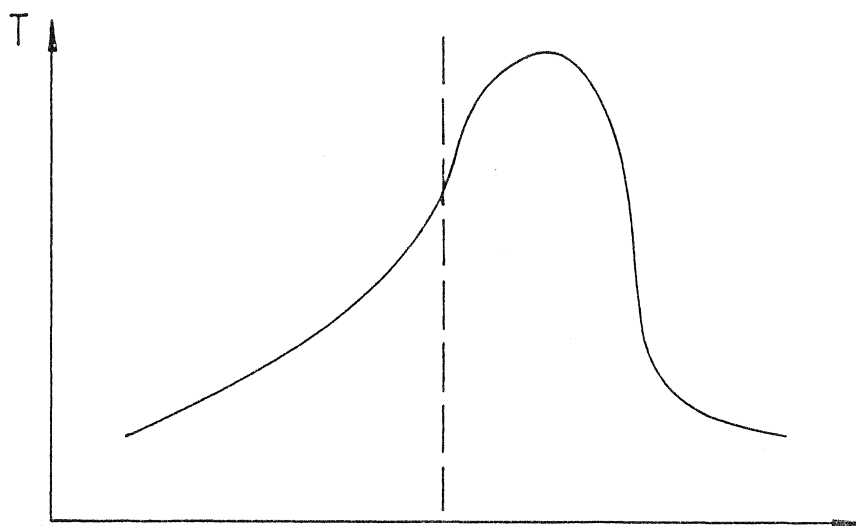
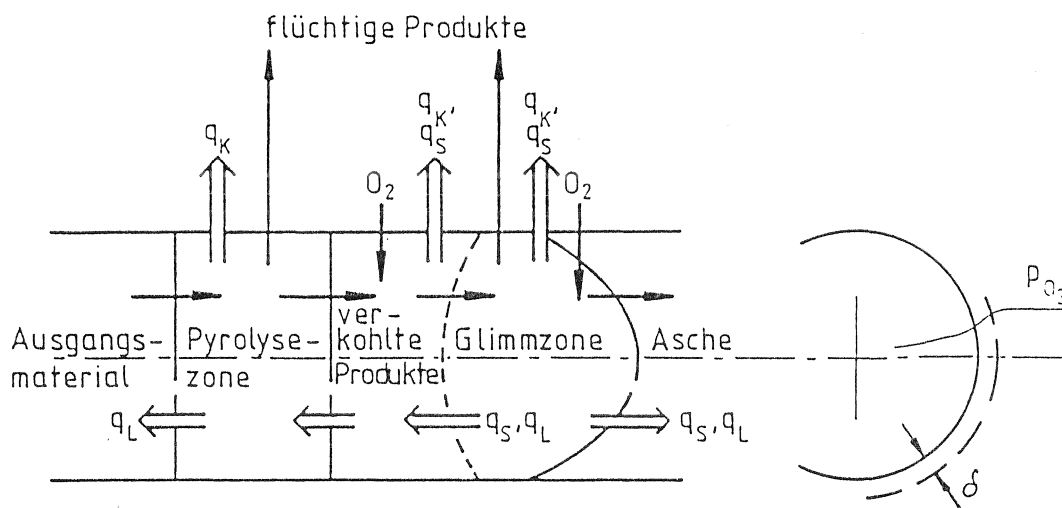


Bild 1
Brandformen, schematisch



⇒⇒⇒ Wärmetransport durch Strahlung q_s , Konvektion q_k , Wärmeleitung q_L

→ Stofftransport

p_{O_2} : Sauerstoffpartialdruck

δ : Dicke der (hypothetischen) Grenzschicht

Bild 2
Phasen eines sich ausbreitenden Glimmbrandes am Beispiel einer stabförmigen Probe (aus /4/)

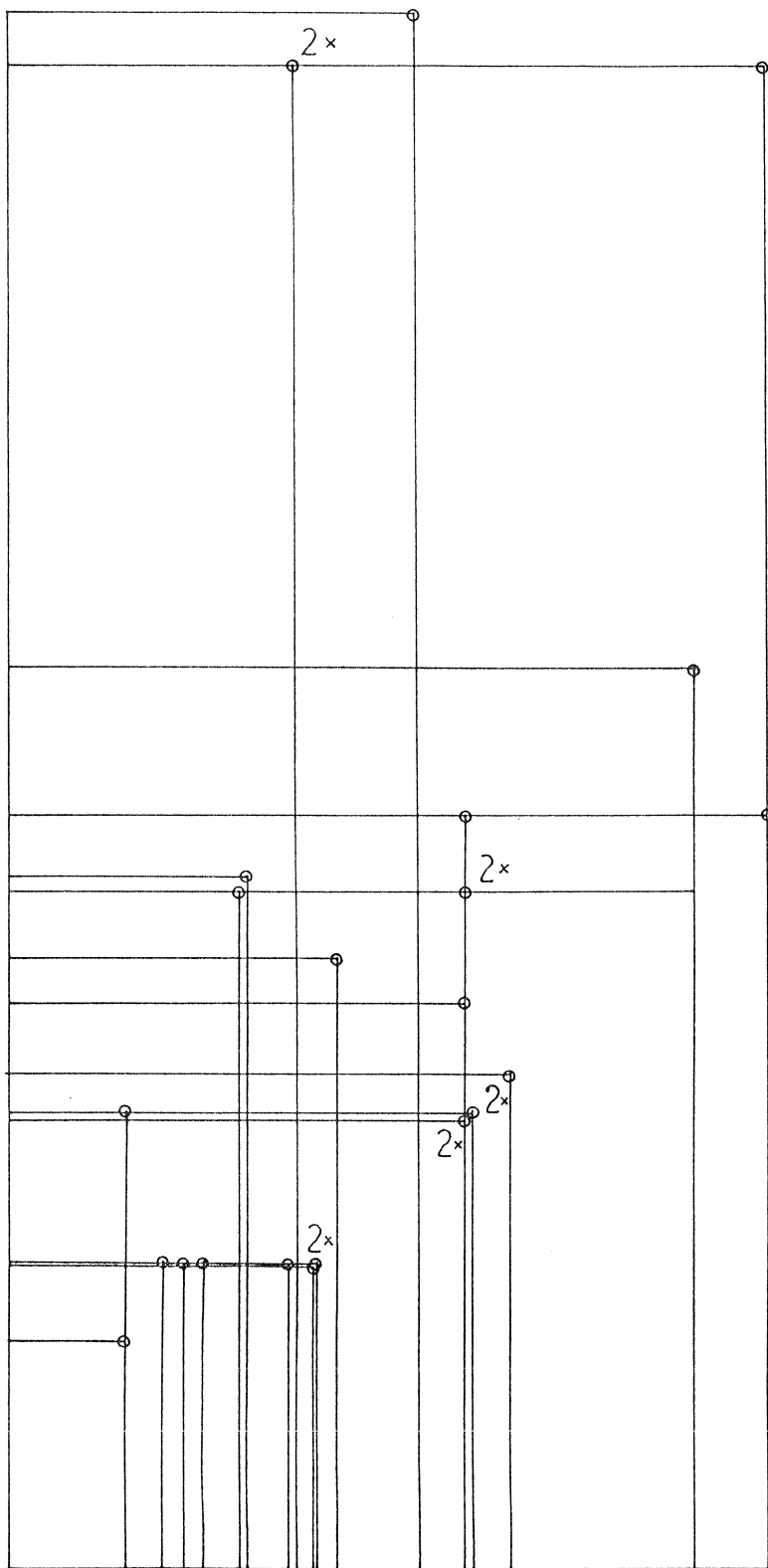


Bild 3
 Maßstäbliche Darstellung der beaufschlagten Prüfkörperfläche
 (Flächen überlagert dargestellt, o kennzeichnet jeweils die rechte obere Ecke einer
 Prüfkörperfläche)

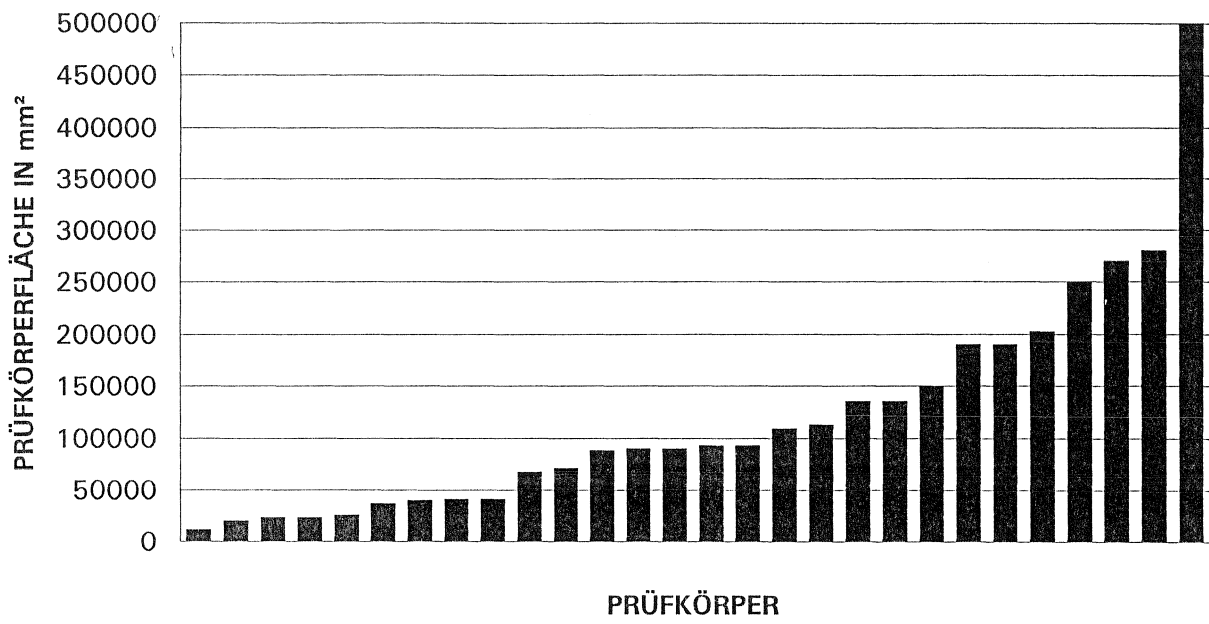


Bild 4
 Durch die Zündquelle beaufschlagte Prüfkörperfläche

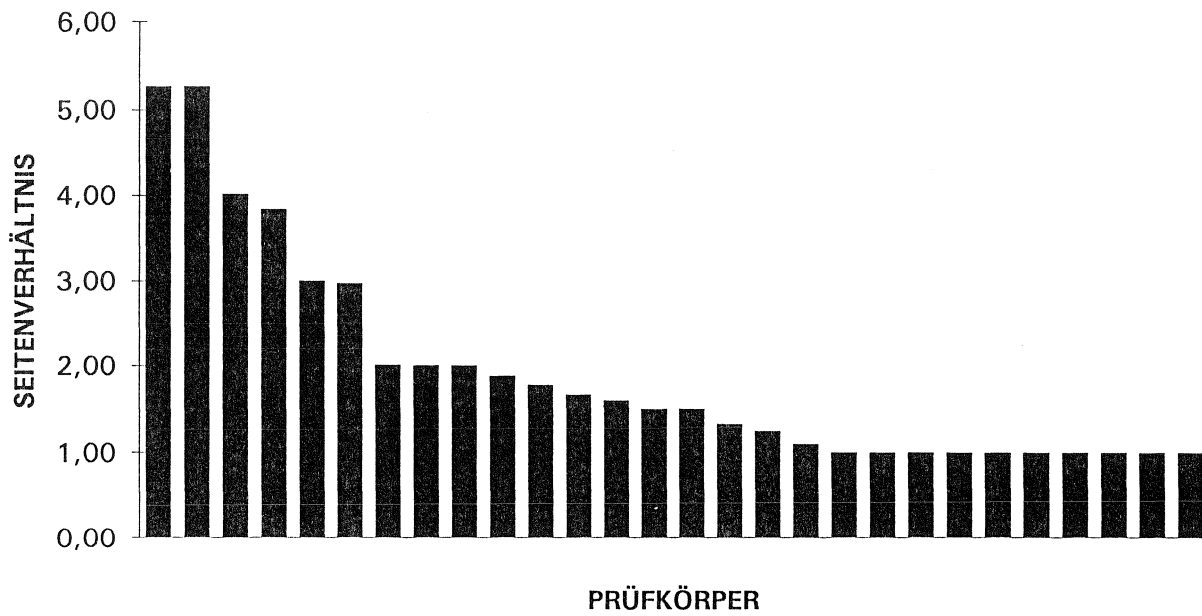


Bild 5
 Seitenverhältnis der beaufschlagten Prüfkörperflächen

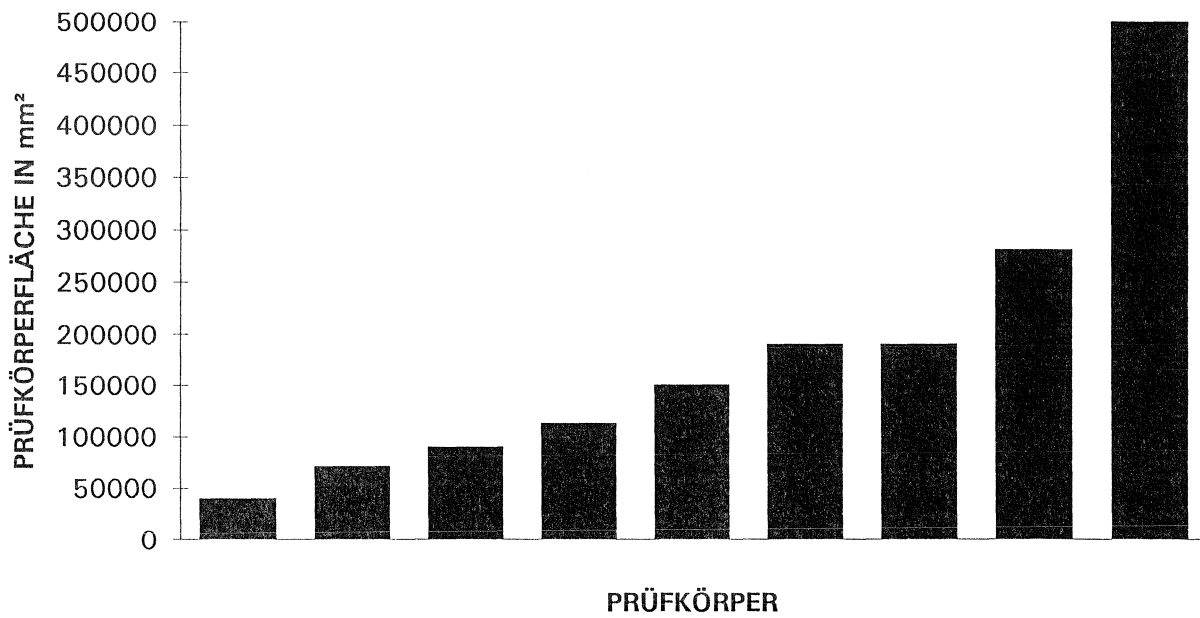


Bild 6
Durch die Zündquelle beaufschlagte Prüfkörperfläche bei der Prüfung von Baustoffen

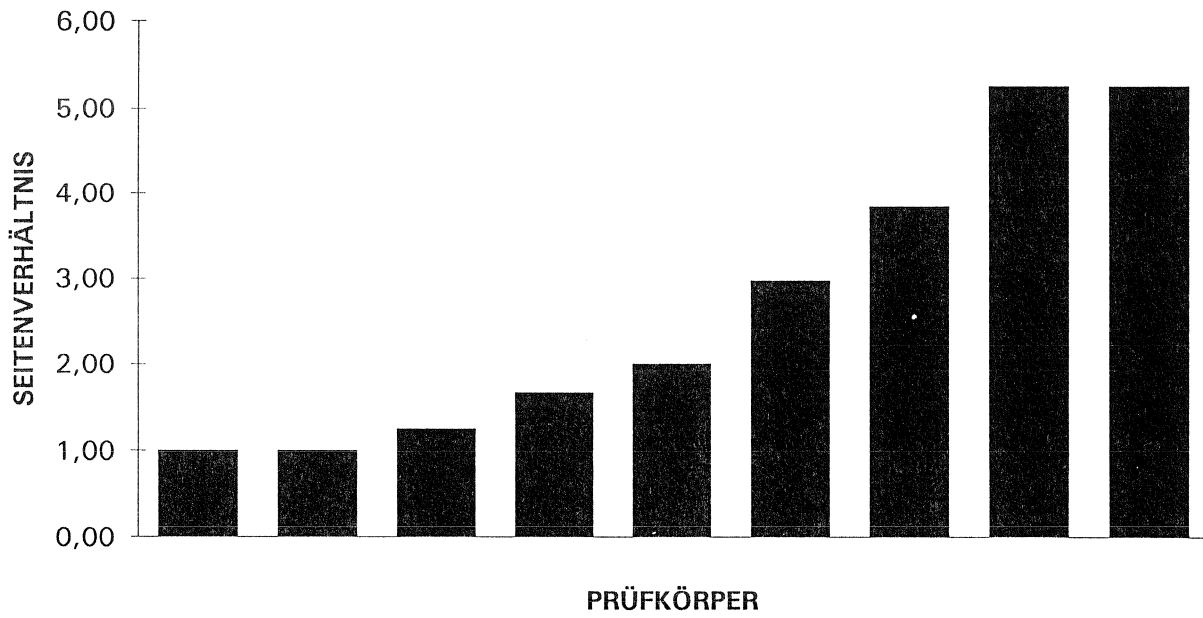


Bild 7
Seitenverhältnis der beaufschlagten Prüfkörperflächen bei Baustoffprüfungen

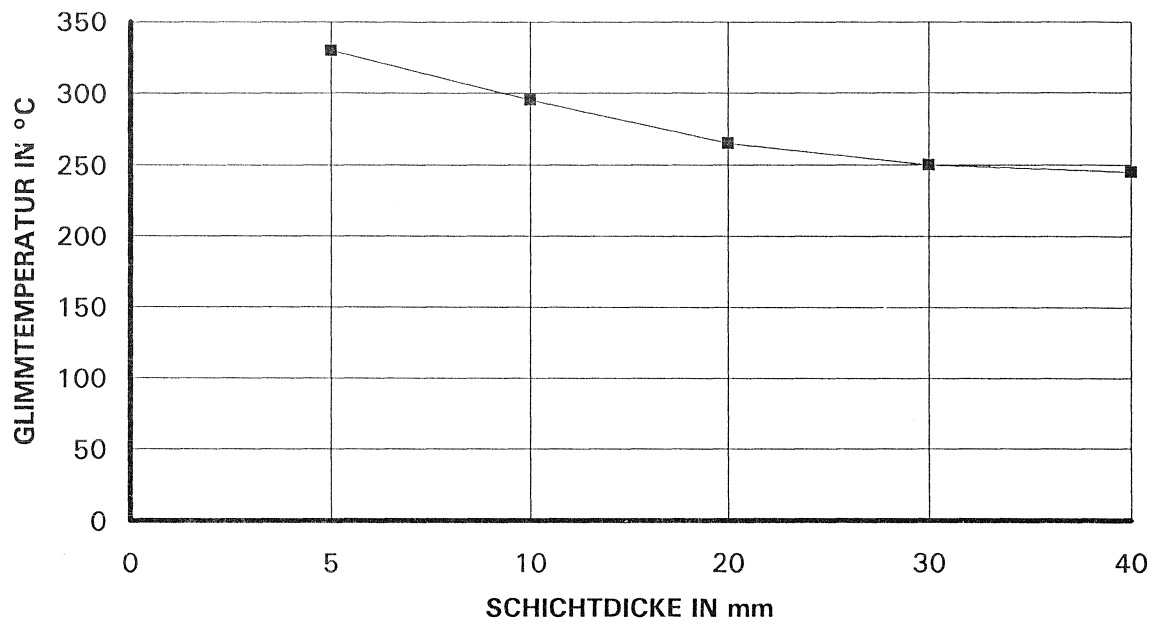


Bild 8
Glimmtemperatur von Korkmehl in Abhängigkeit von der Schichtdicke

Glimmapparatur

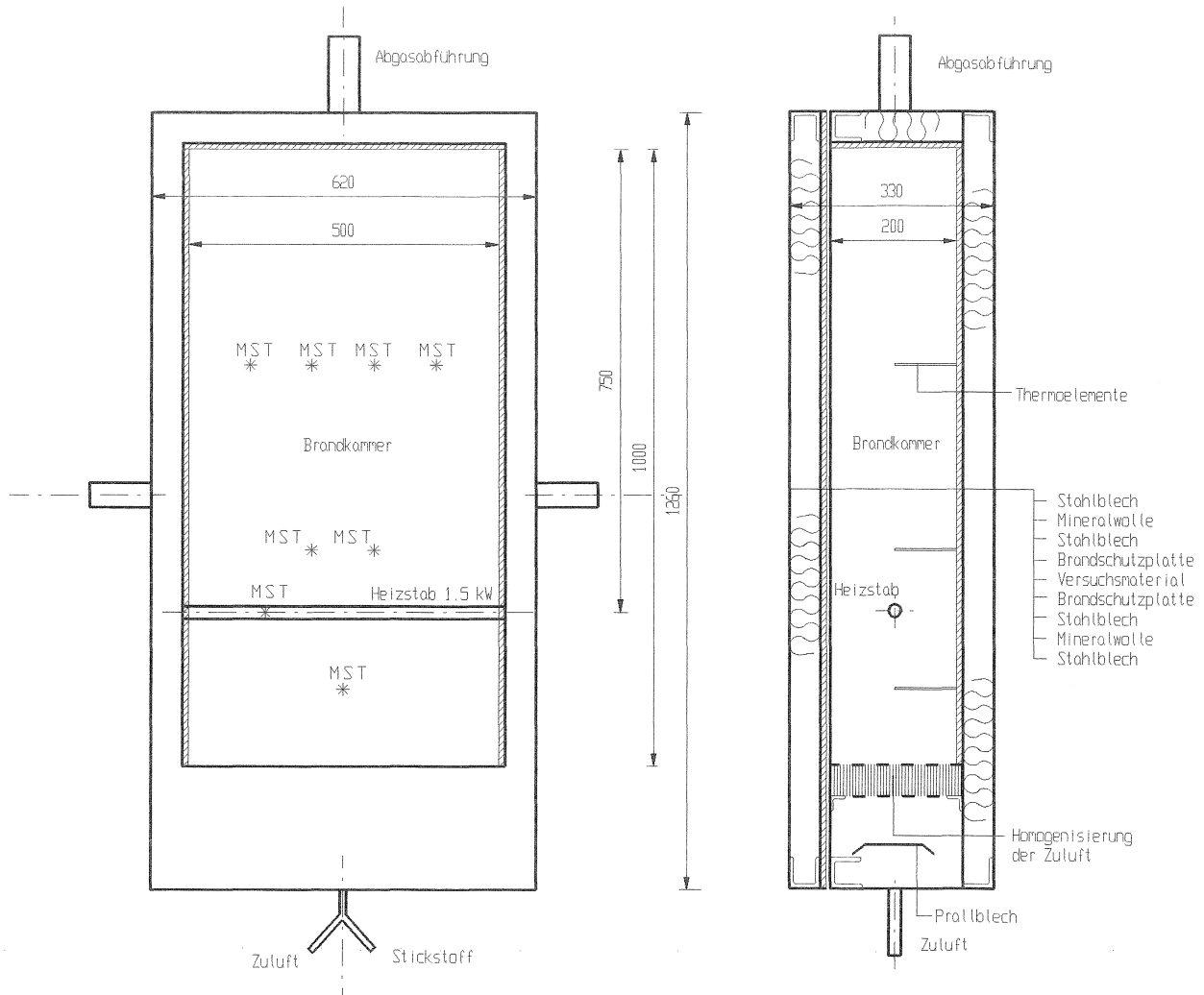


Bild 9:
 Ansicht der geöffneten Apparatur und Schnitt
 - Übersicht -

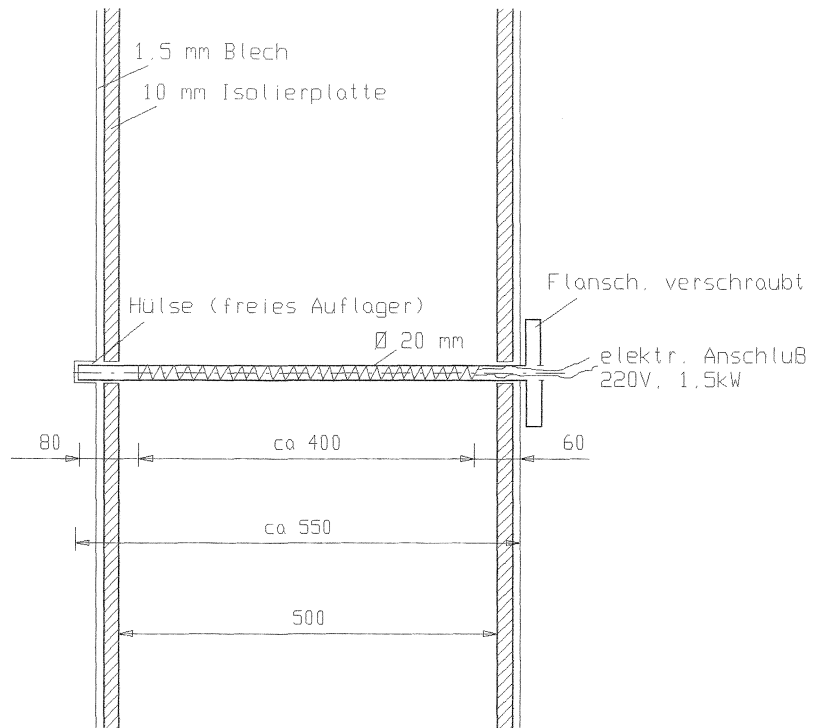


Bild 10: Einbau der Heizpatrone

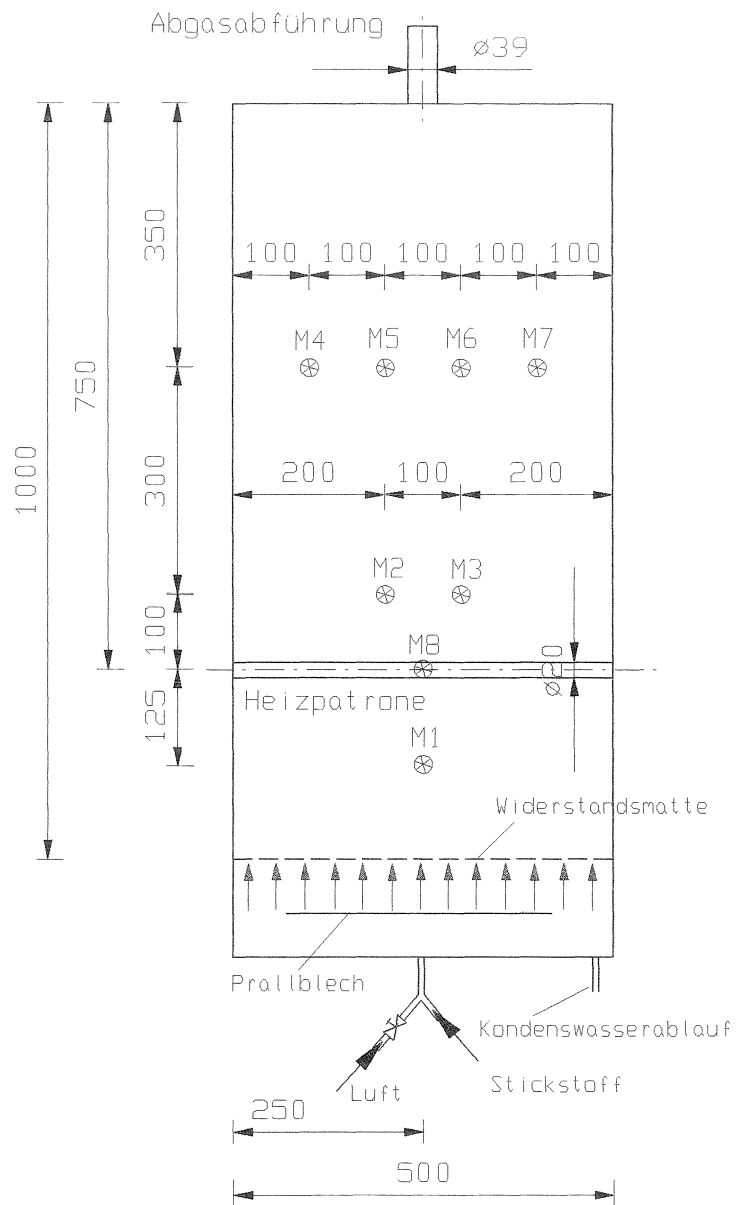


Bild 11: Meßstellenanordnung

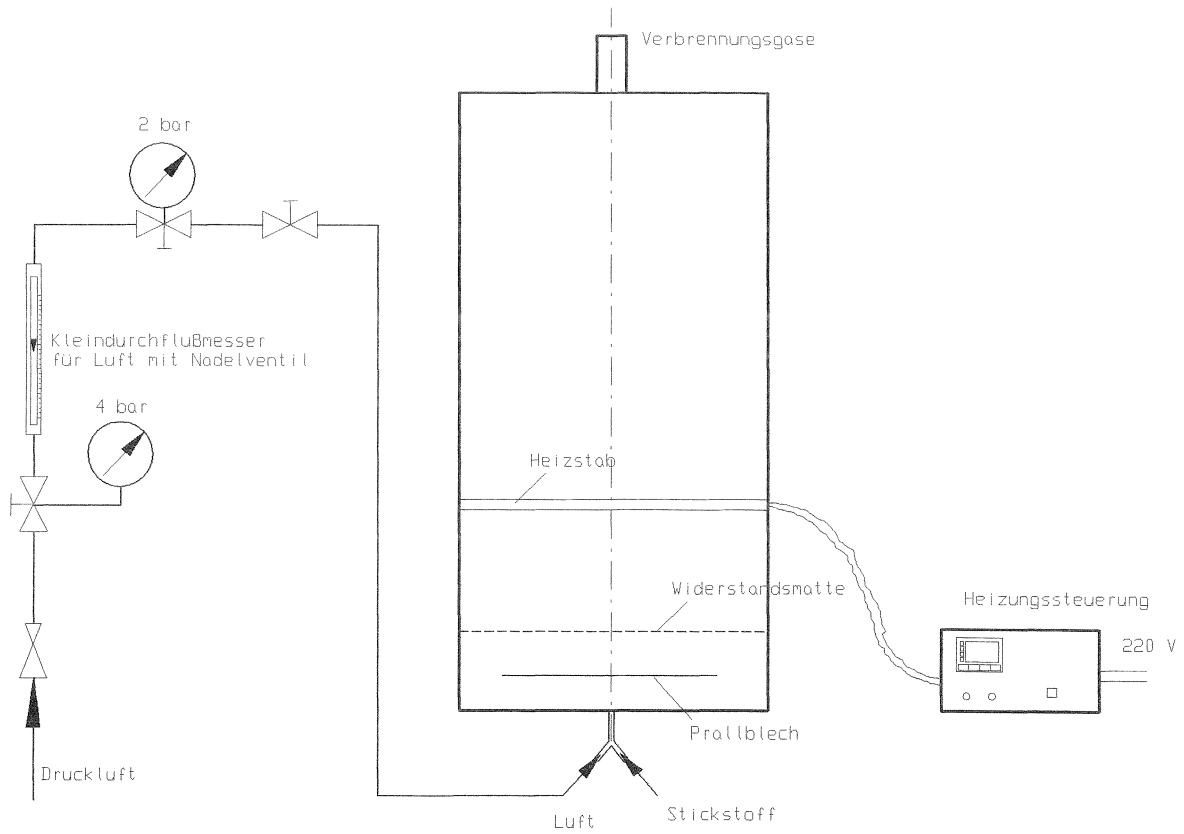
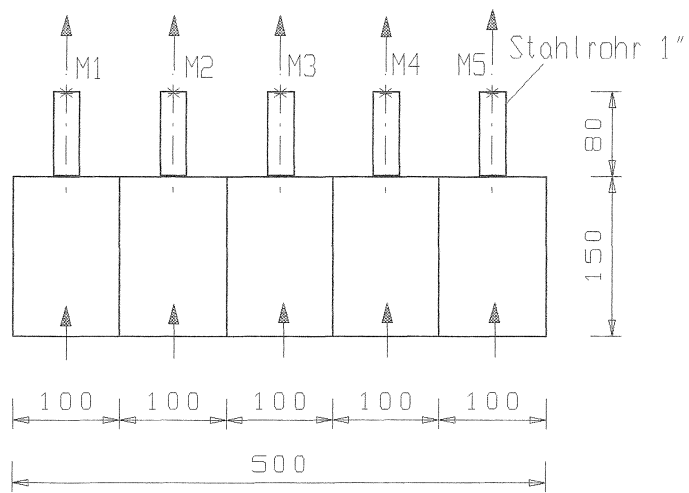


Bild 12: Verbrennungsluftführung mit Dosiereinrichtung



M1...M5 Luftgeschwindigkeitsmeßstellen

Bild 13: Vorrichtung zur Kalibrierung der Luftverteilung

Bild 14: Heizung und Temperaturverteilung (ohne Füllung)

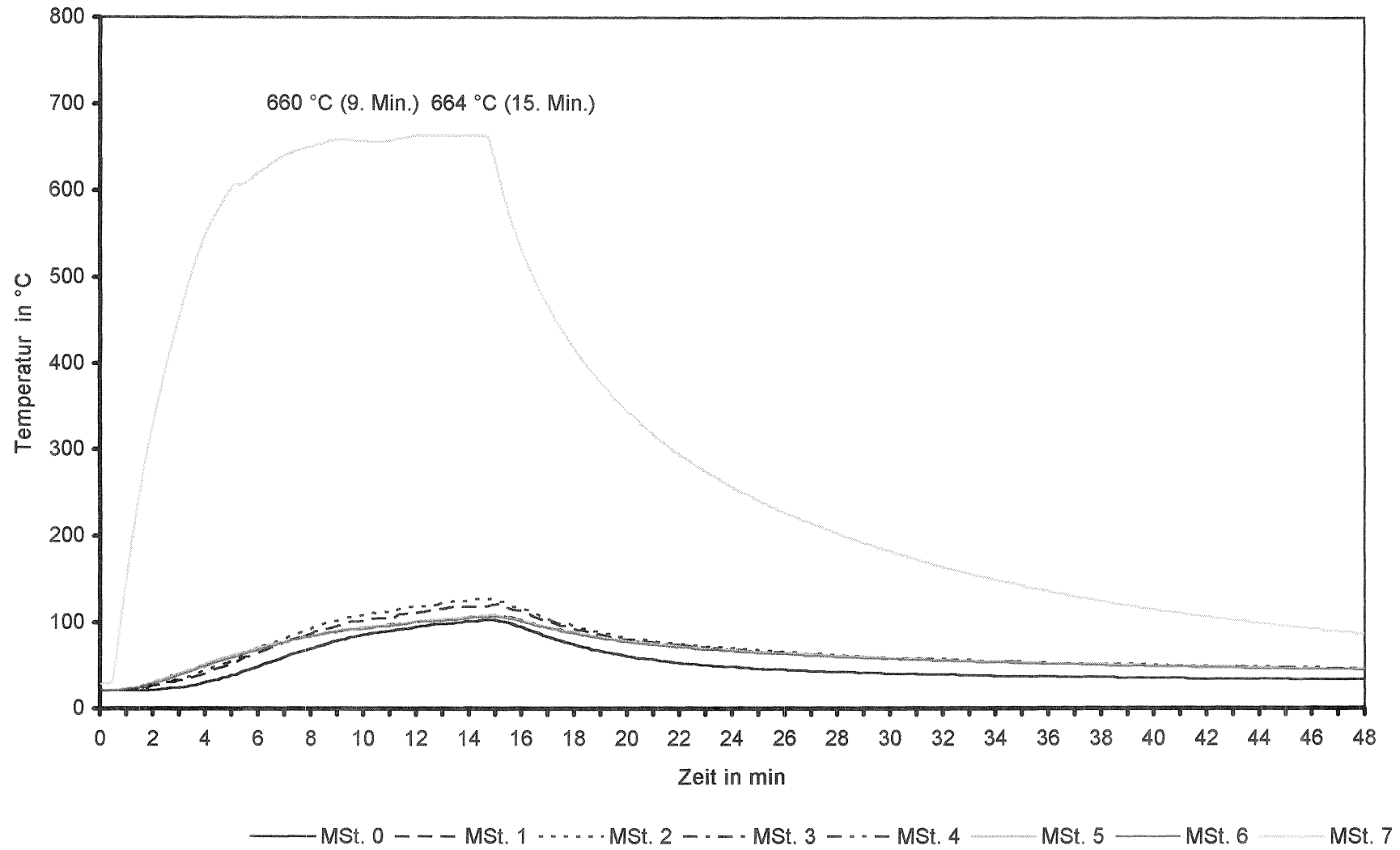
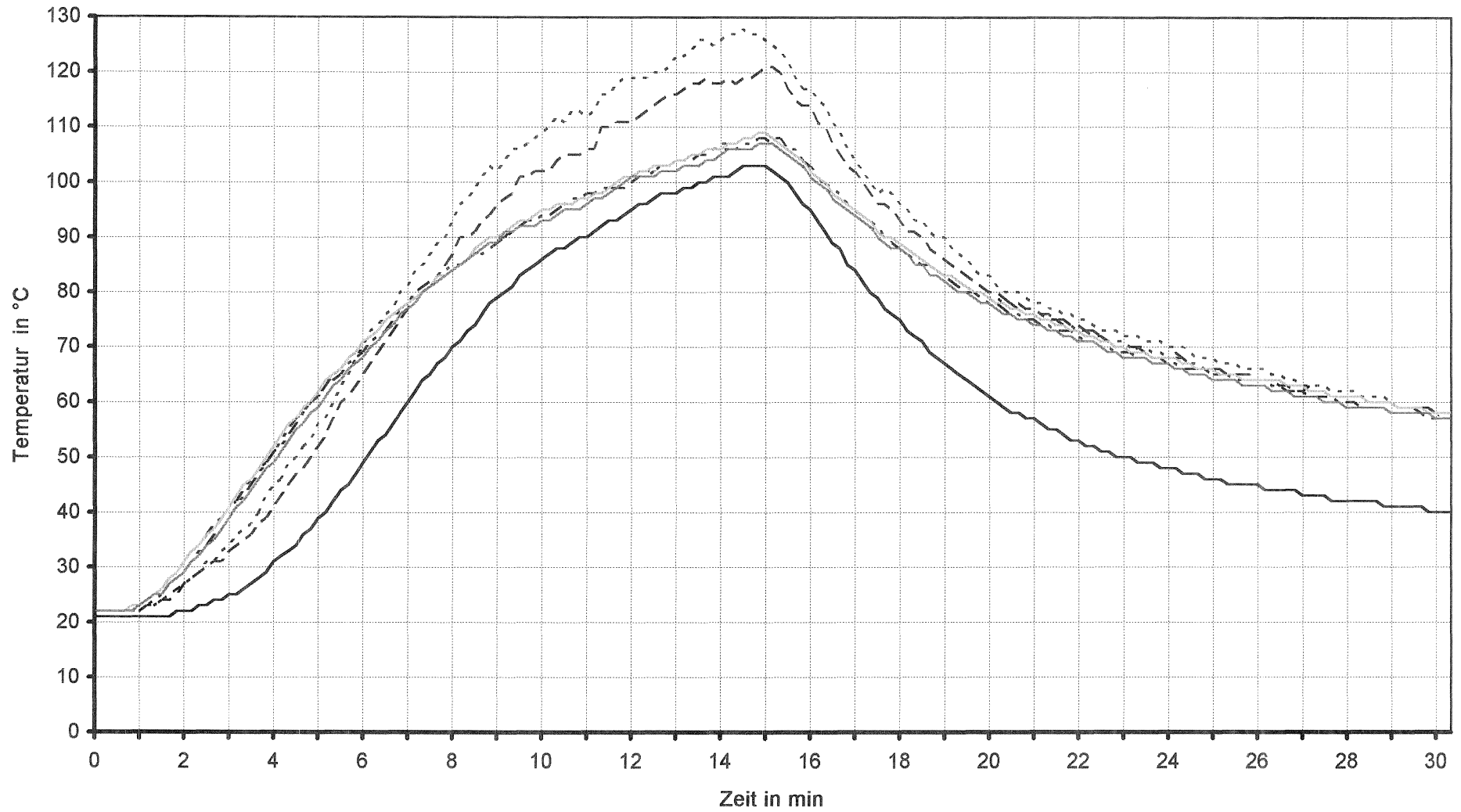


Bild 15: Temperaturverteilung in der Brandkammer
(ohne Füllung)



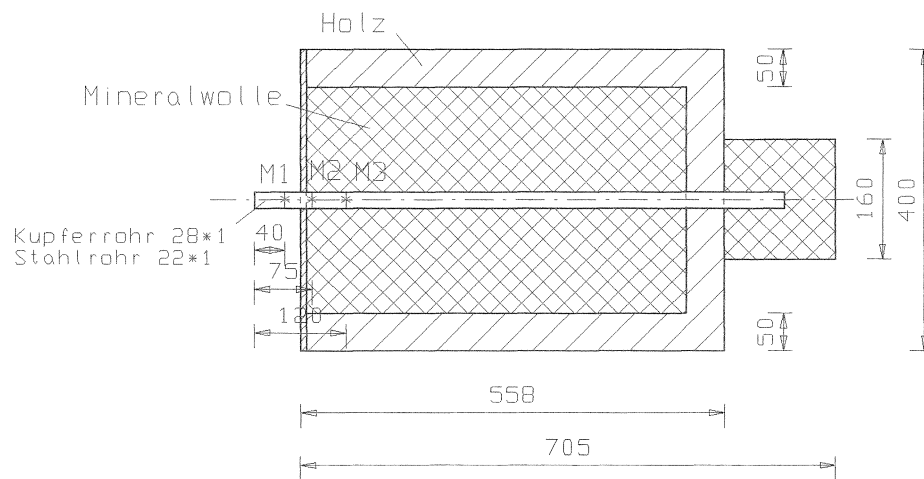


Bild 16: Schweißproben zur Bestimmung der Zündtemperatur

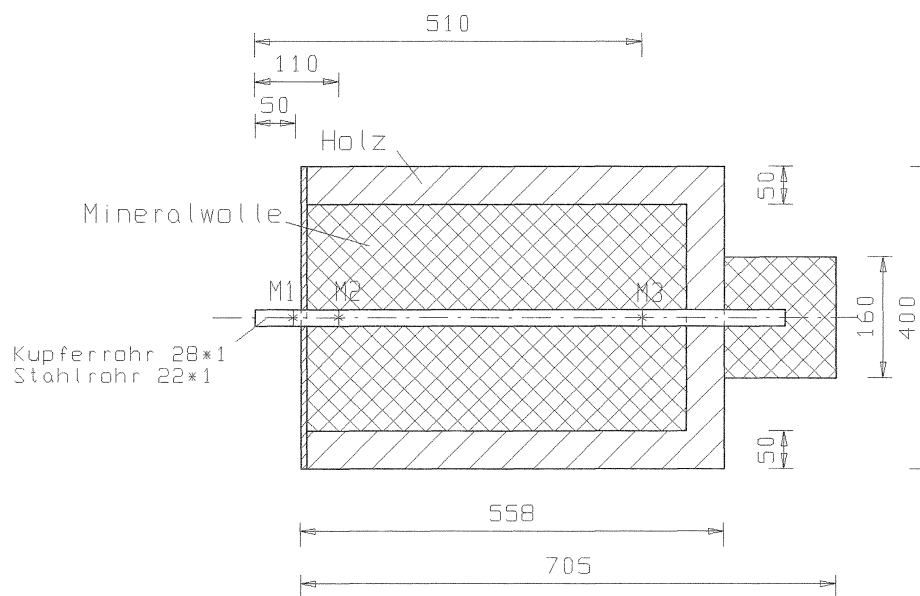
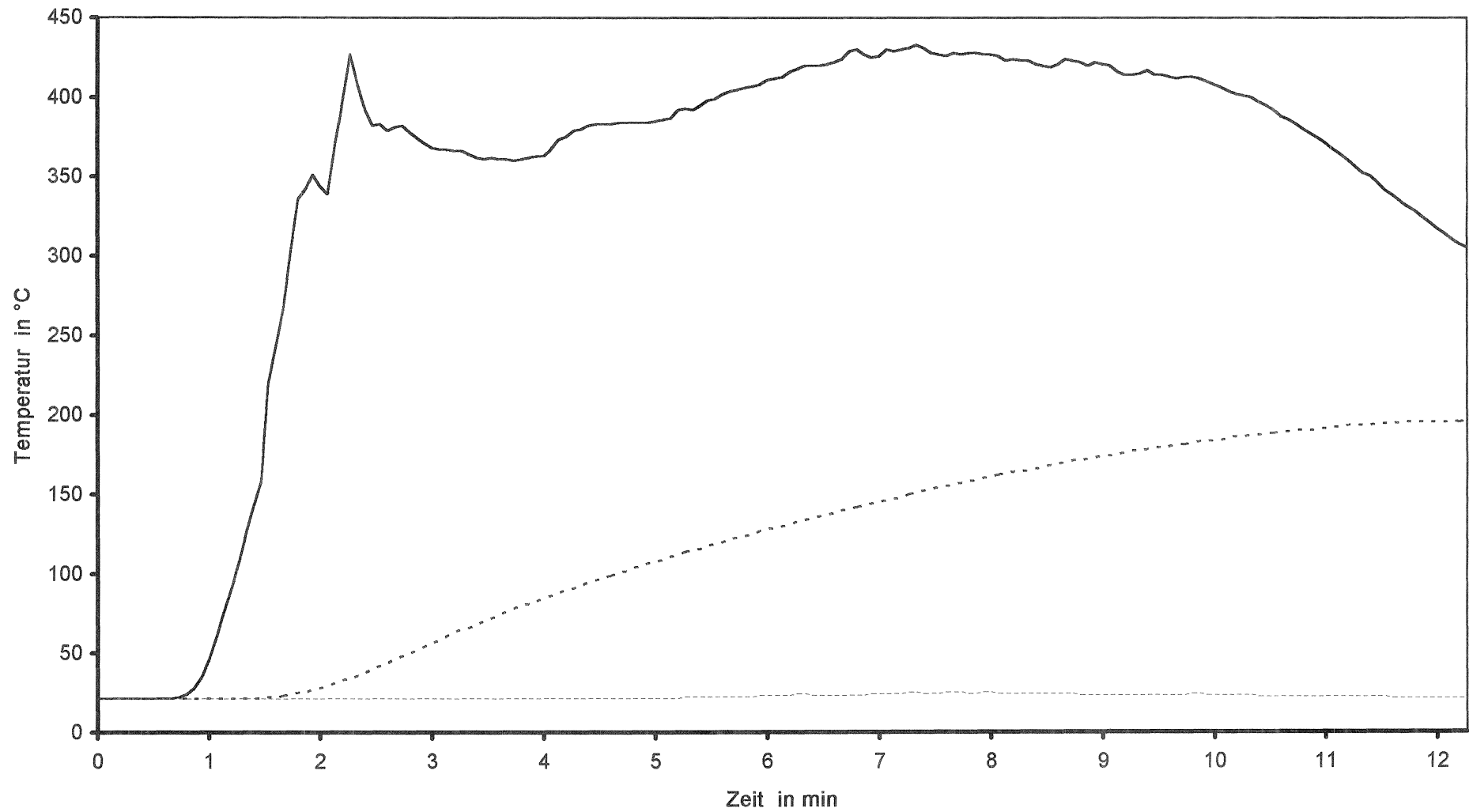


Bild 17: Schweißproben zur Bestimmung der Zündtemperatur

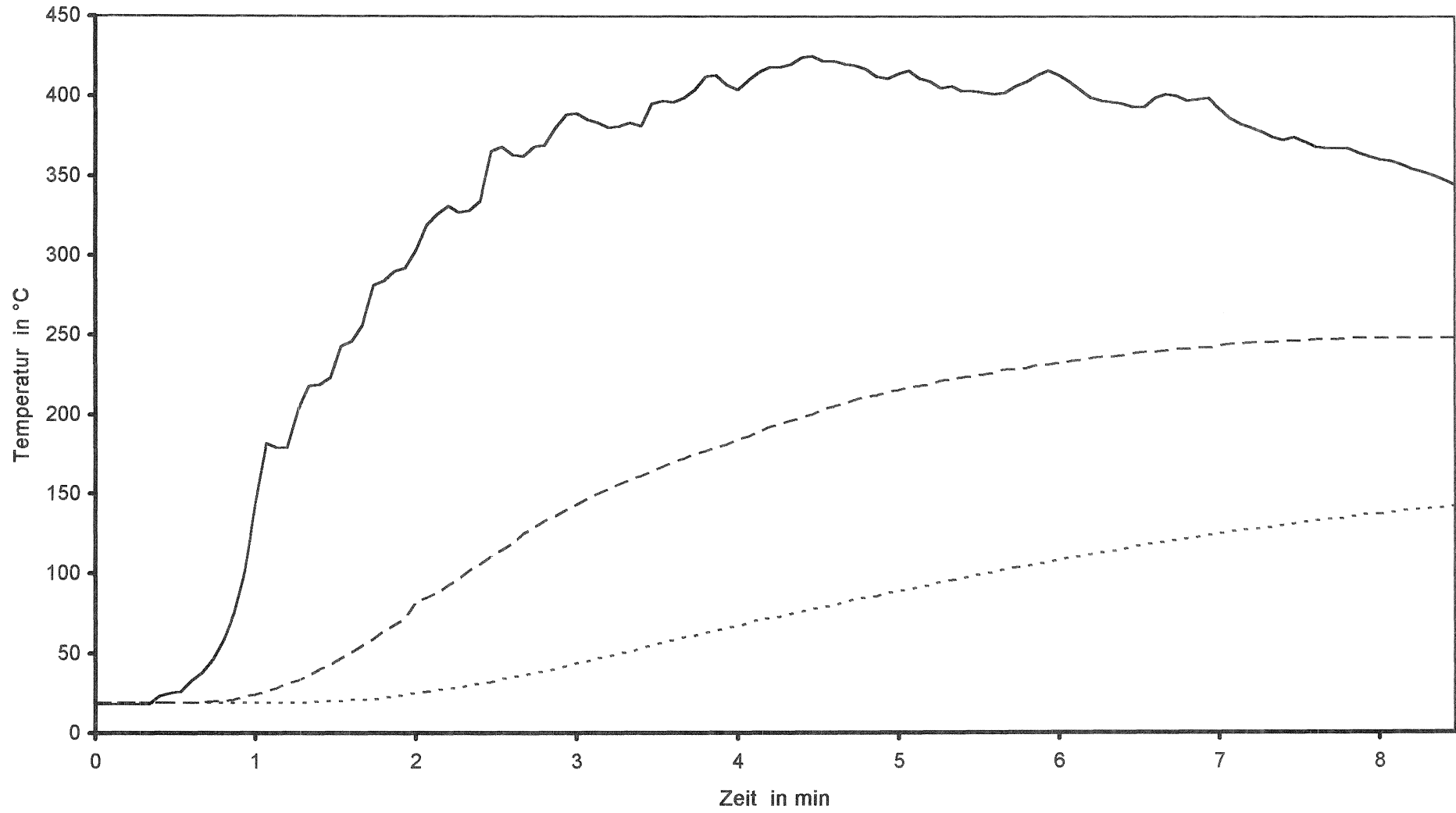
Bild 18: Oberflächentemperaturen beim Schweißen von Stahlrohren



* Abstand von der Schweißnaht
° In Miwo eingepackt

—— 50 mm* - - - - 110 mm*° ······ 510 mm*°

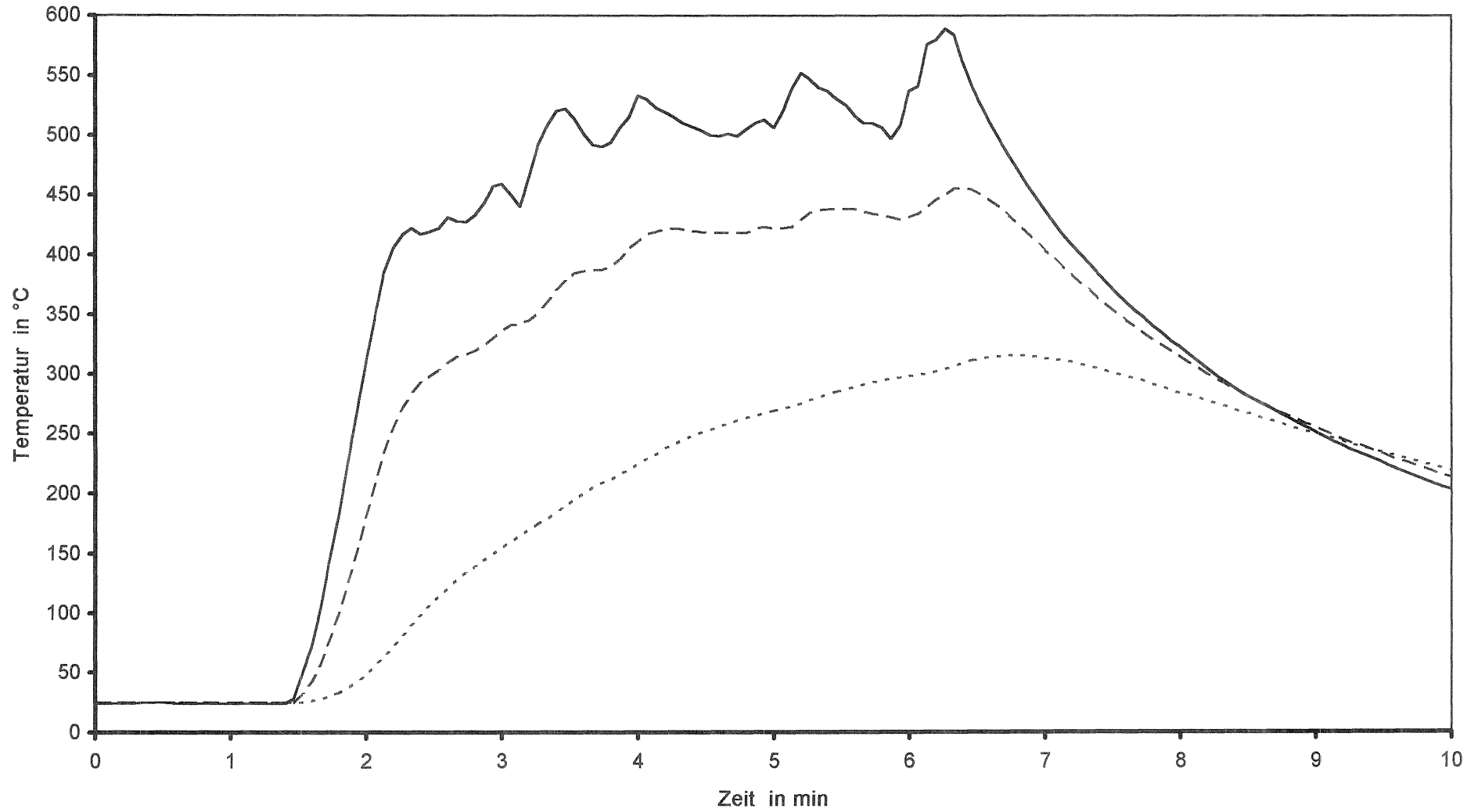
Bild 19: Oberflächentemperaturen beim Schweißen von Stahlrohren



* Abstand von der Schweißnaht

— 40 mm* - - - 75 mm** ····· 120 mm*°

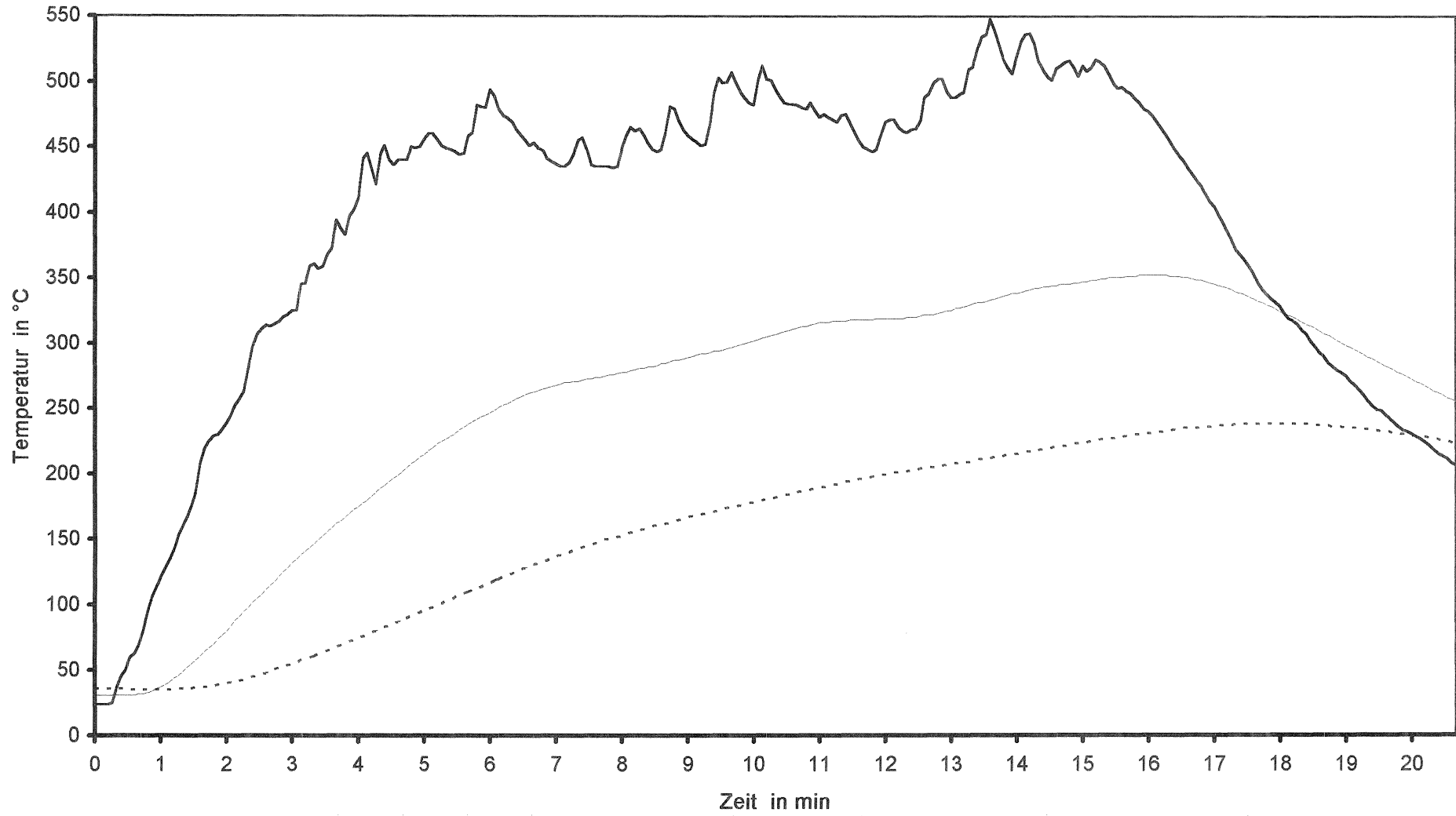
Bild 20: Oberflächentemperaturen beim Hartlöten von Kupferrohren



* Abstand von der Lötnaht
° In Miwo eingepackt

—— 40 mm* - - - 75 mm*° ····· 120 mm*°

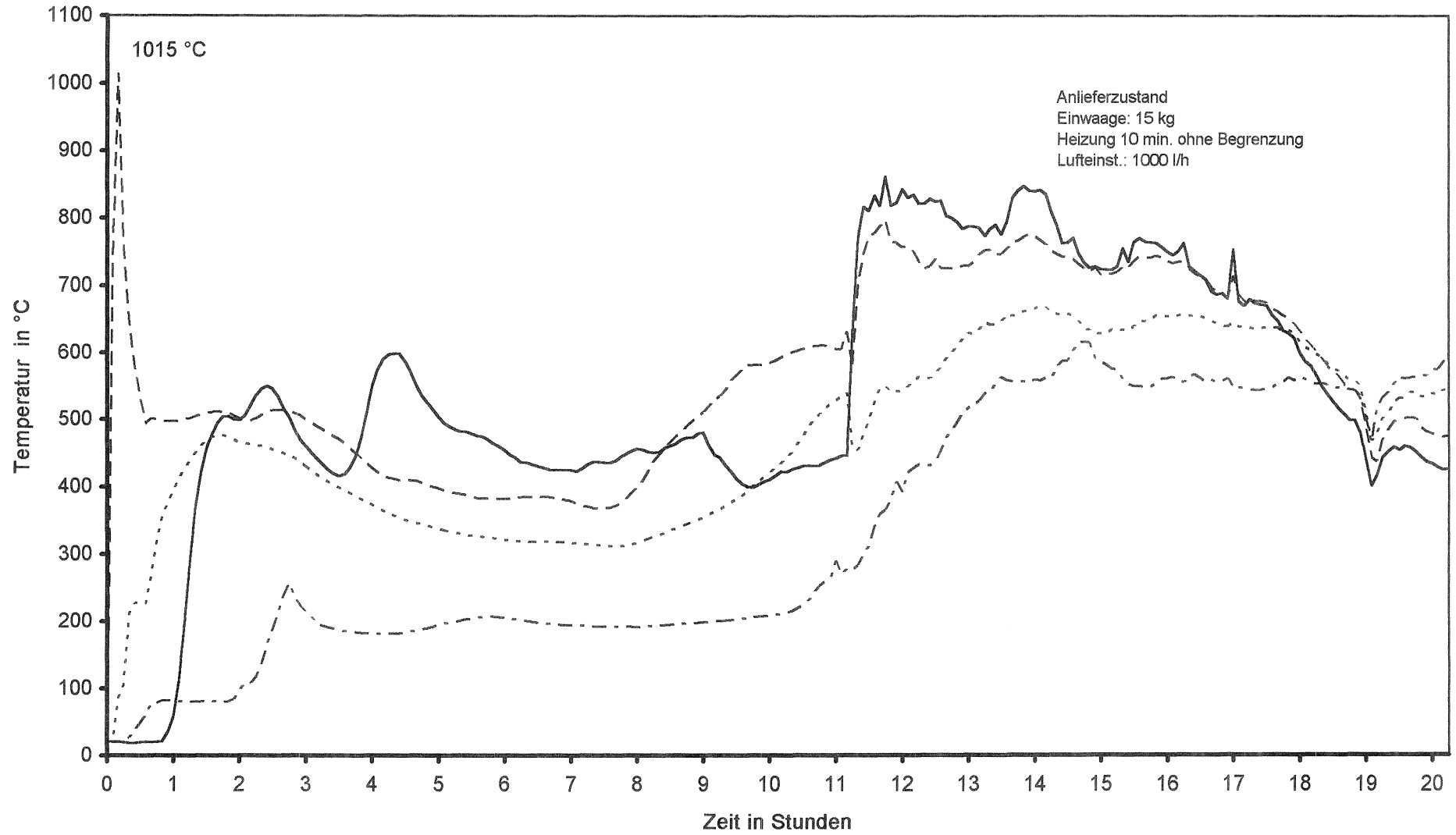
Bild 21: Oberflächentemperaturen beim Schweißen von Stahlrohren



* Abstand von der Schweißnaht
° In Miwo eingepackt

—— 40 mm* - - - - 75 mm*° ····· 120 mm*°

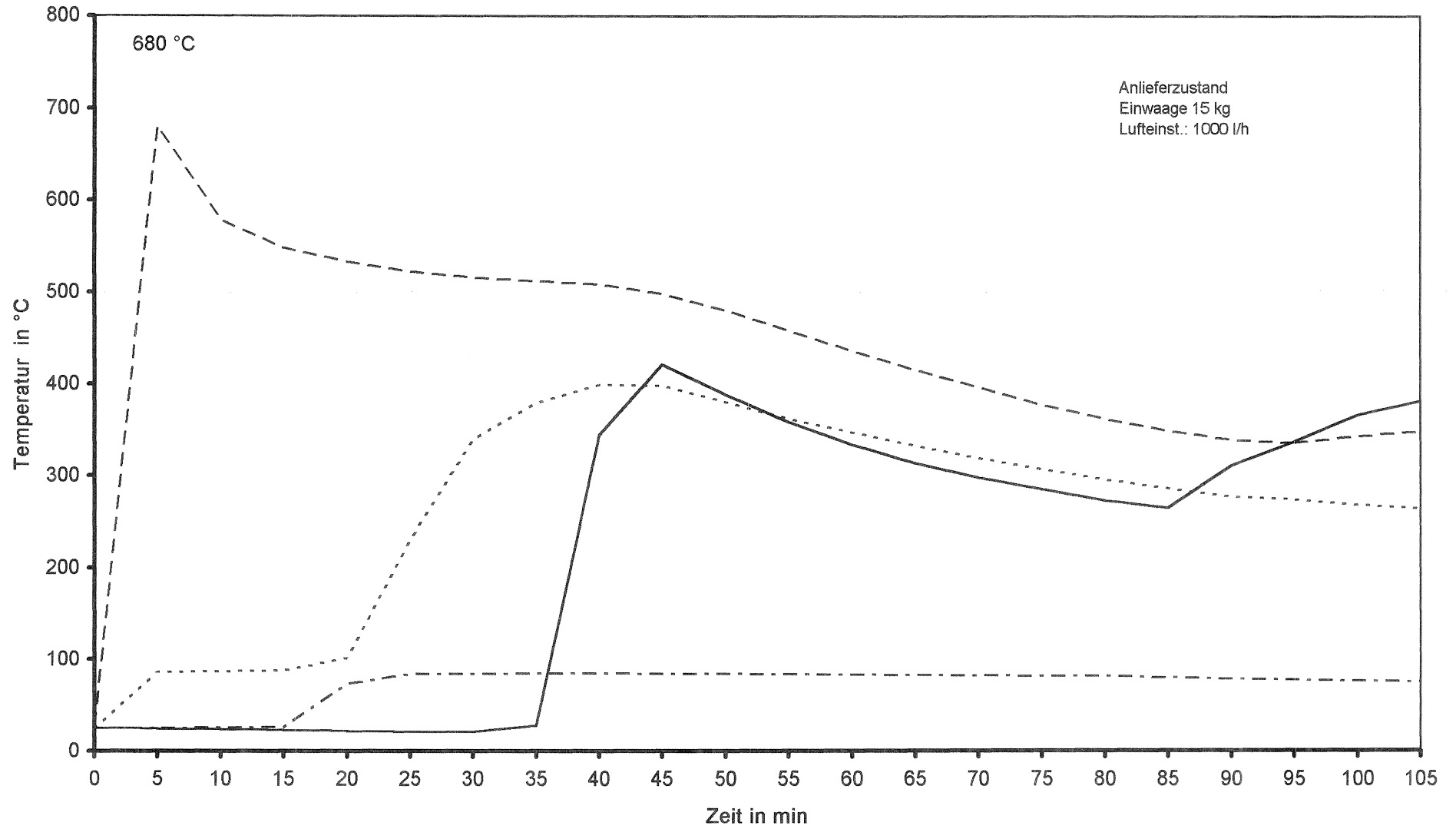
Bild 22: Hanfstroh, bituminiert (Vers. 1)



Anlieferzustand
Einwaage: 15 kg
Heizung 10 min. ohne Begrenzung
Lufteinst.: 1000 l/h

— Mst. 0 - - - Mst. 7 ····· MW1...2 - - - MW3...6

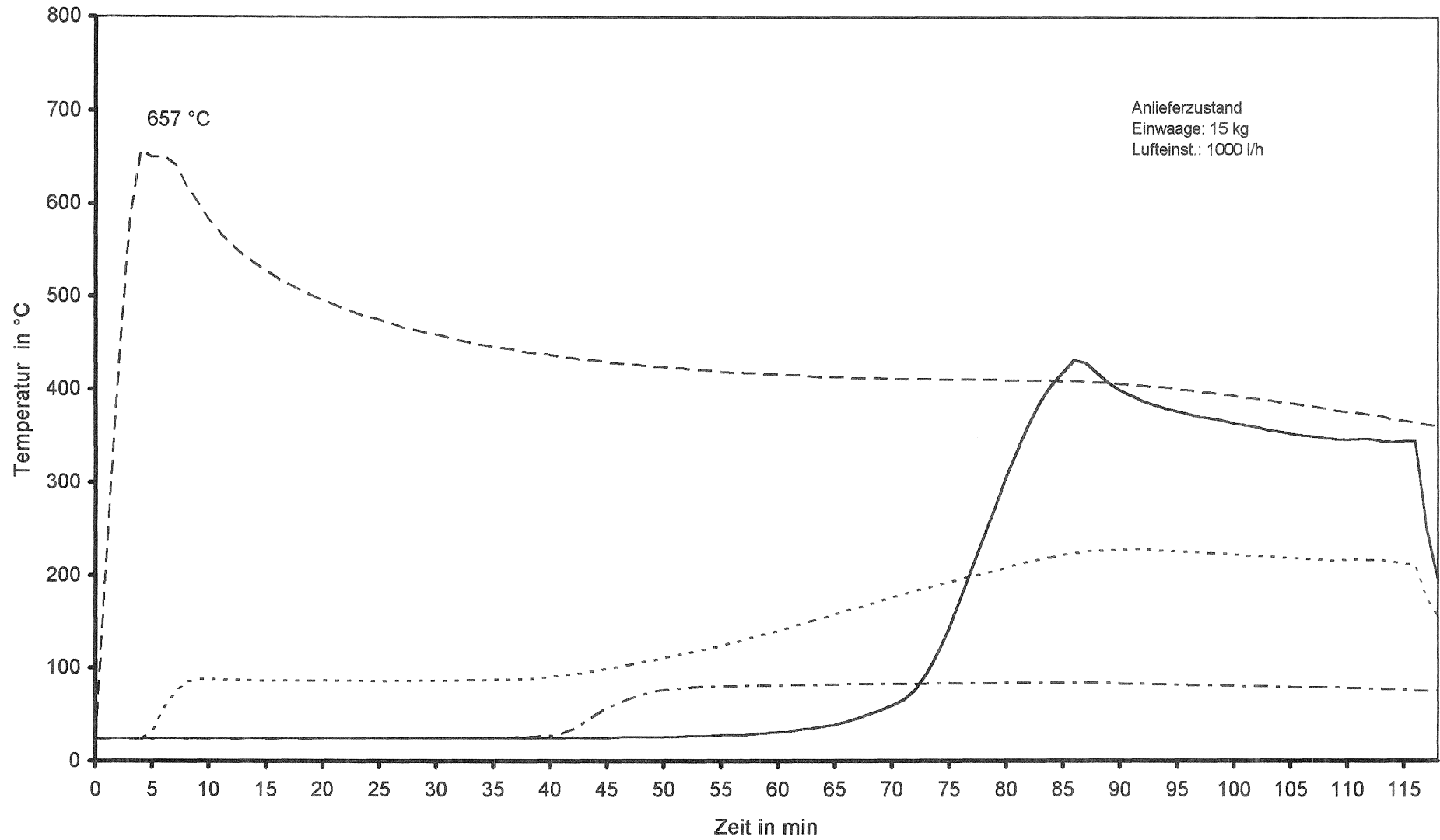
Bild 23: Hanfstroh, bituminiert (Vers. 2)



Anlieferzustand
Einwaage 15 kg
LuftEinst.: 1000 l/h

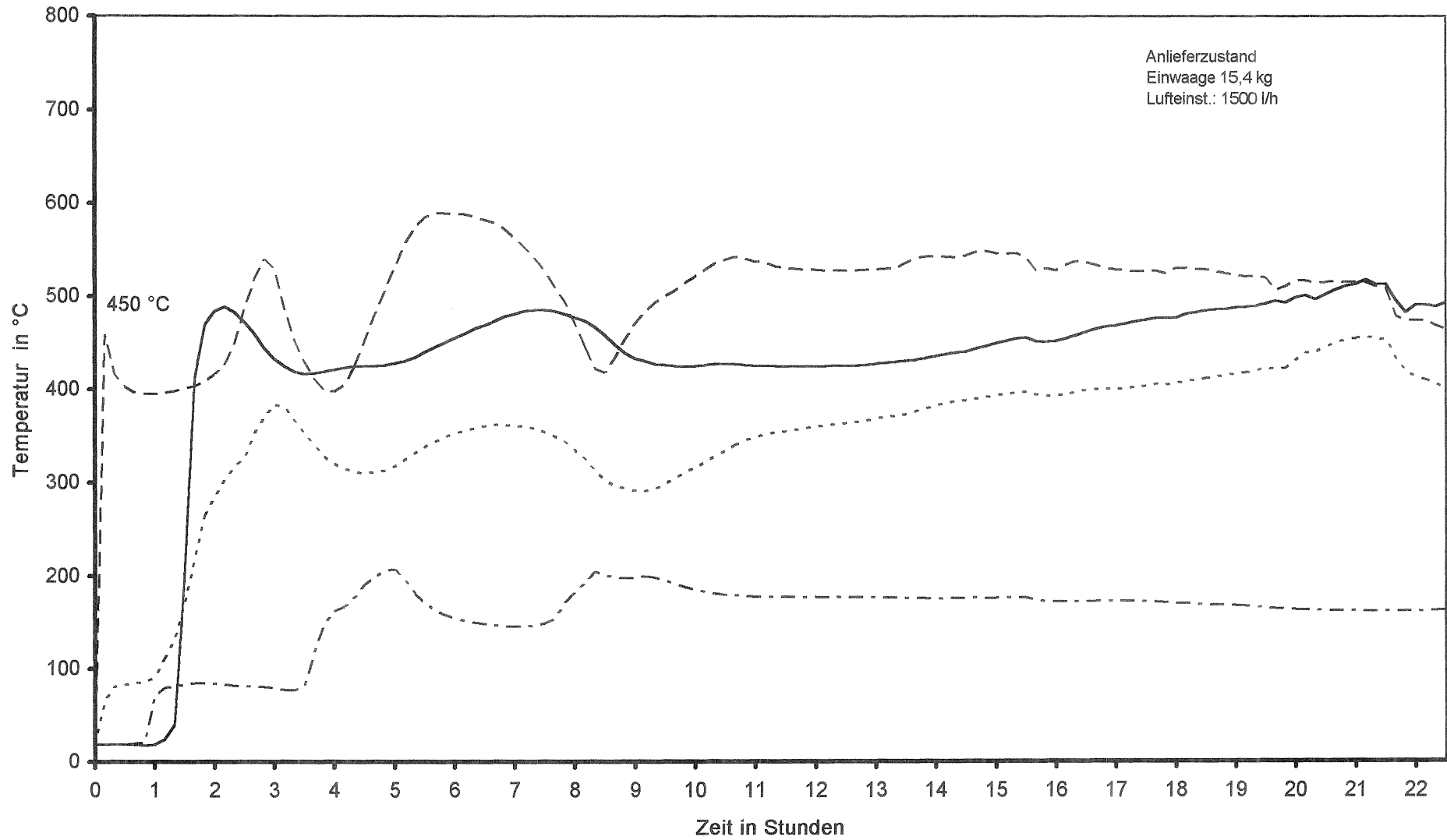
— Mst. 0 - - - Mst. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 24: Hanfstroh, bituminiert (Vers. 3)



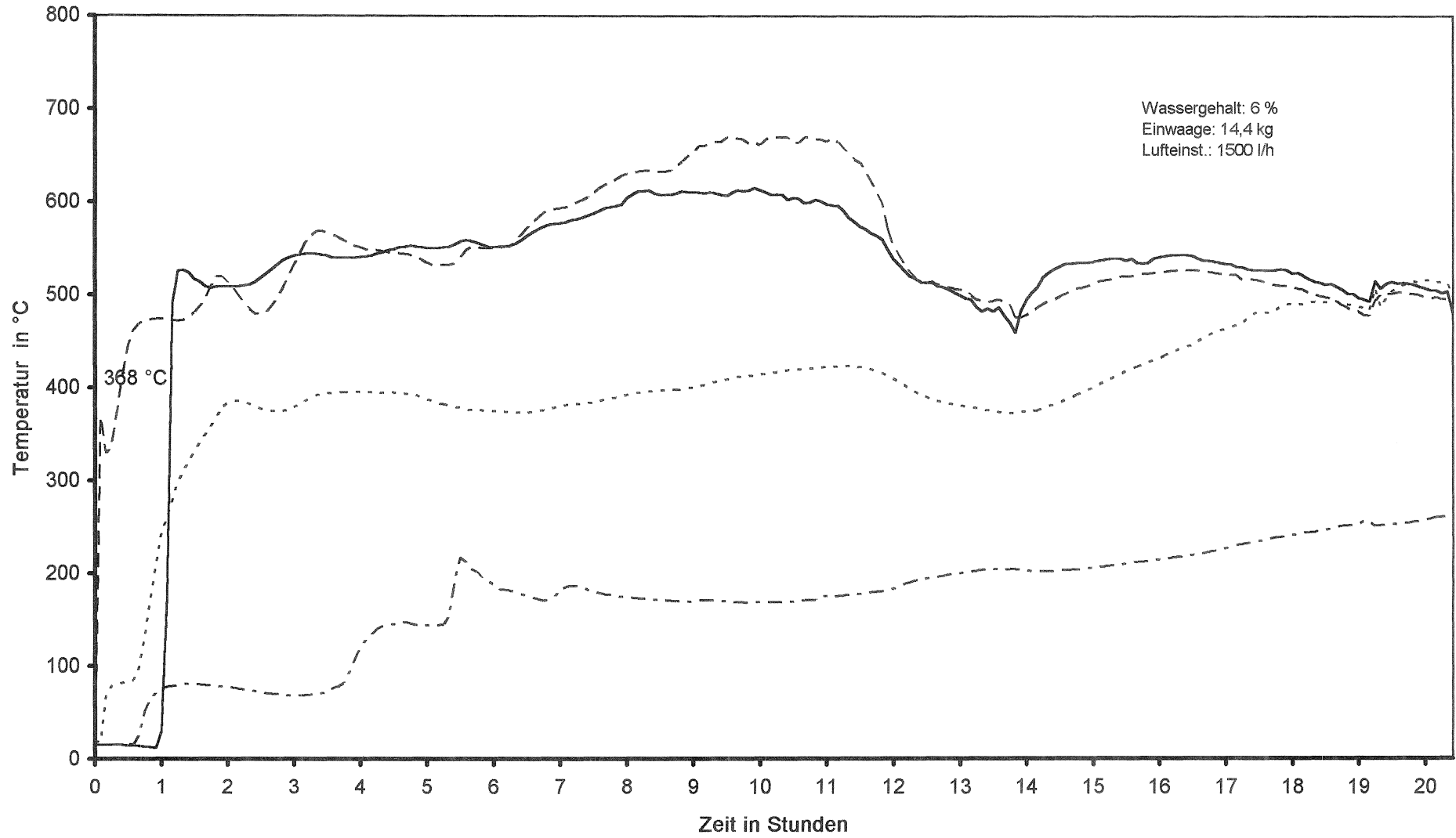
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 25: Hanfstroh, bituminiert (Vers. 4)



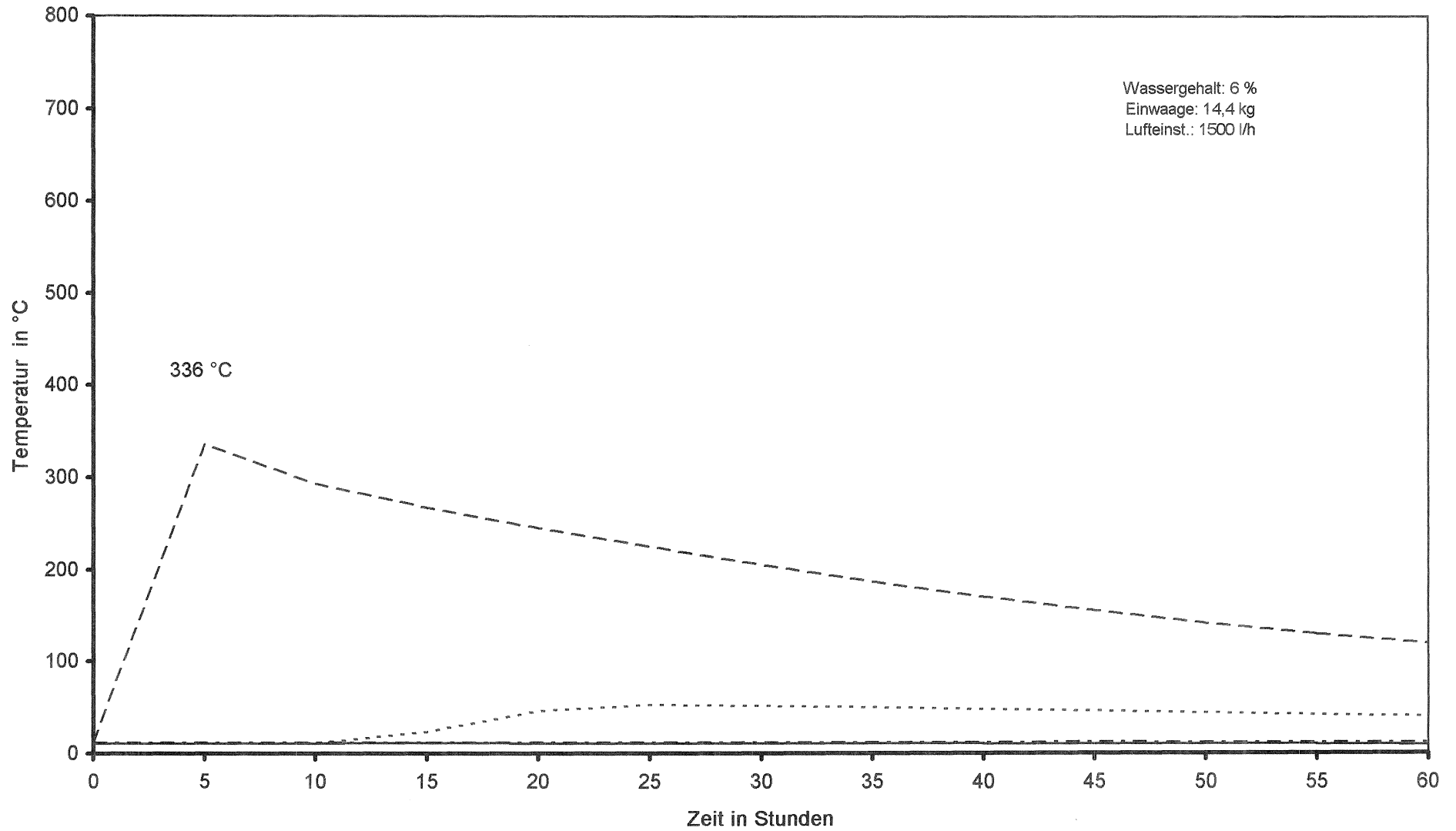
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - - - MW3...6

Bild 26: Hanfstroh, bituminiert (Vers. 5)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 27: Hanfstroh, bituminiert (Vers. 6)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 28: Zelluloseflocken B2, (Vers. 7)

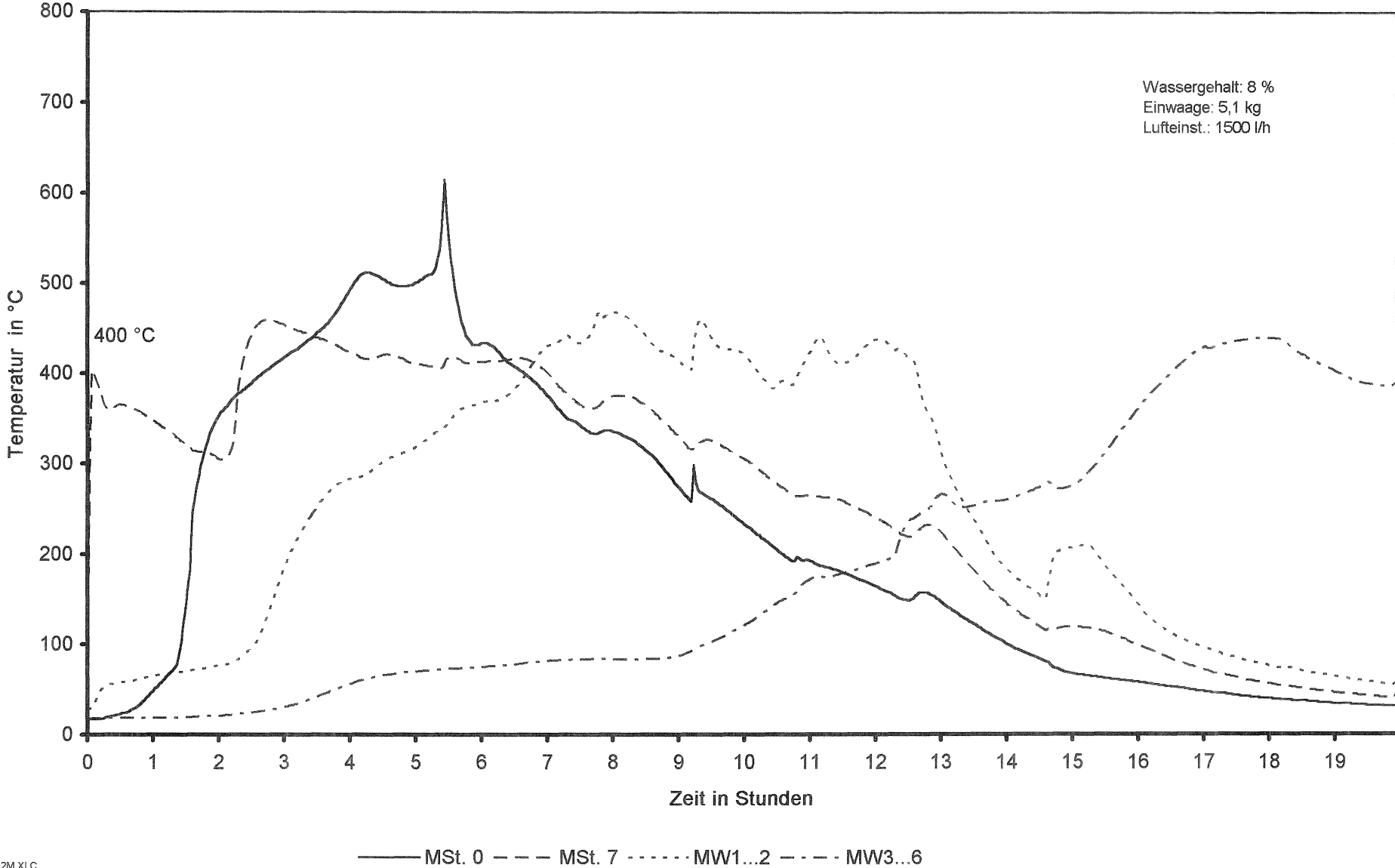


Bild 29: Zelluloseflocken B2, (Vers. 8)

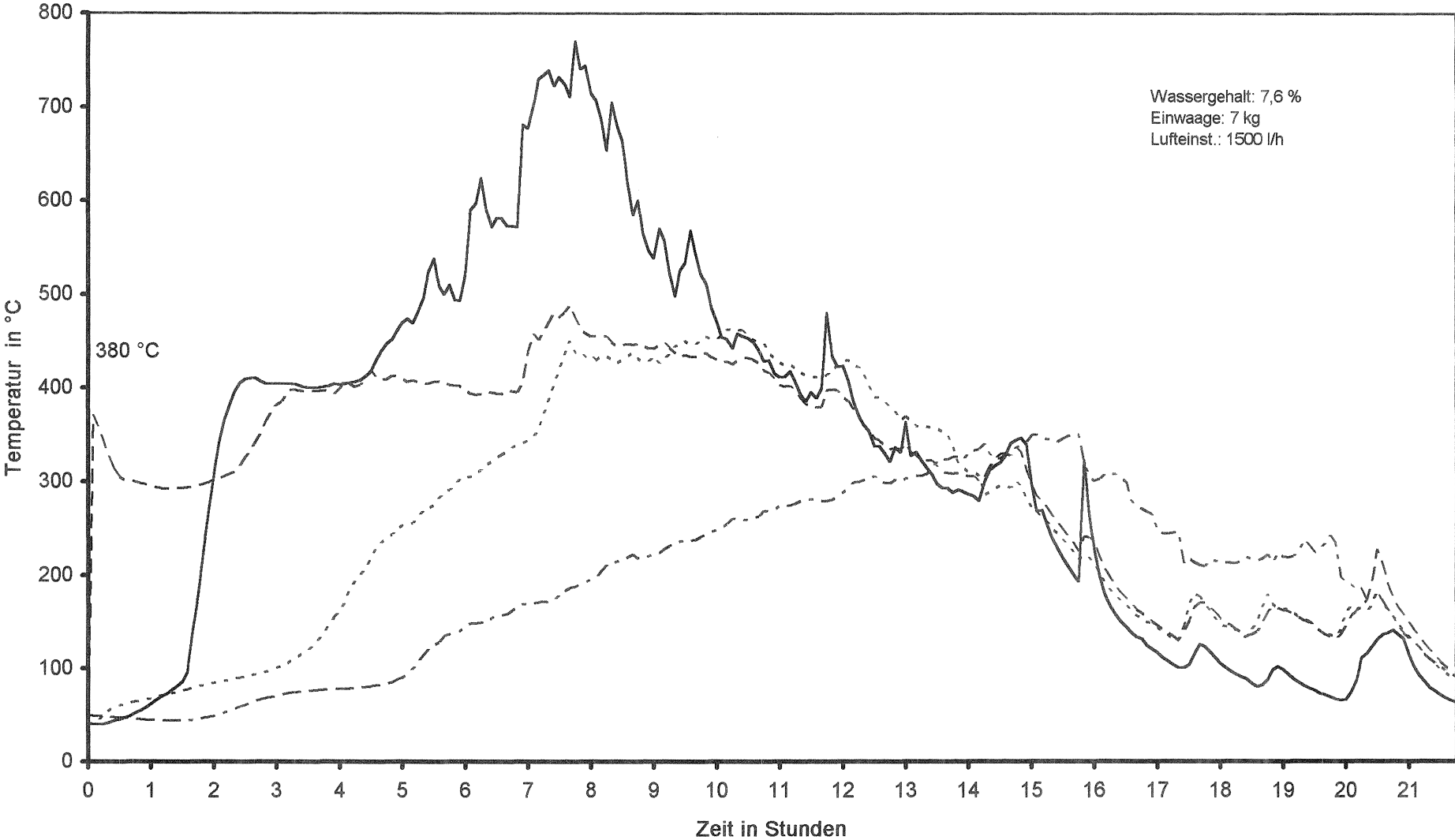


Bild 30: Zelluloseflocken B2, (Vers. 9)

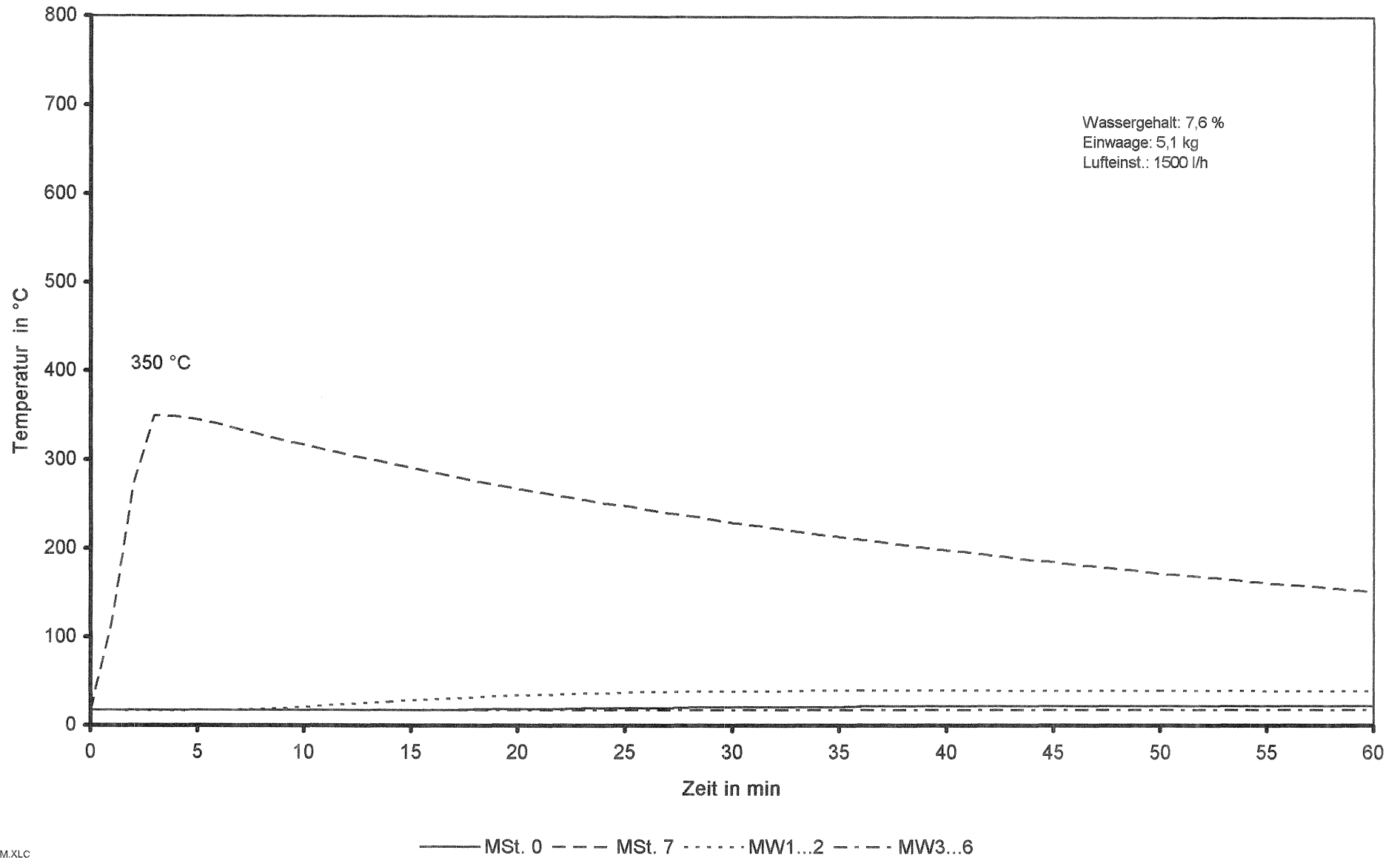


Bild 31: Zelluloseflocken B1, (Vers. 10)

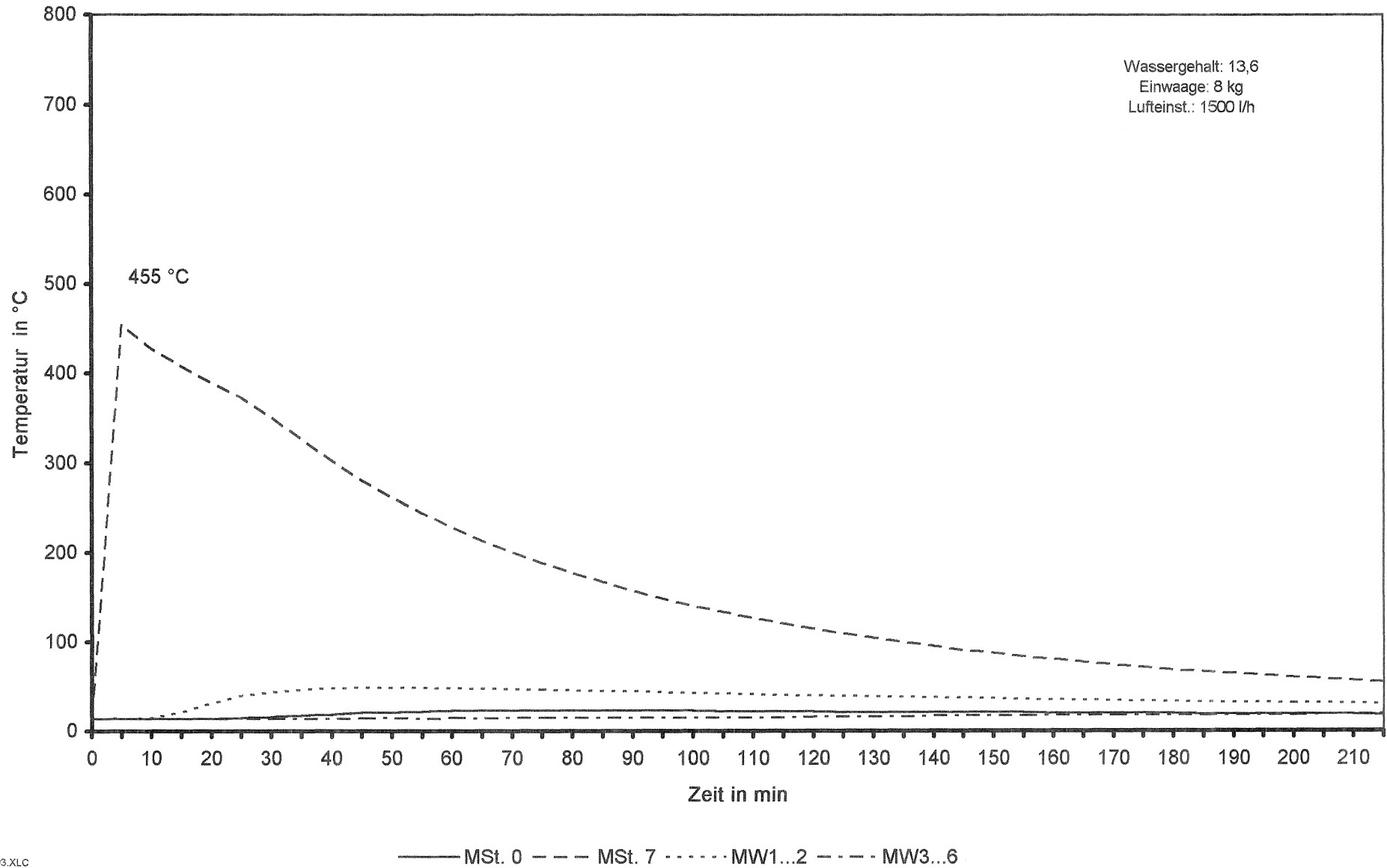


Bild 32: Zelluloseflocken B1, (Vers. 11)

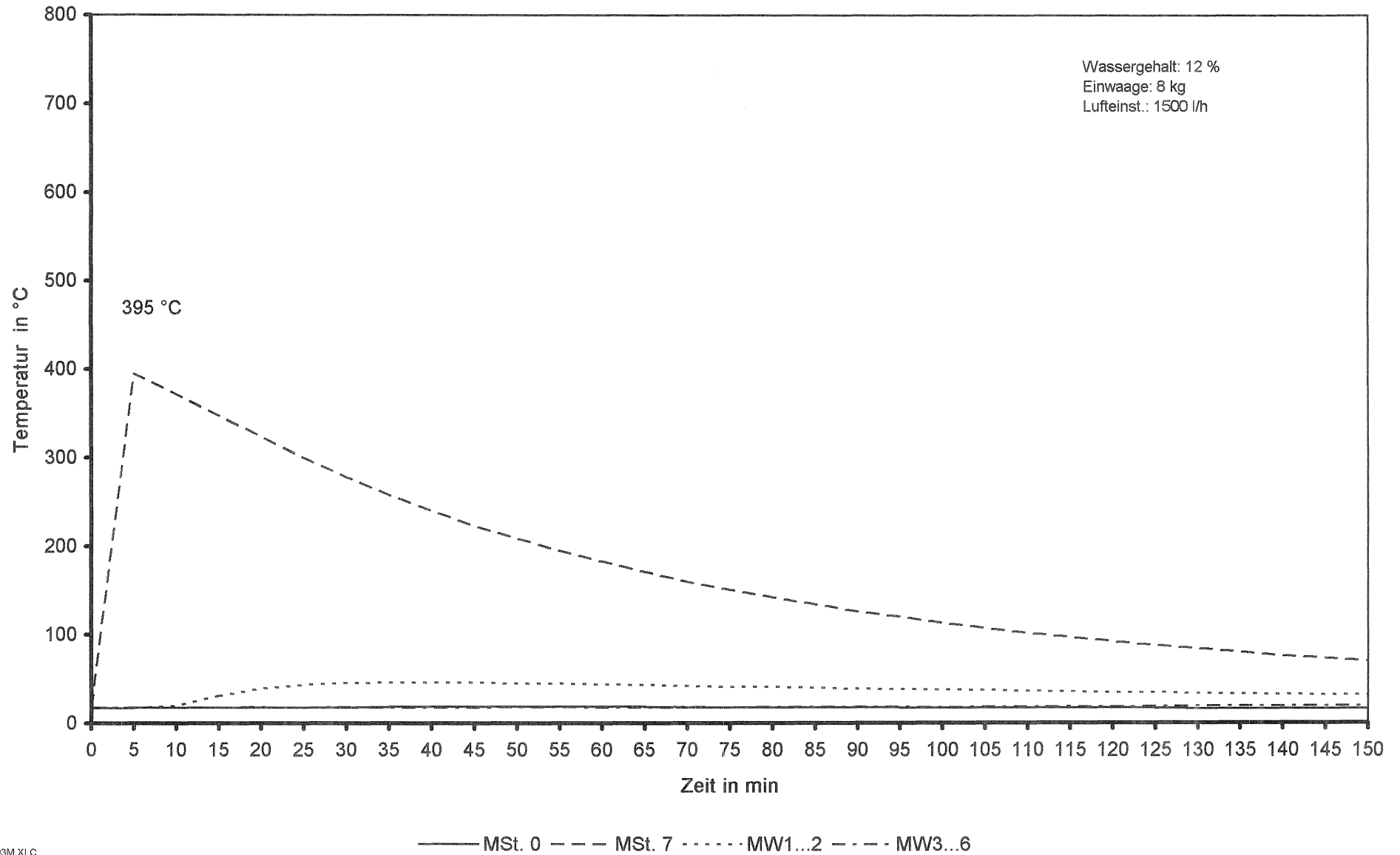


Bild 33: Zelluloseflocken B1, (Vers. 12)

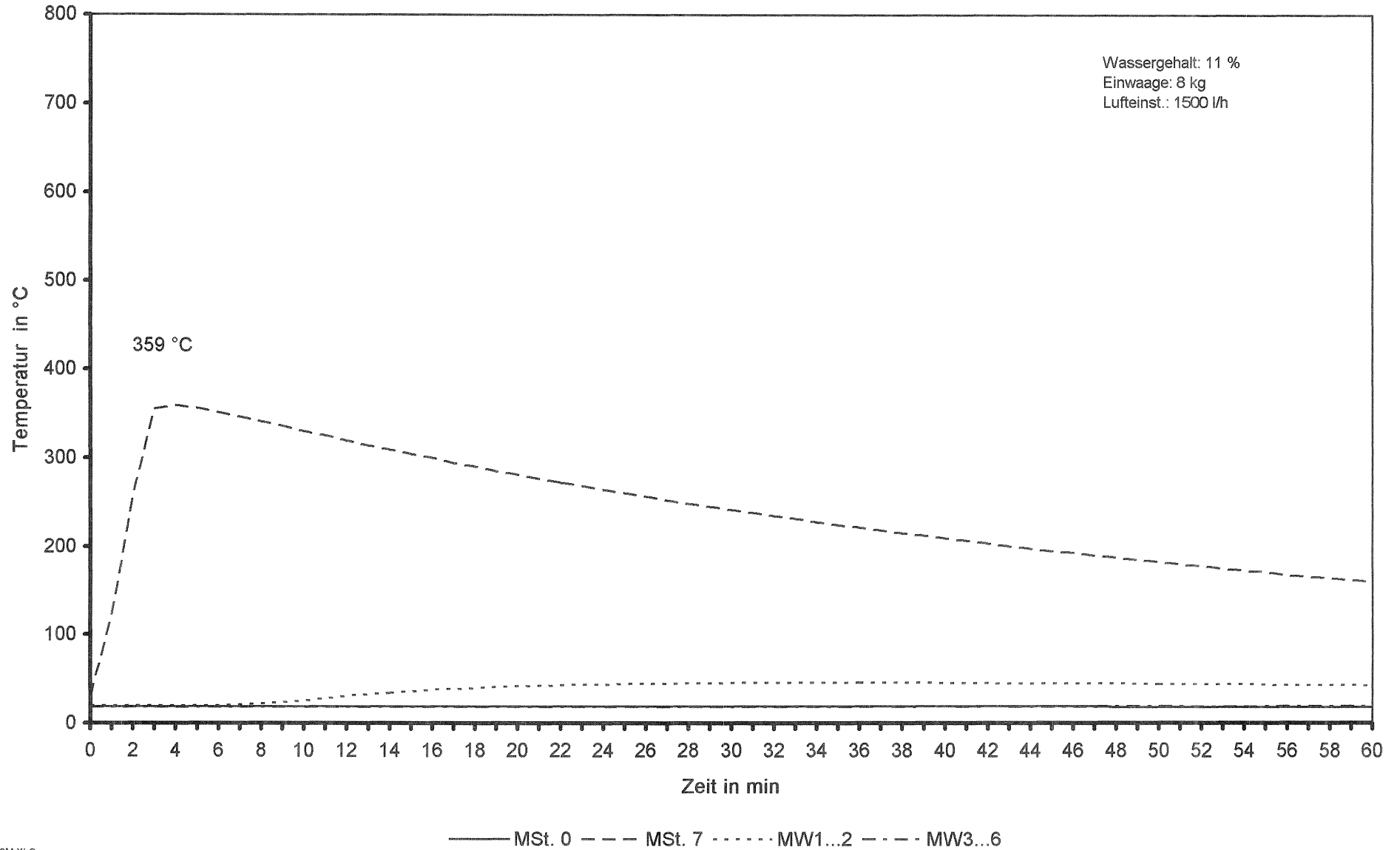


Bild 34: Zelluloseflocken B1, (Vers. 13)

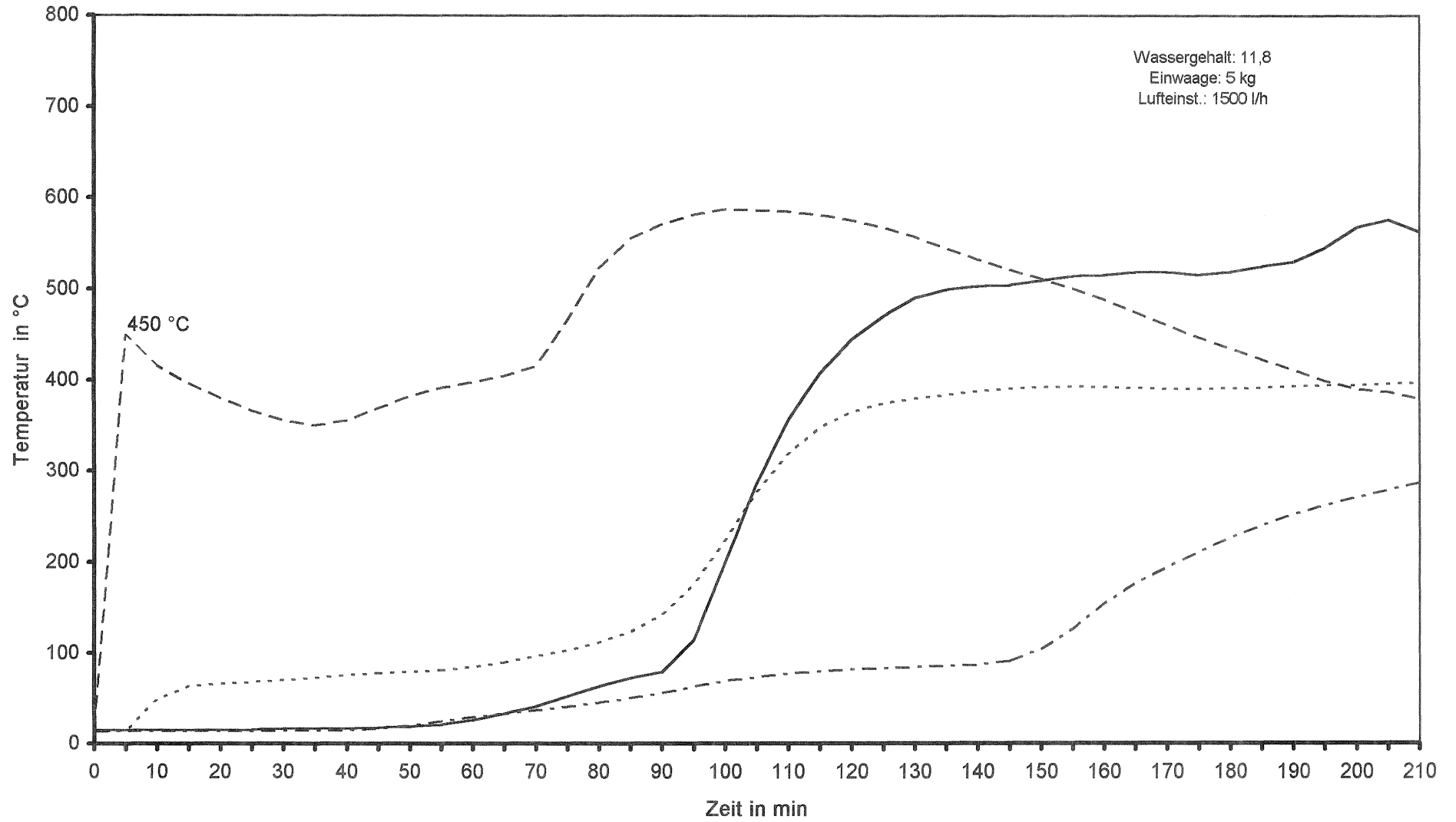


Bild 35: Zelluloseflocken B1, (Vers. 14)

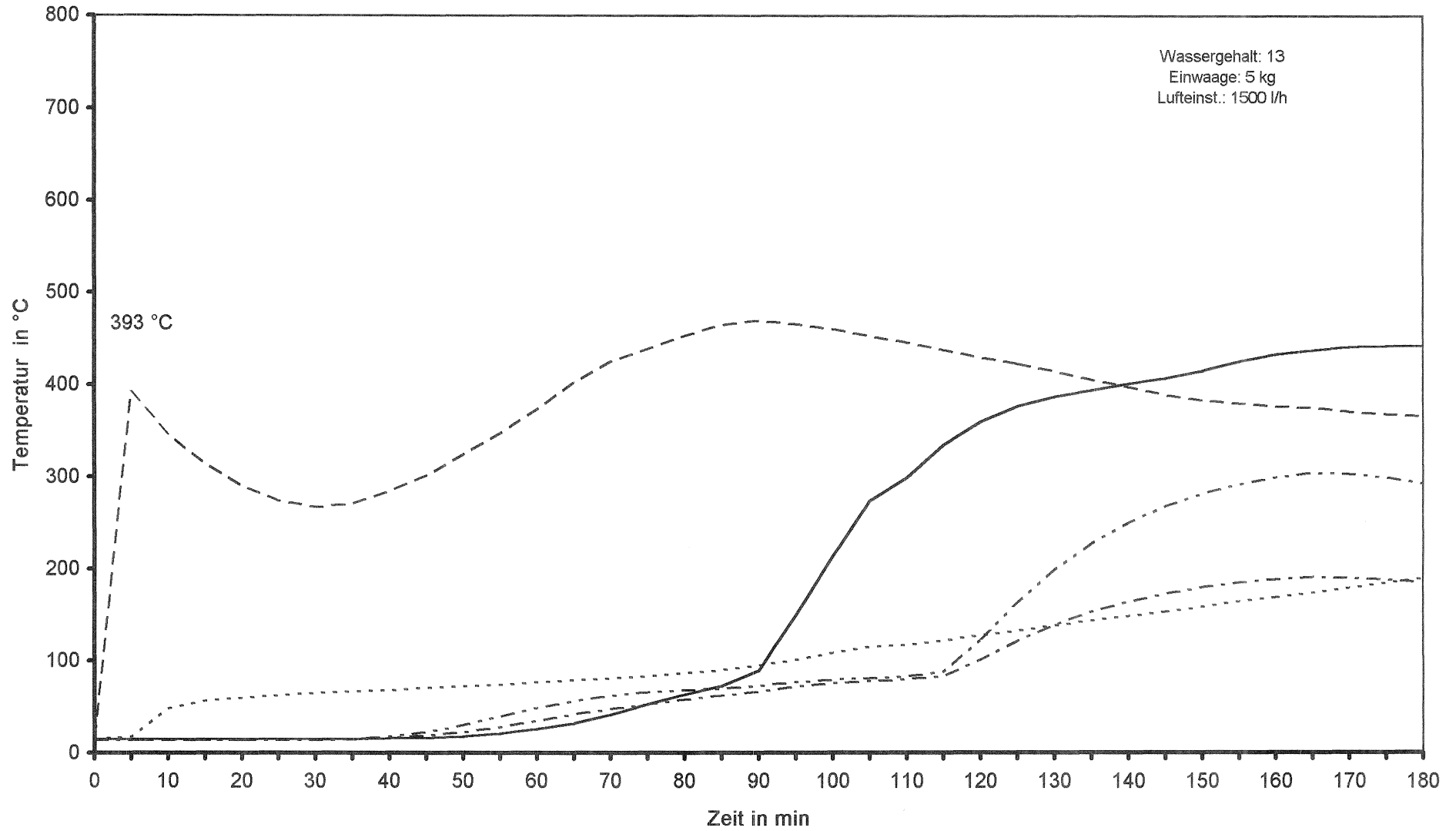
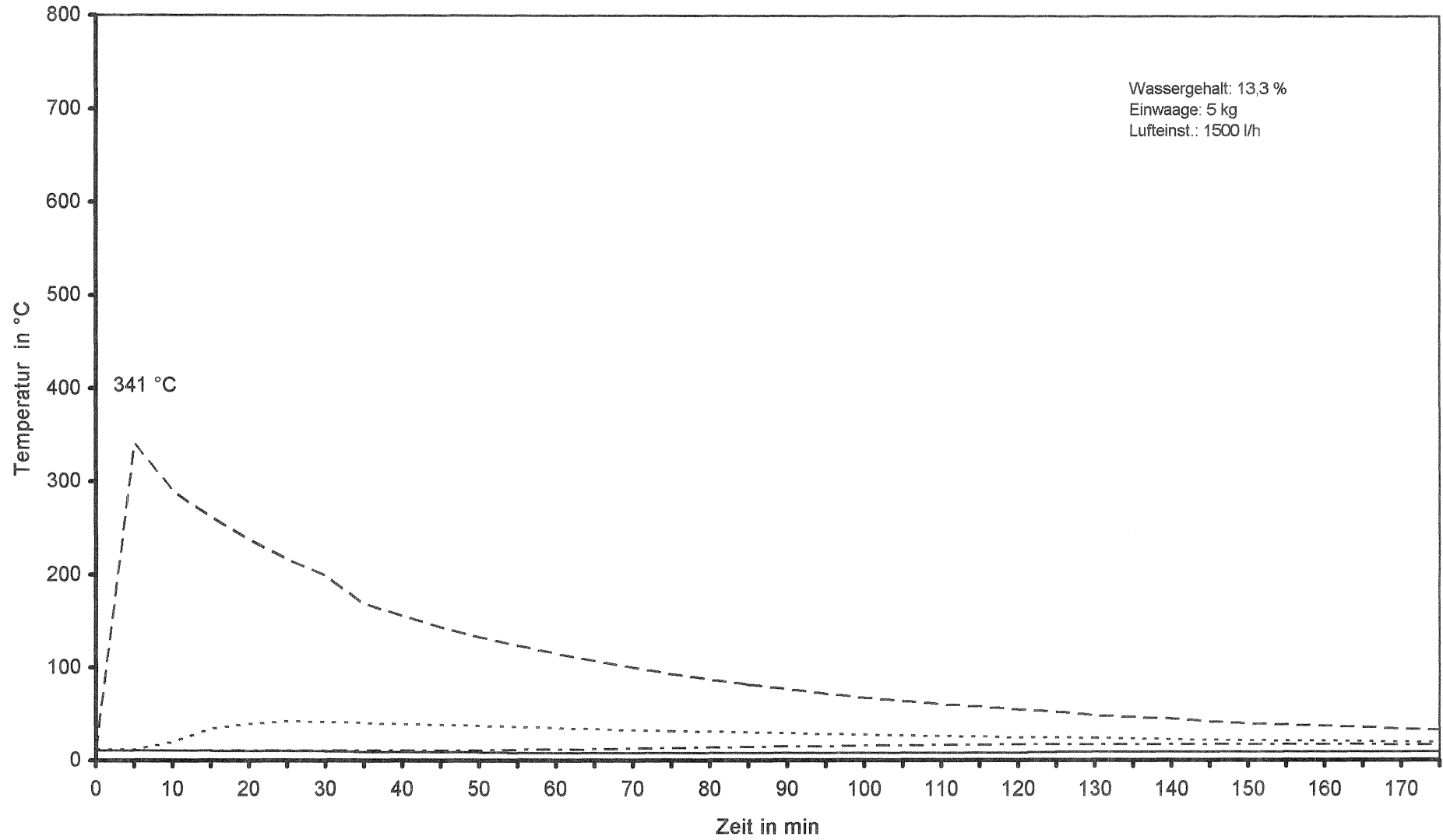


Bild 36: Zelluloseflocken B1, (Vers. 15)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 37: HWL - Platten, (Vers. 16)

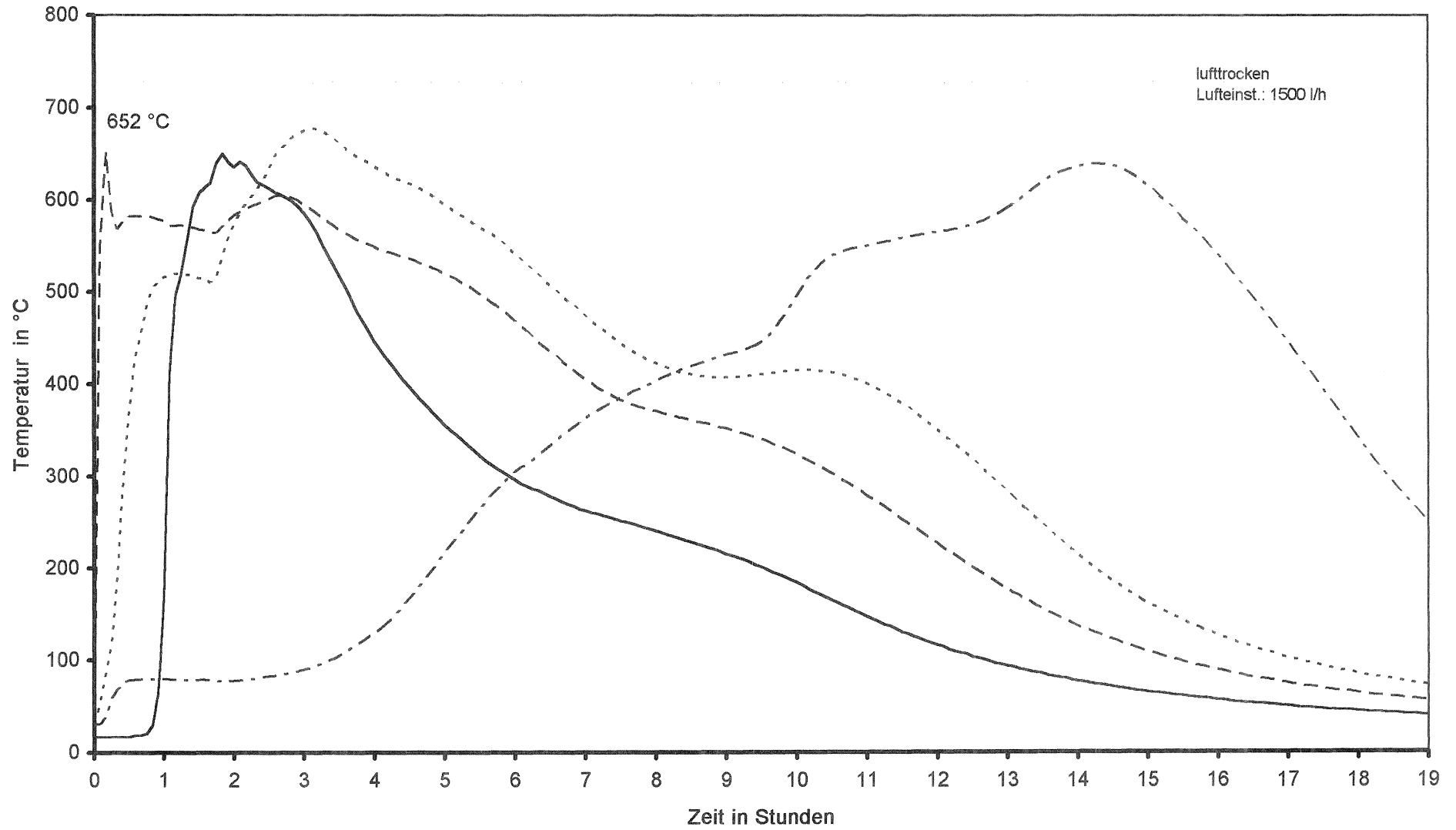
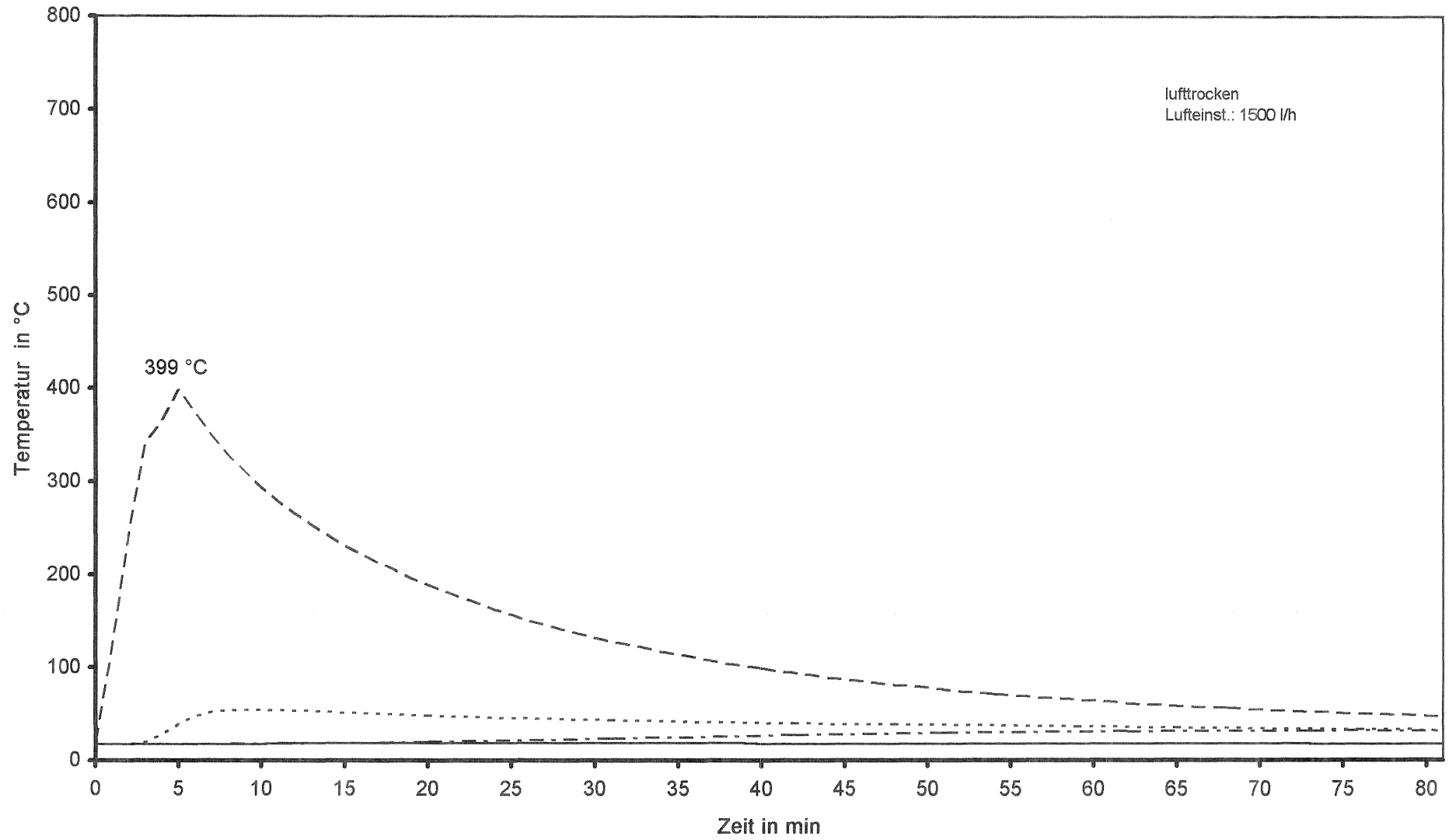
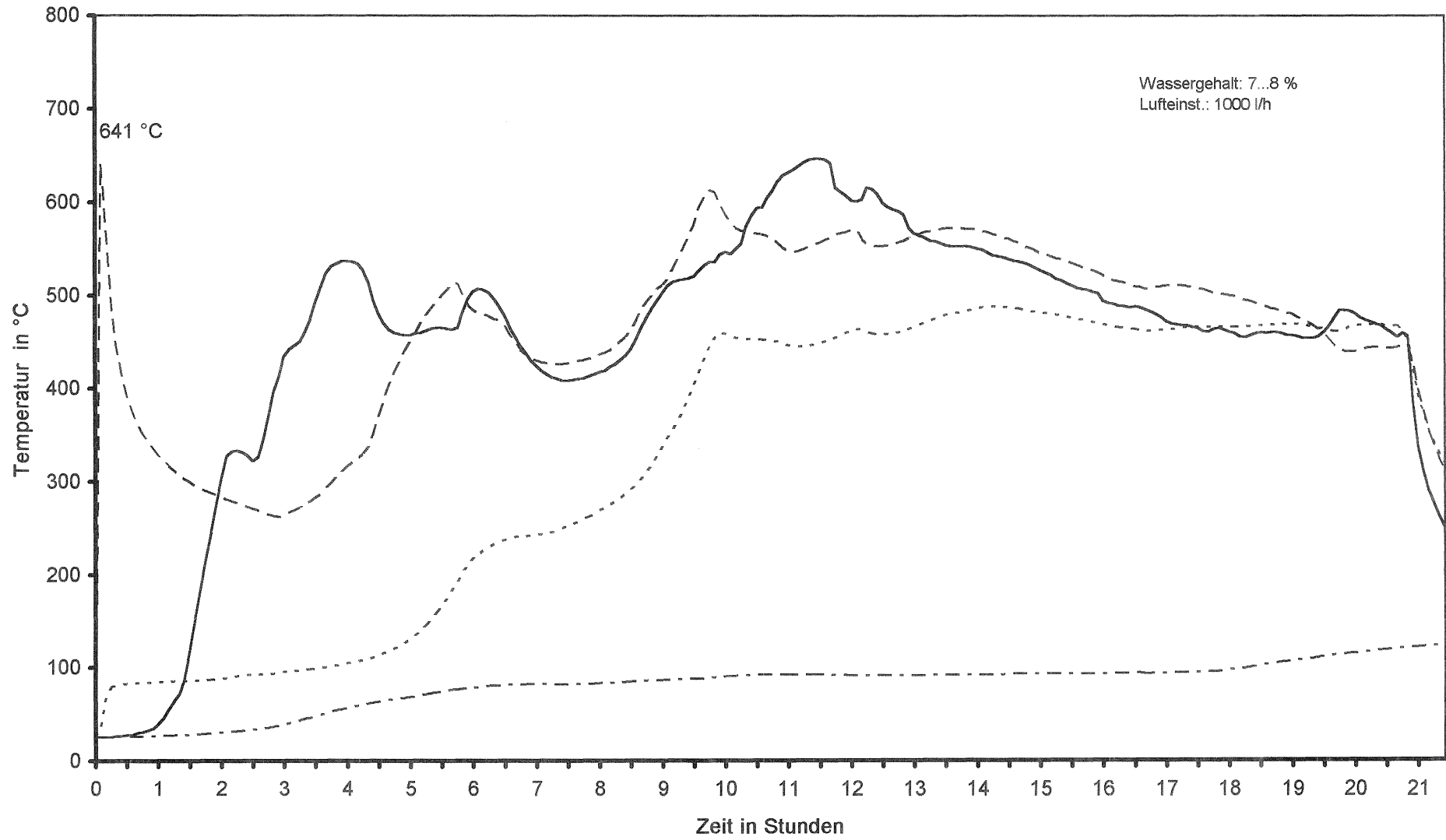


Bild 38: HWL - Platten, (Vers. 17)



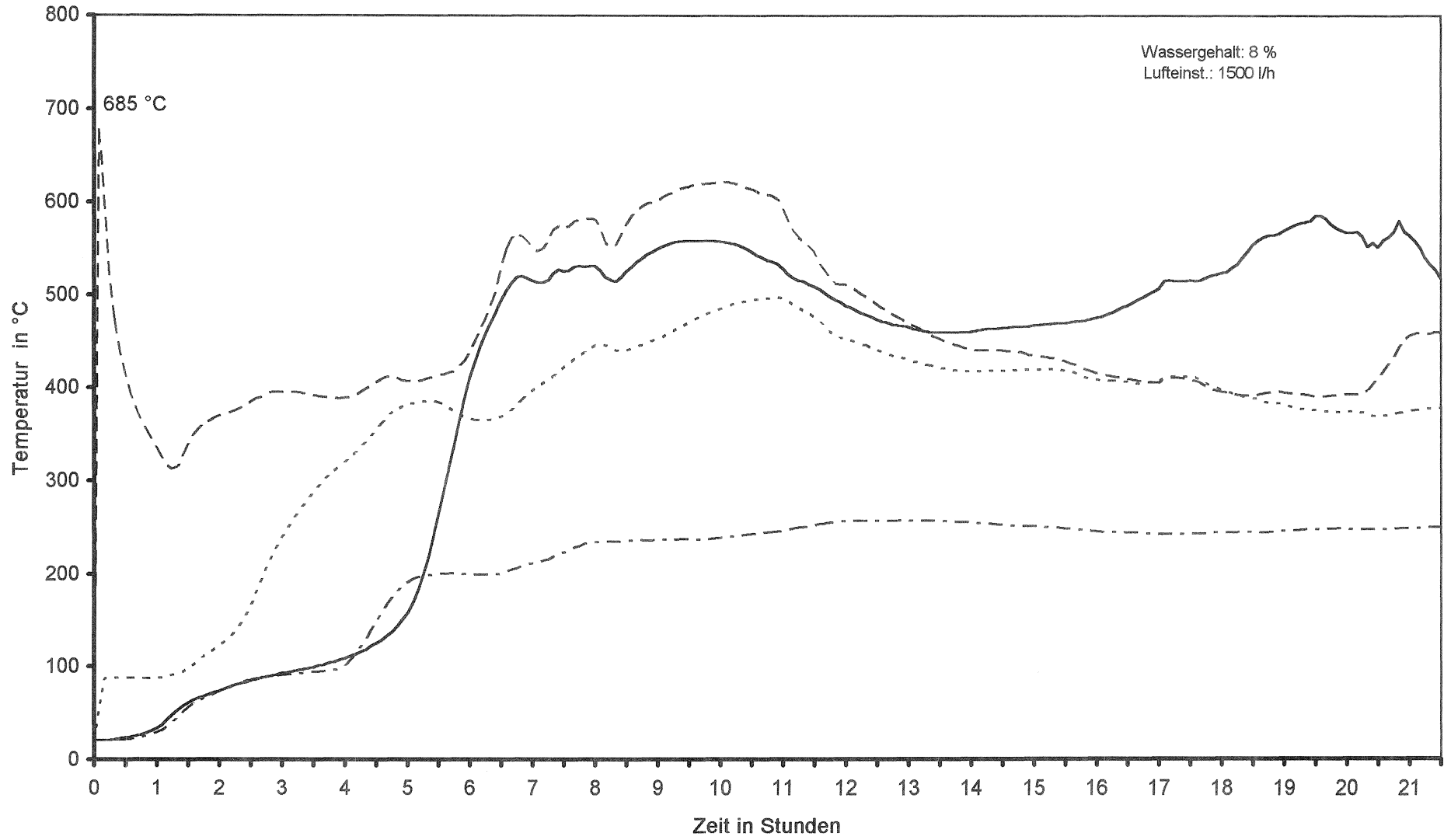
— Mst. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 39: Weichfaserdämmstoff, (Vers. 18)



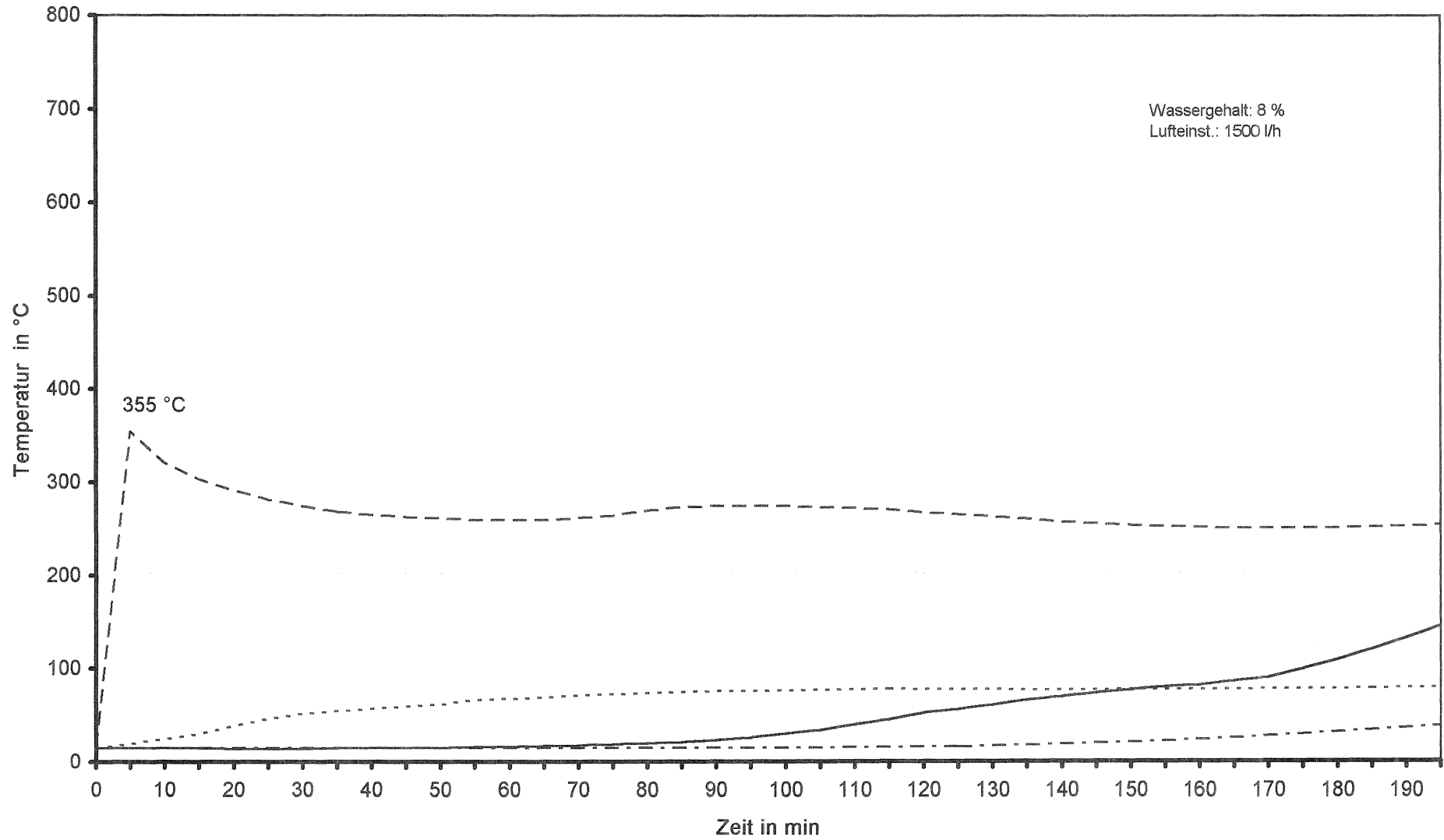
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 40: Weichfaserdämmstoff, (Vers.19)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - - - MW3...6

Bild 41: Weichfaserdämmstoff, (Vers. 20)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 42: Weichfaserdämmstoff, (Vers. 20)

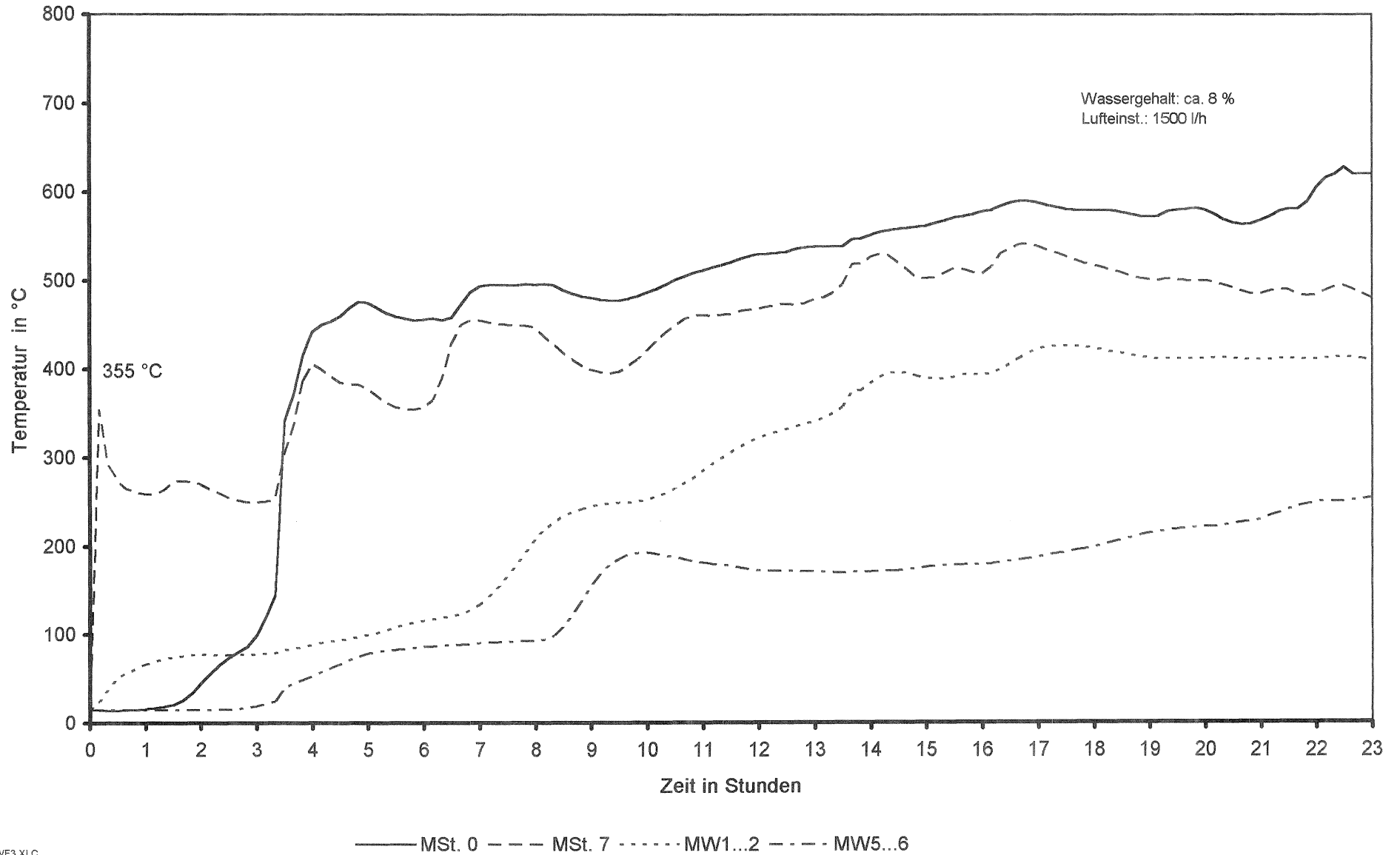
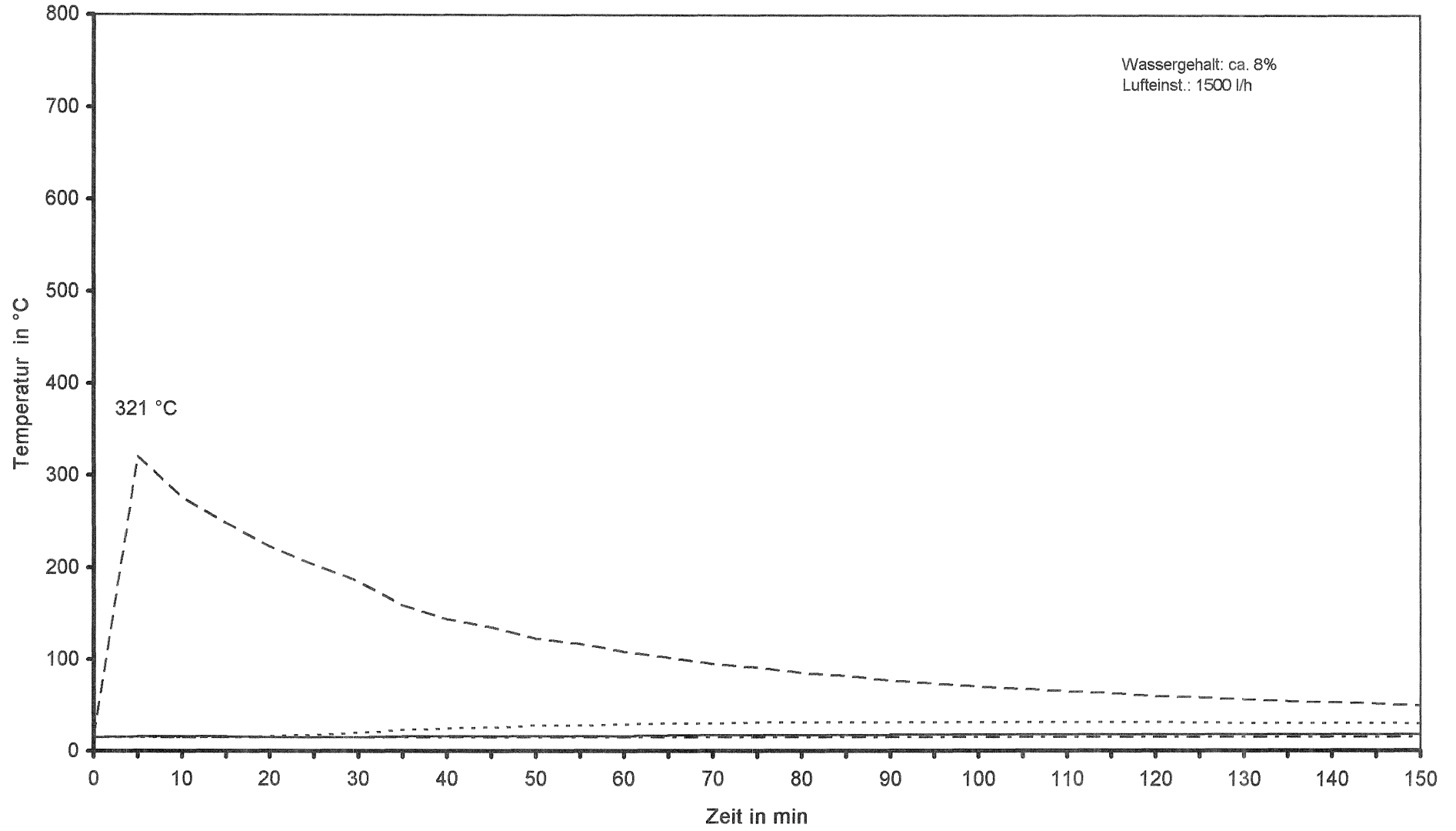
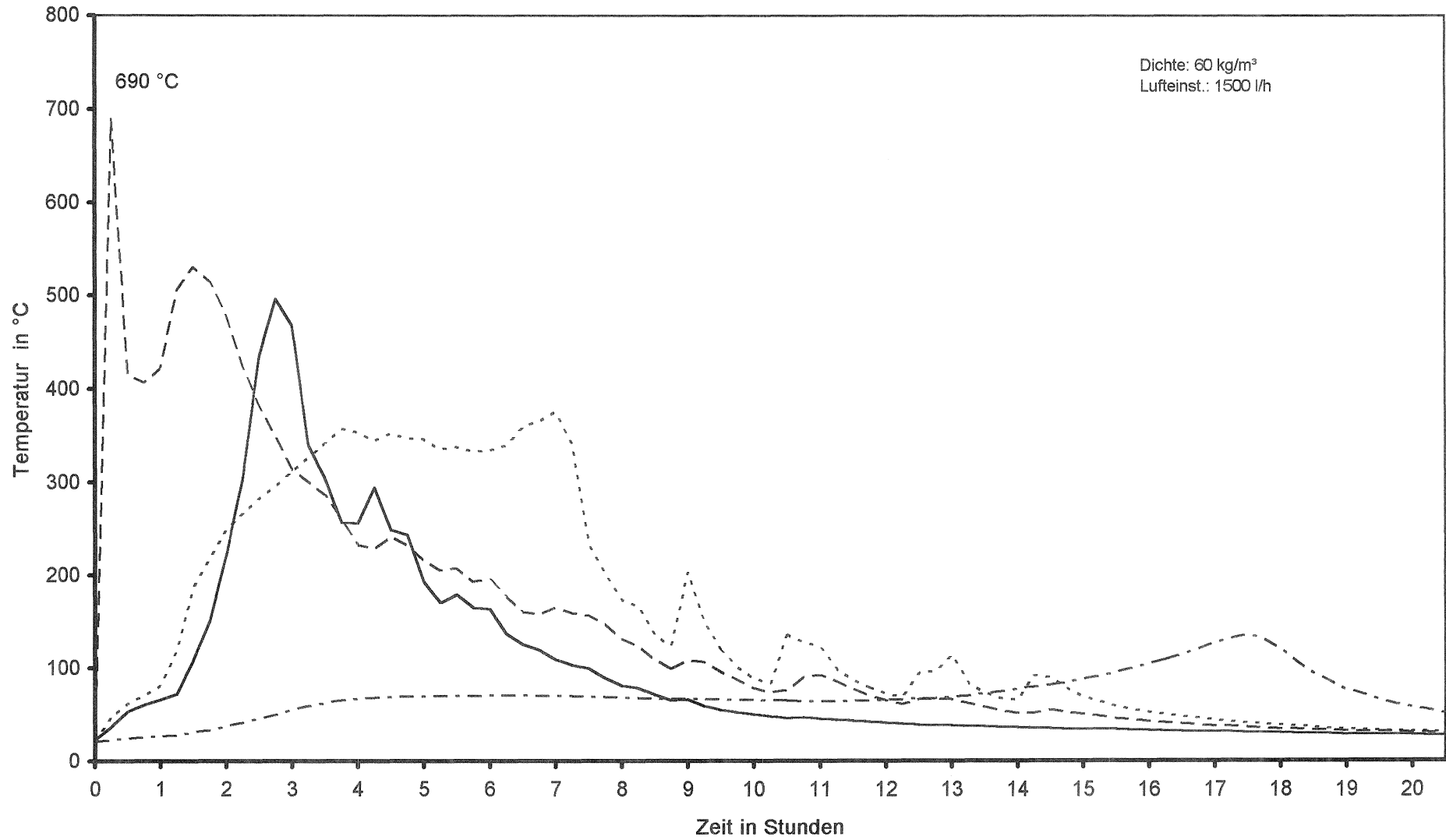


Bild 43: Weichfaserdämmstoff, (Vers. 21)



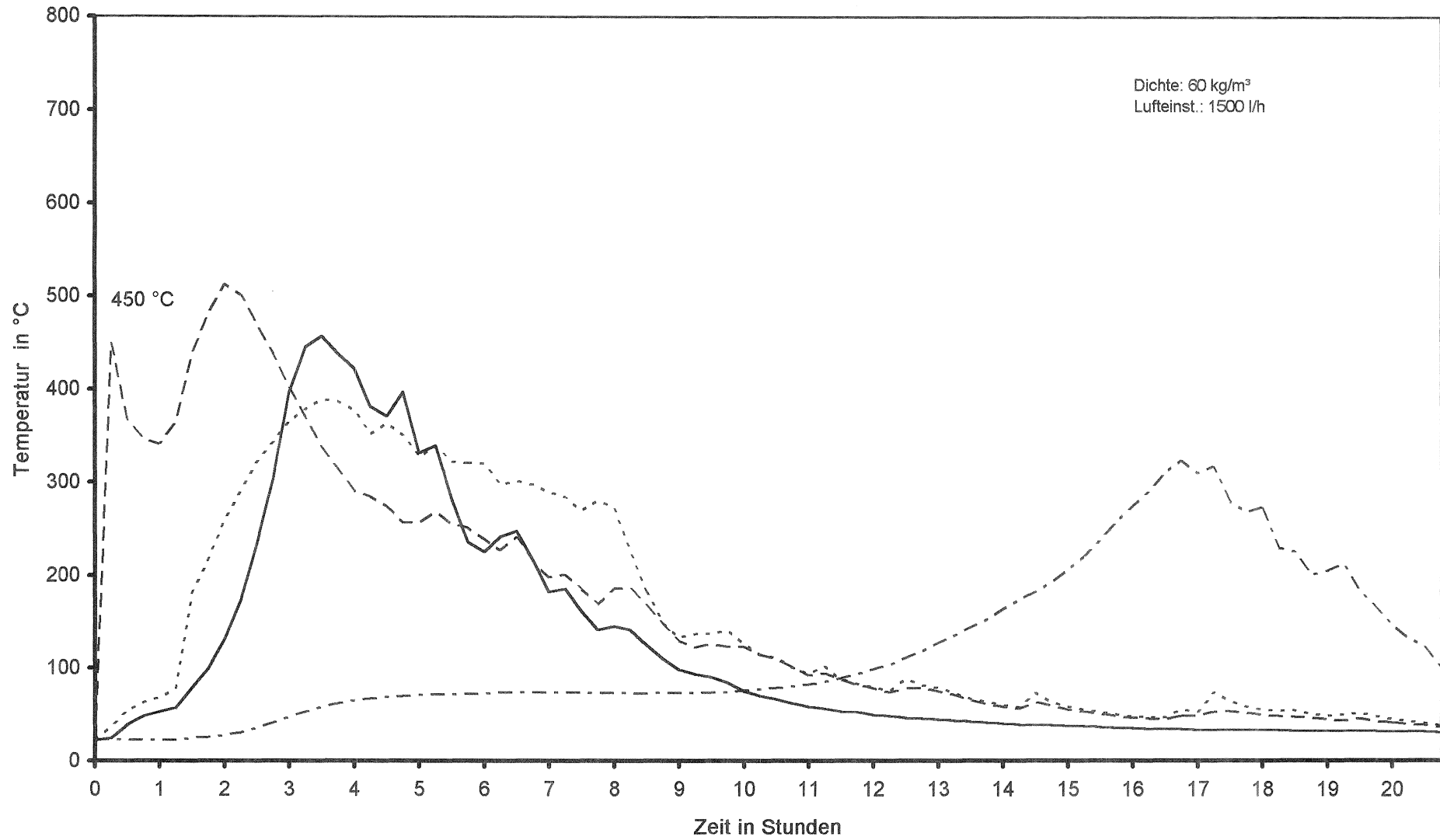
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 44: Phenolharz-Hartschaum, (Vers. 22)



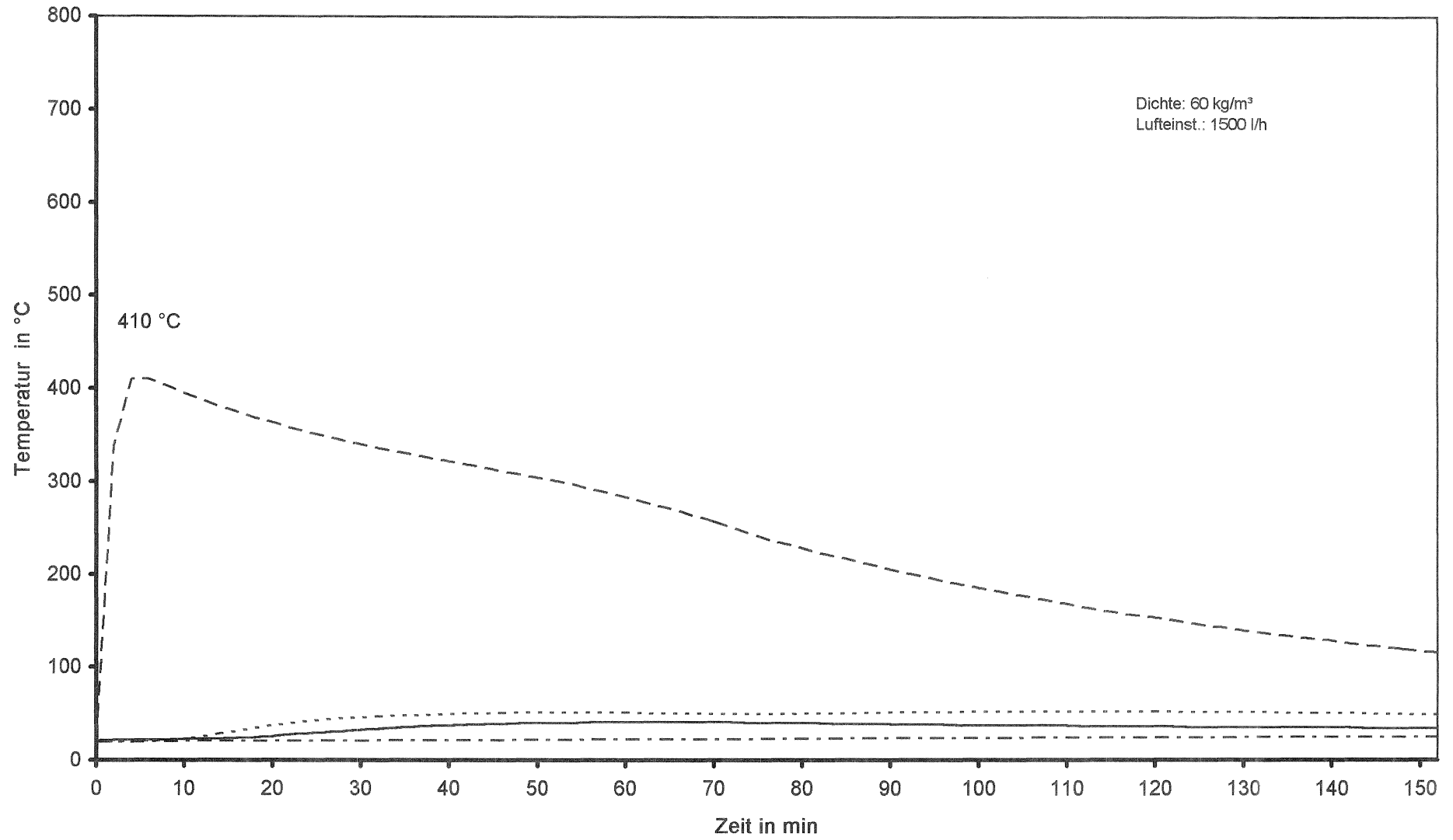
— MSt. 0 - - - MSt. 7 MW1...2 - . - . MW3...6

Bild 45: Phenolharz-Hartschaum, (Vers. 23)



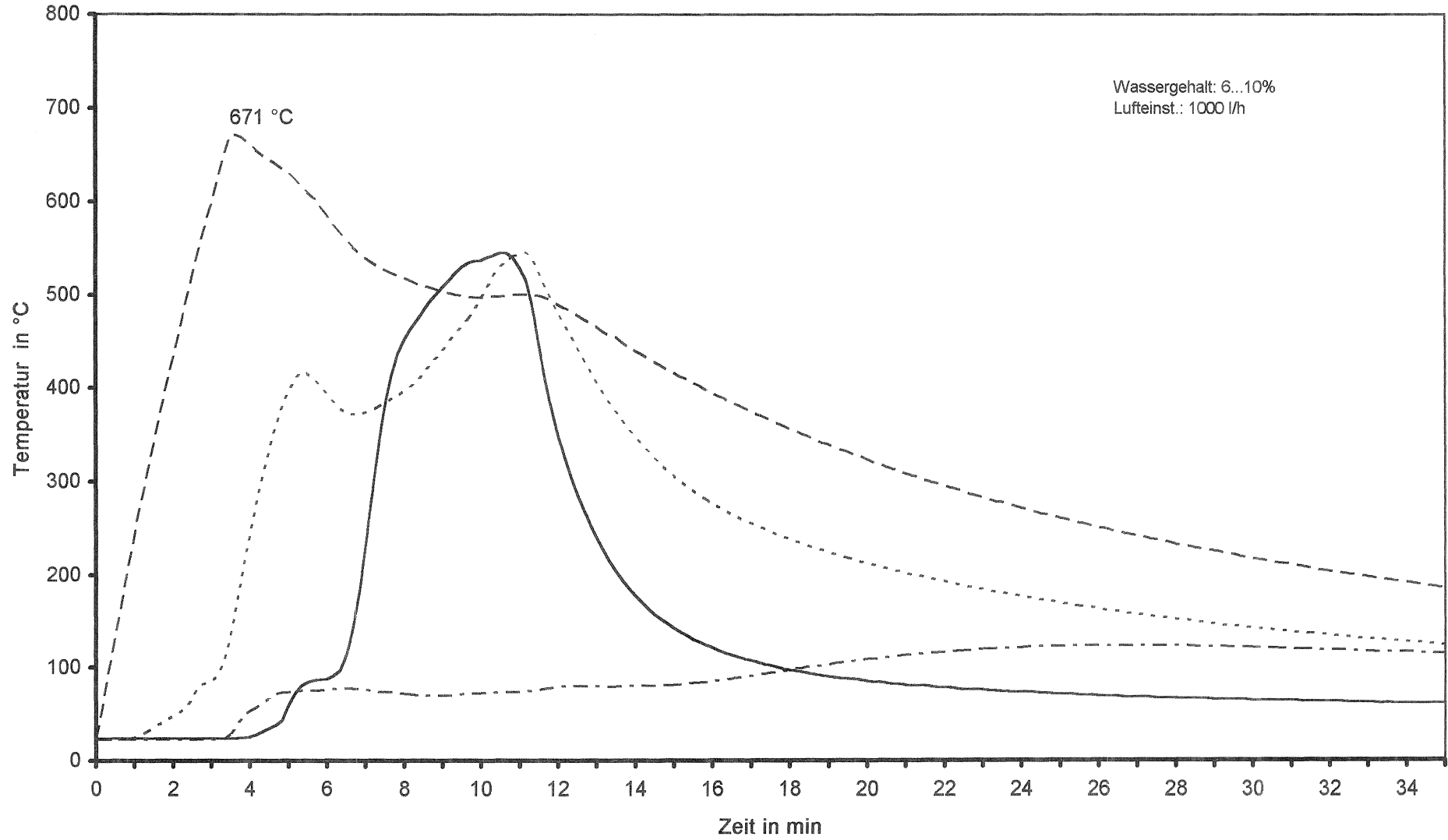
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 46: Phenolhaz-Hartschaum, (Vers. 24)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 47: Holzwolle, (Vers. 25)



— MSt. 0 — — MSt. 7 - - - - MW1..2 - - - - MW3...6

Bild 48: Holzwolle, (Vers. 26)

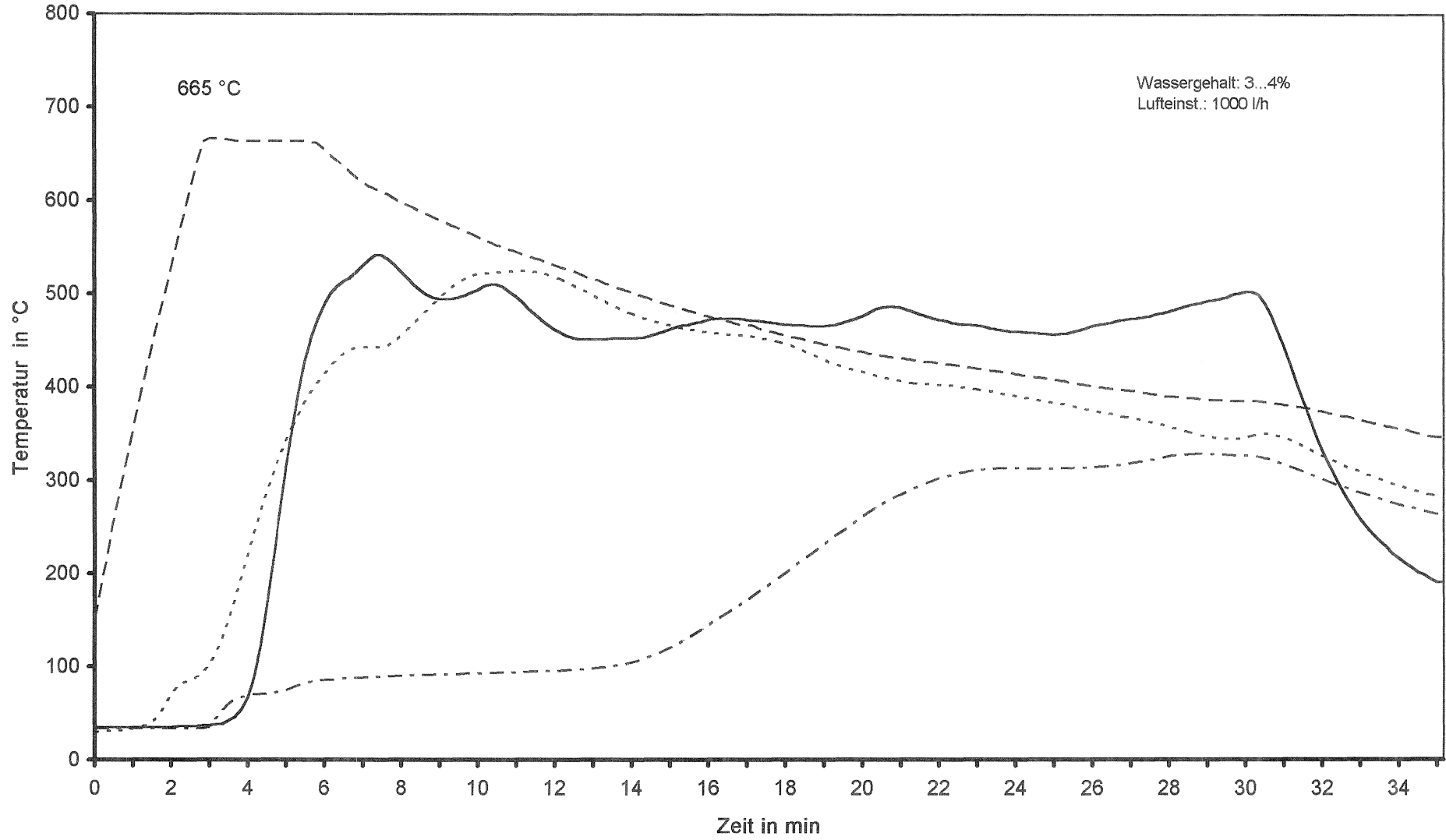


Bild 49: Holzwolle, (Vers. 27)

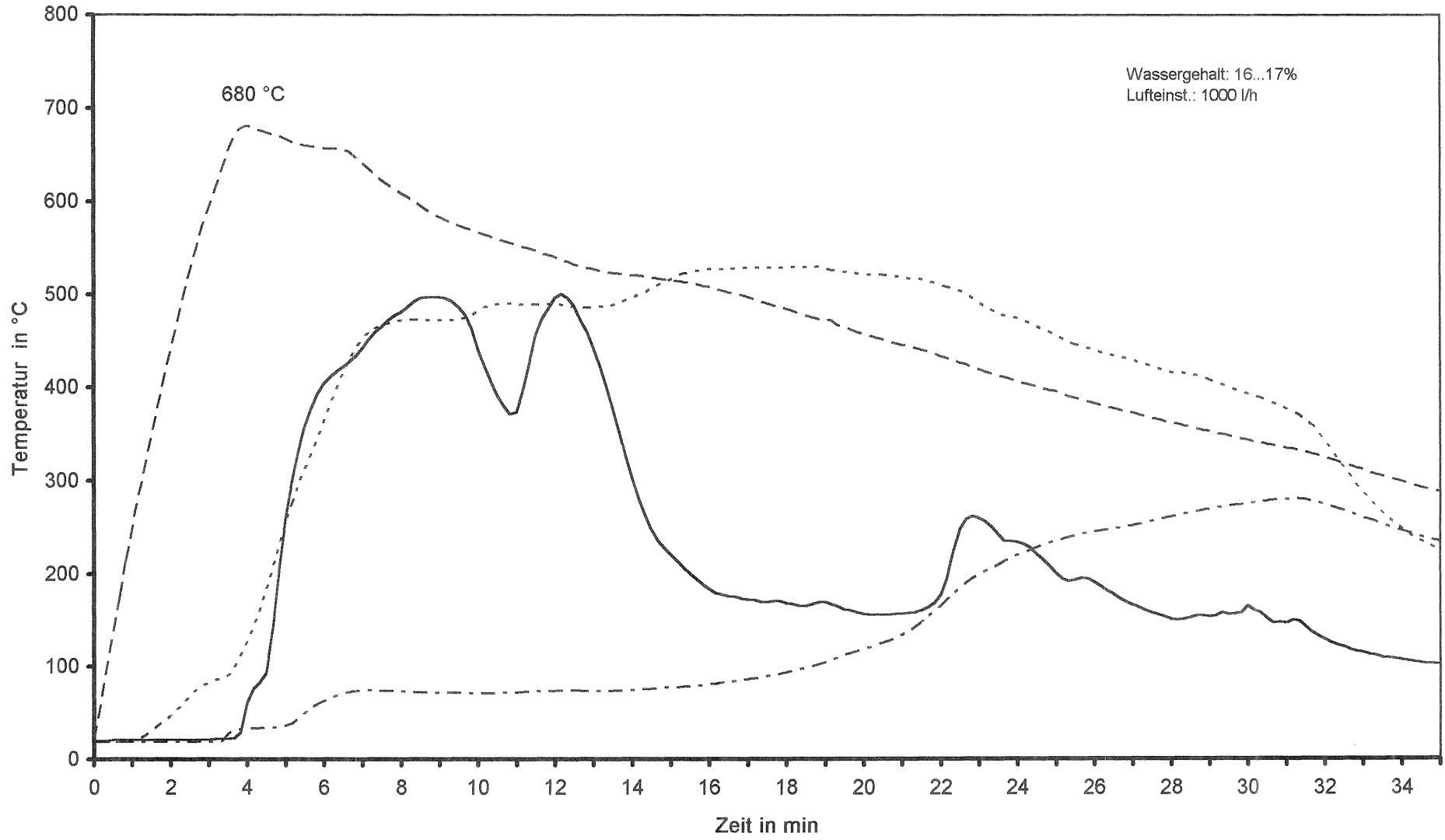


Bild 50: Holzwolle, (Vers. 28)

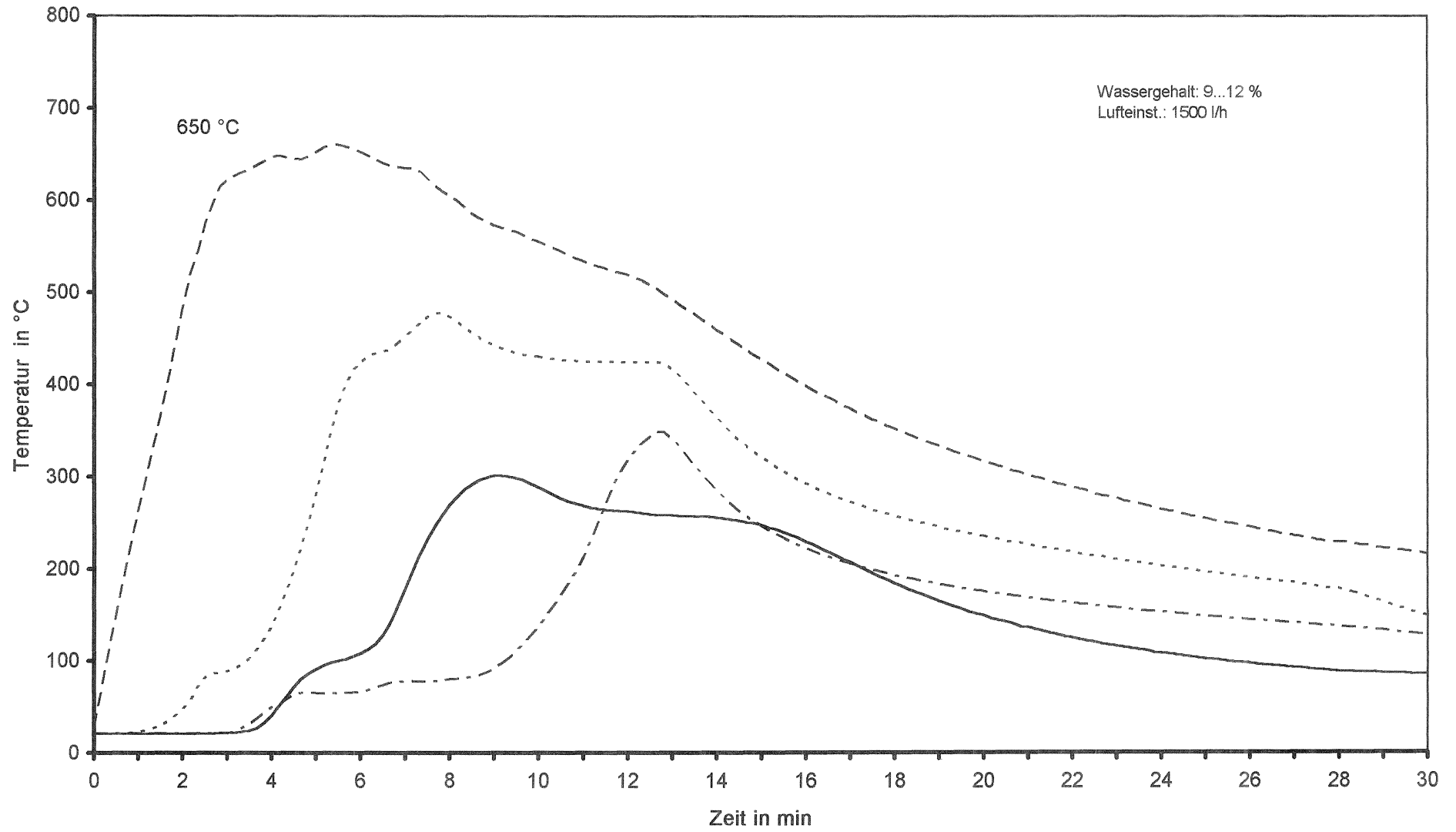
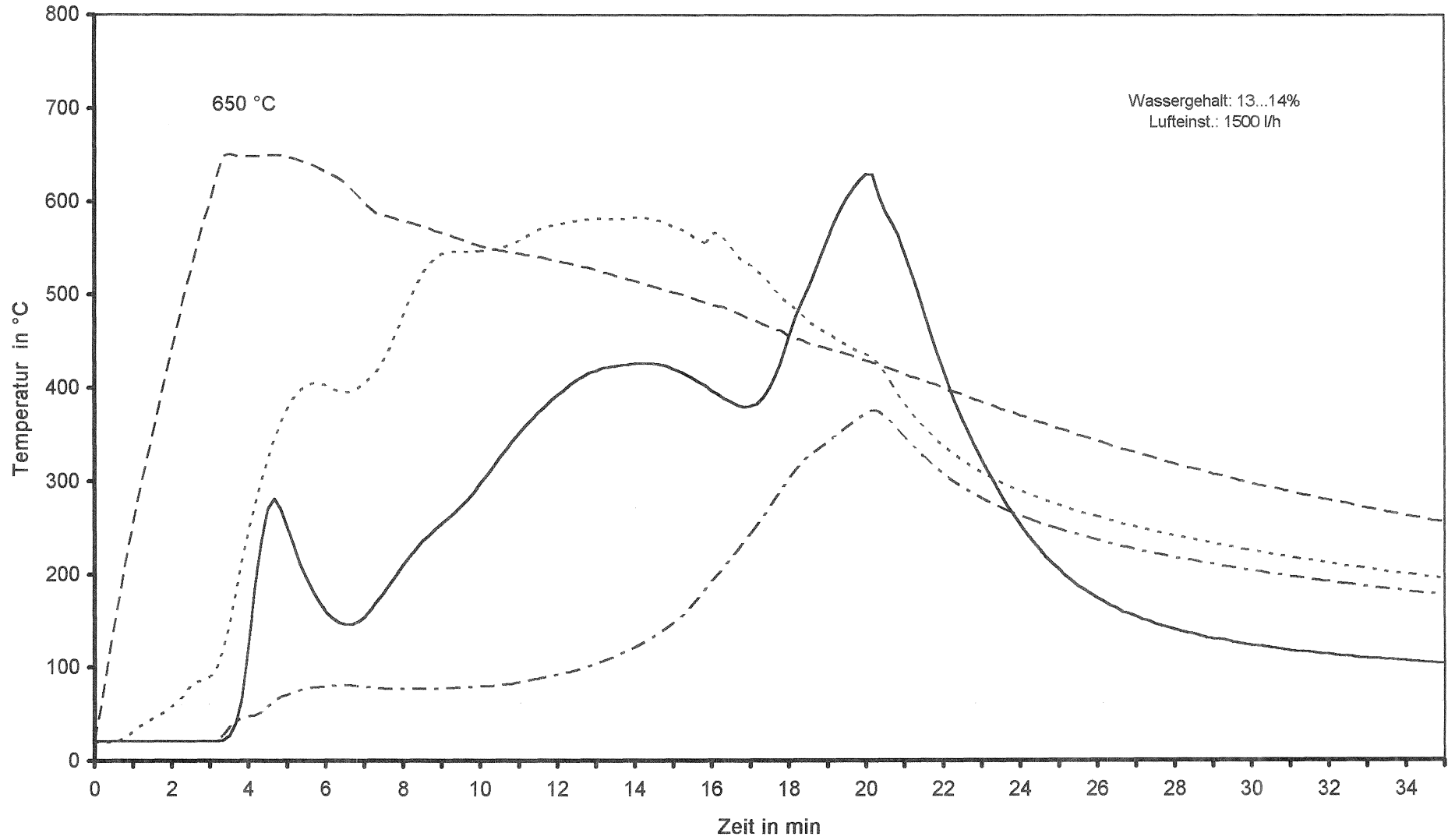


Bild 51: Holzwolle, (Vers. 29)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 52: Holzwolle, (Vers. 30)

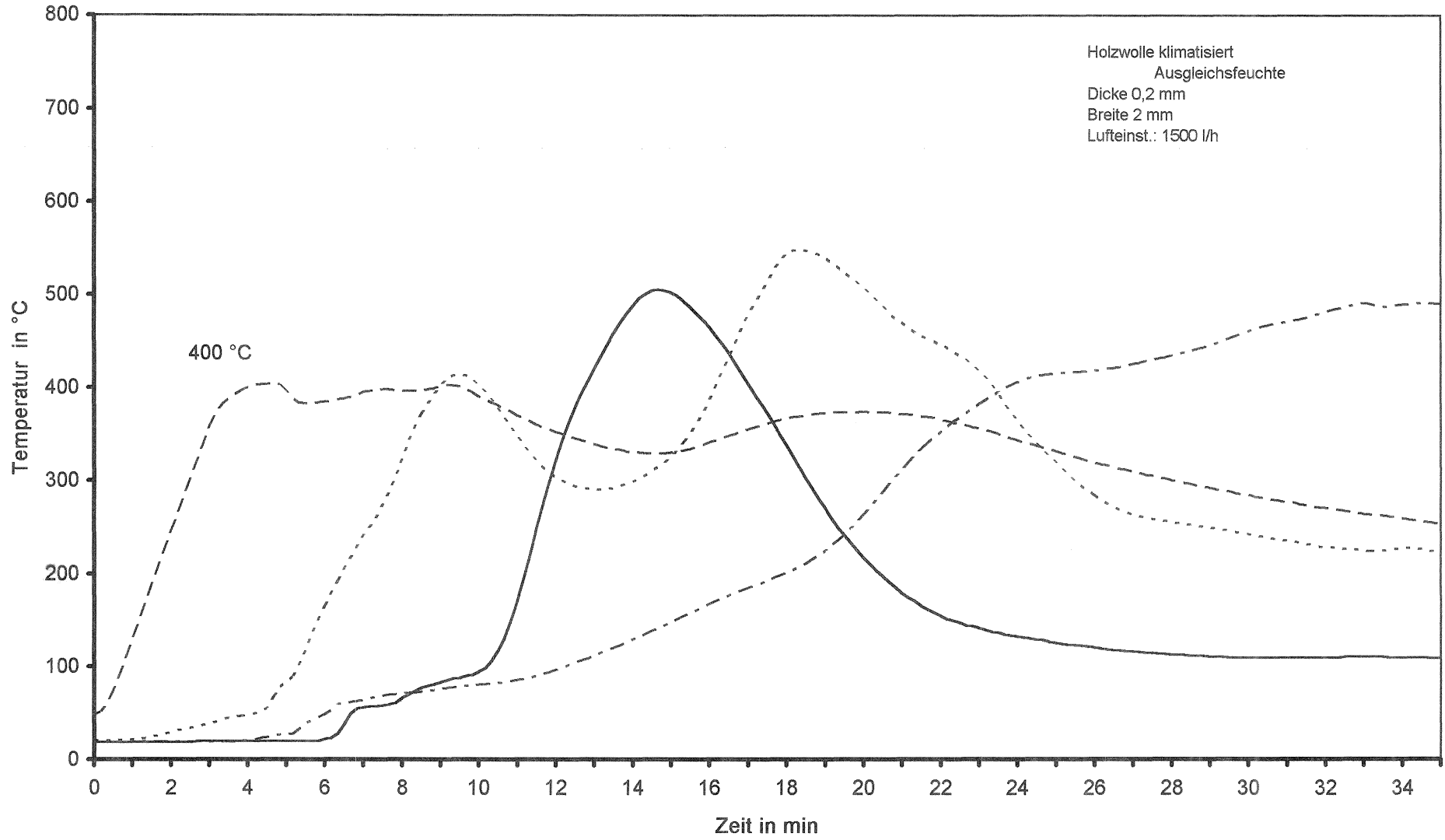
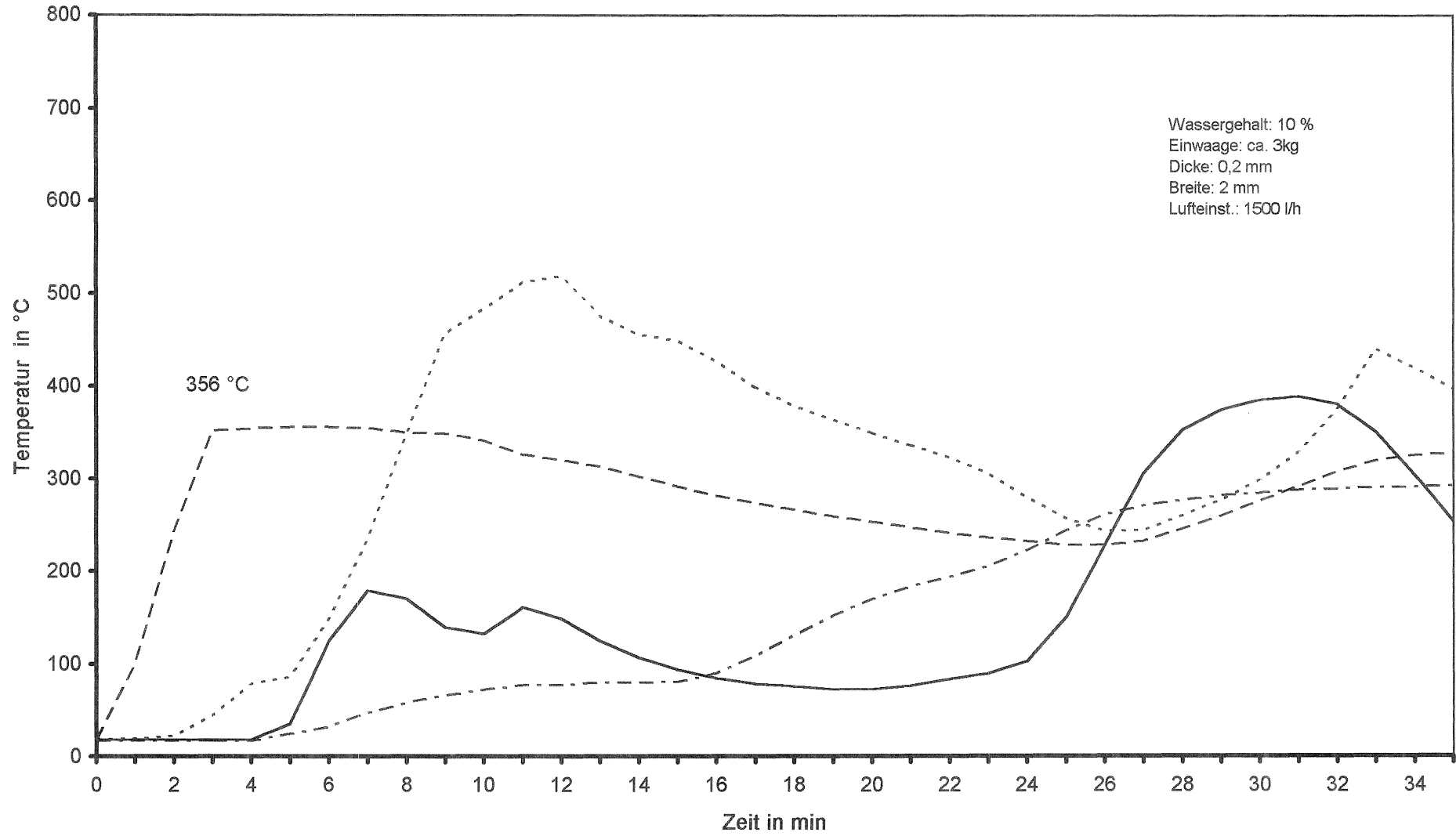
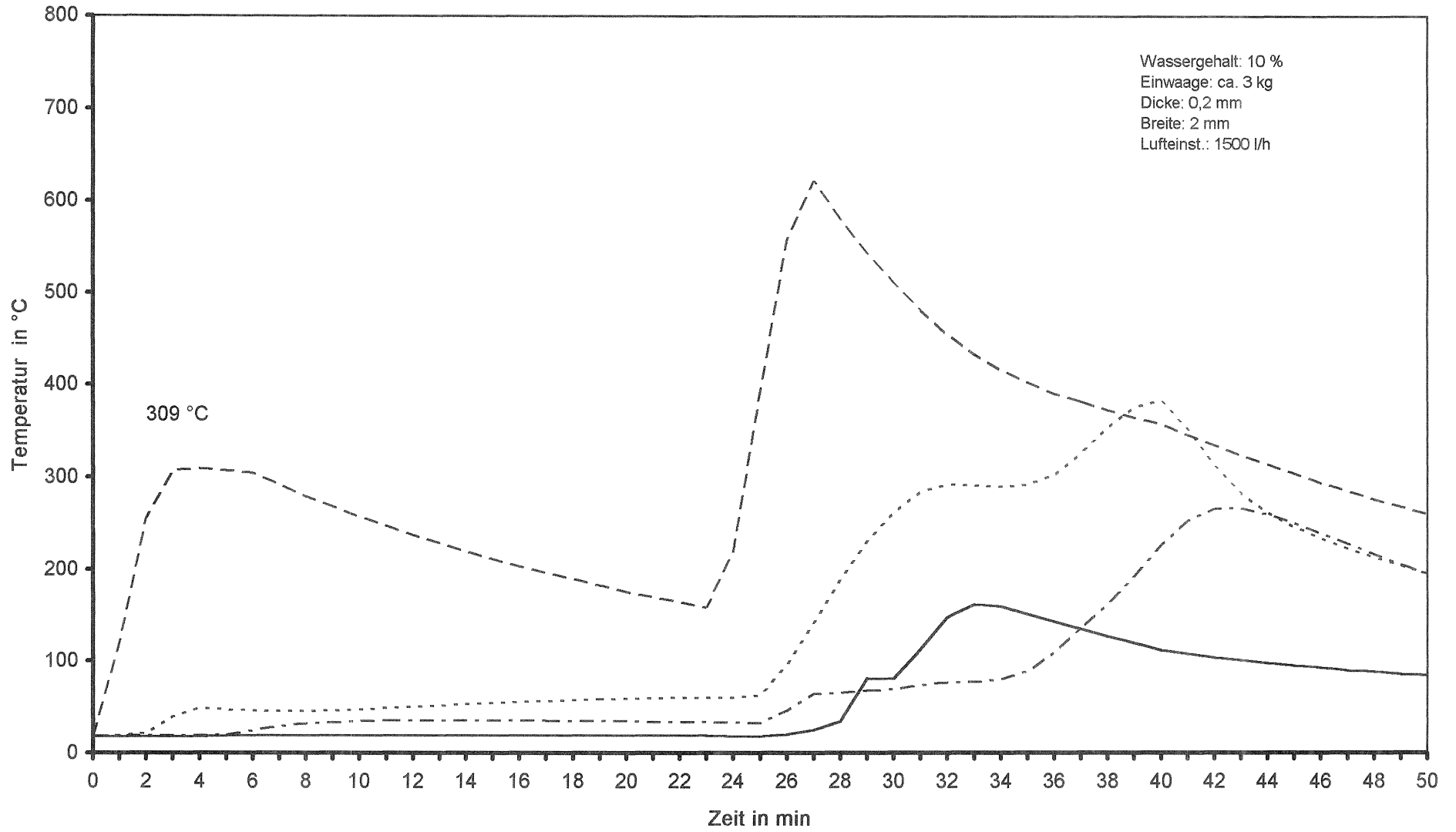


Bild 53: Holzwolle, (Vers. 31)



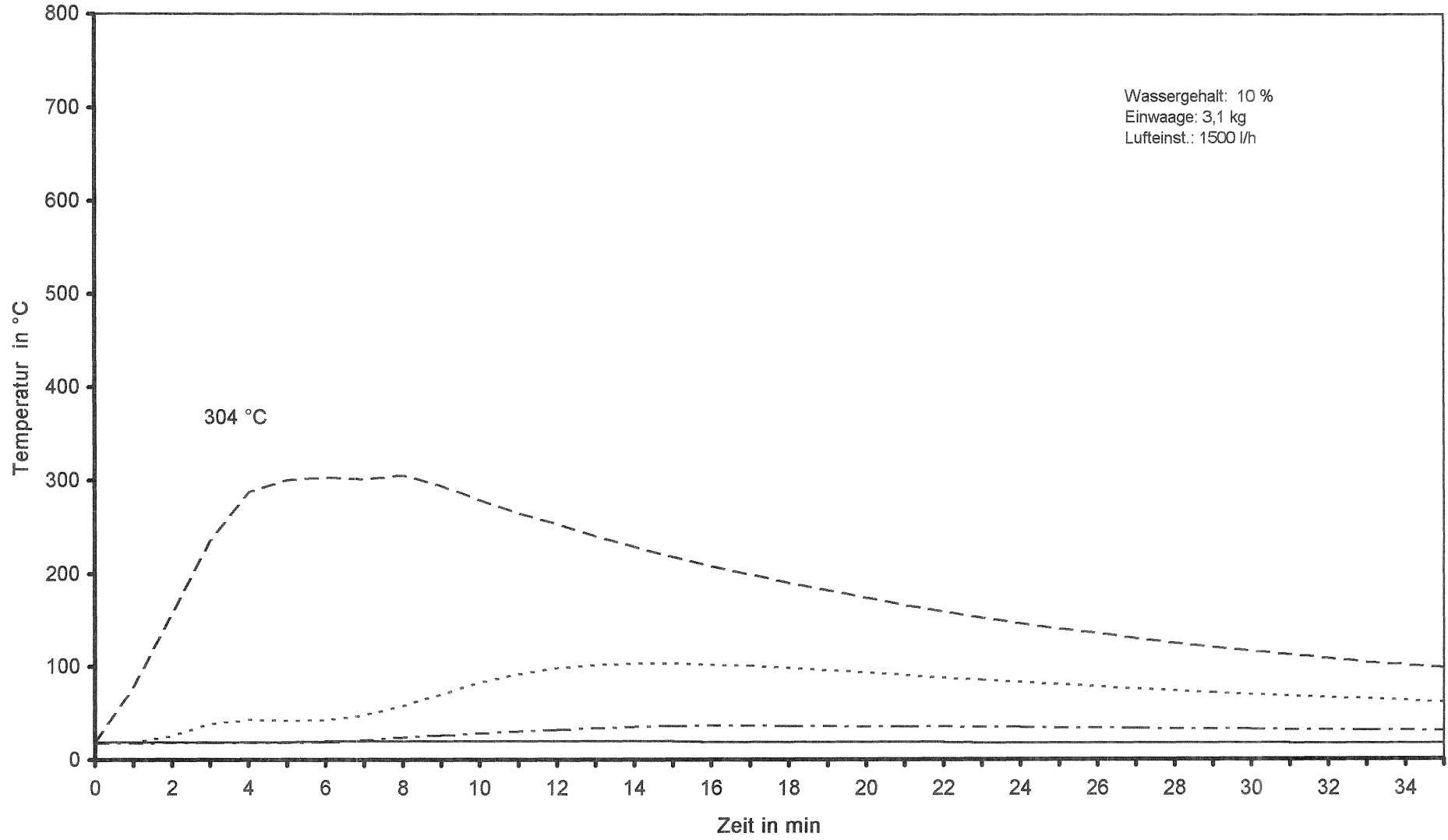
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - - - MW3...6

Bild 54.: Holzwolle, (Vers. 32)



— MSt. 0 --- MSt. 7 MW1...2 - - - - MW3...4

Bild 55: Holzwolle, (Vers. 33)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - - - MW3...6

Bild 56: Torf, (Vers. 34)

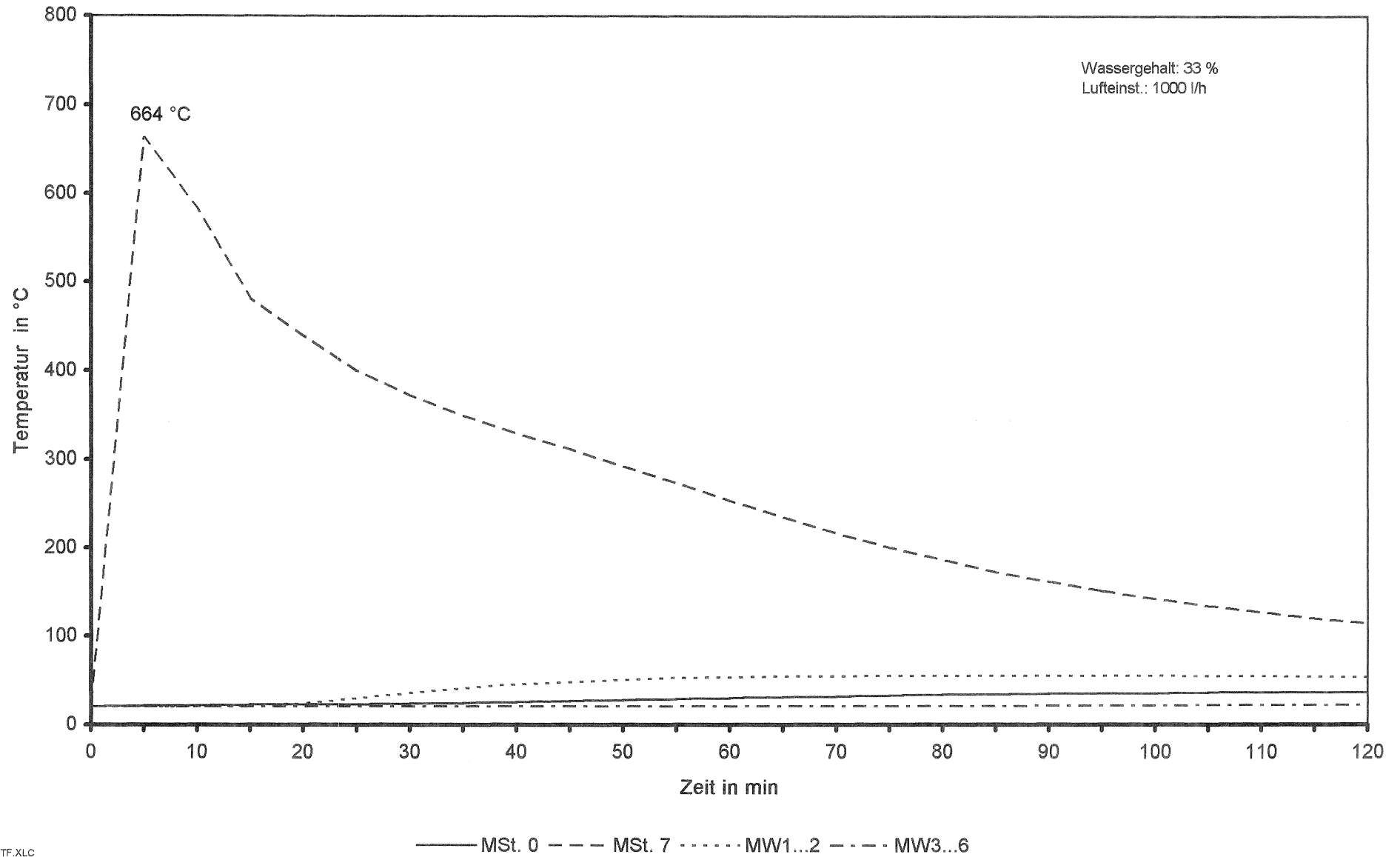


Bild 57: Holzbretter (Vers. 35)

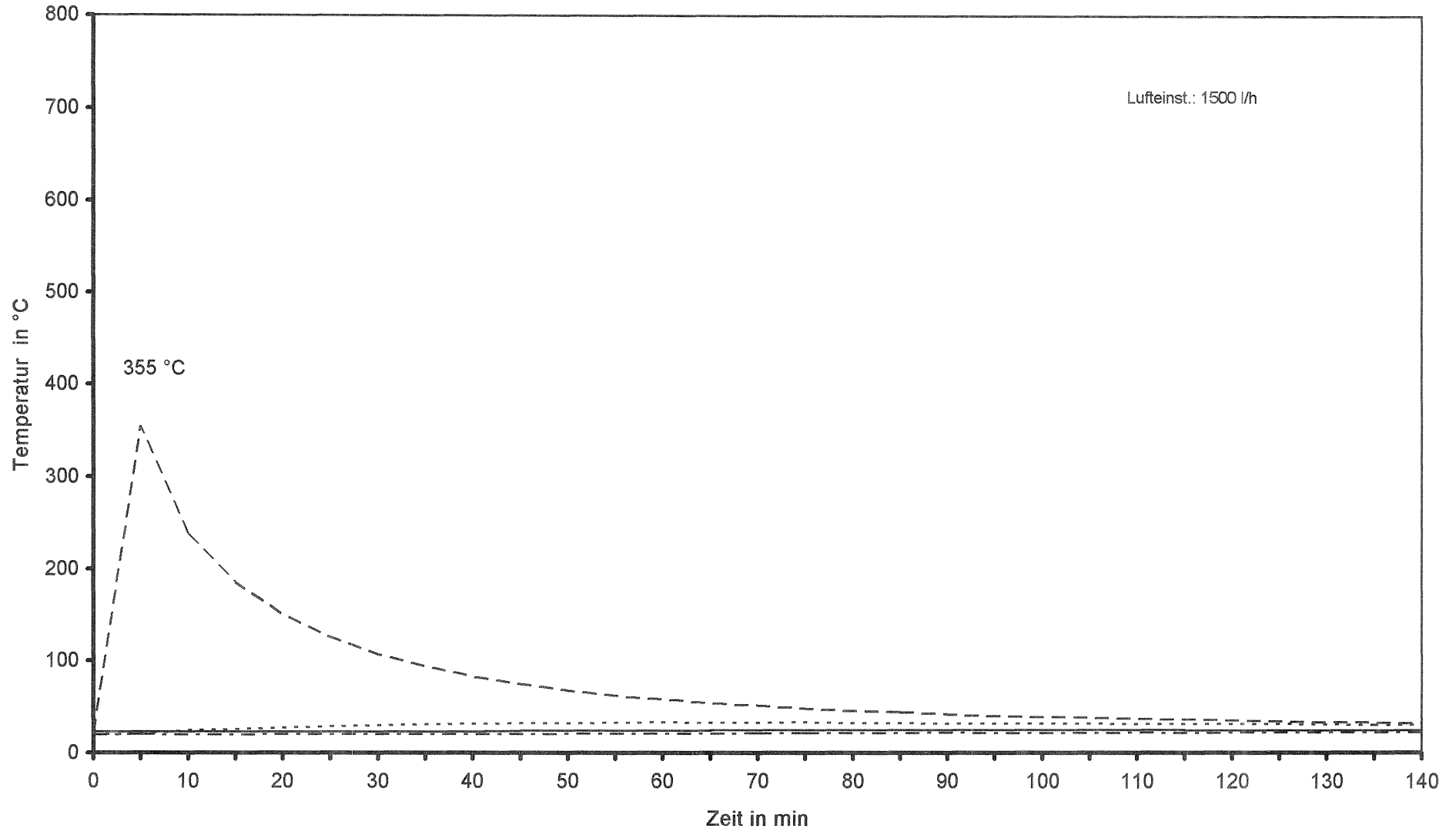
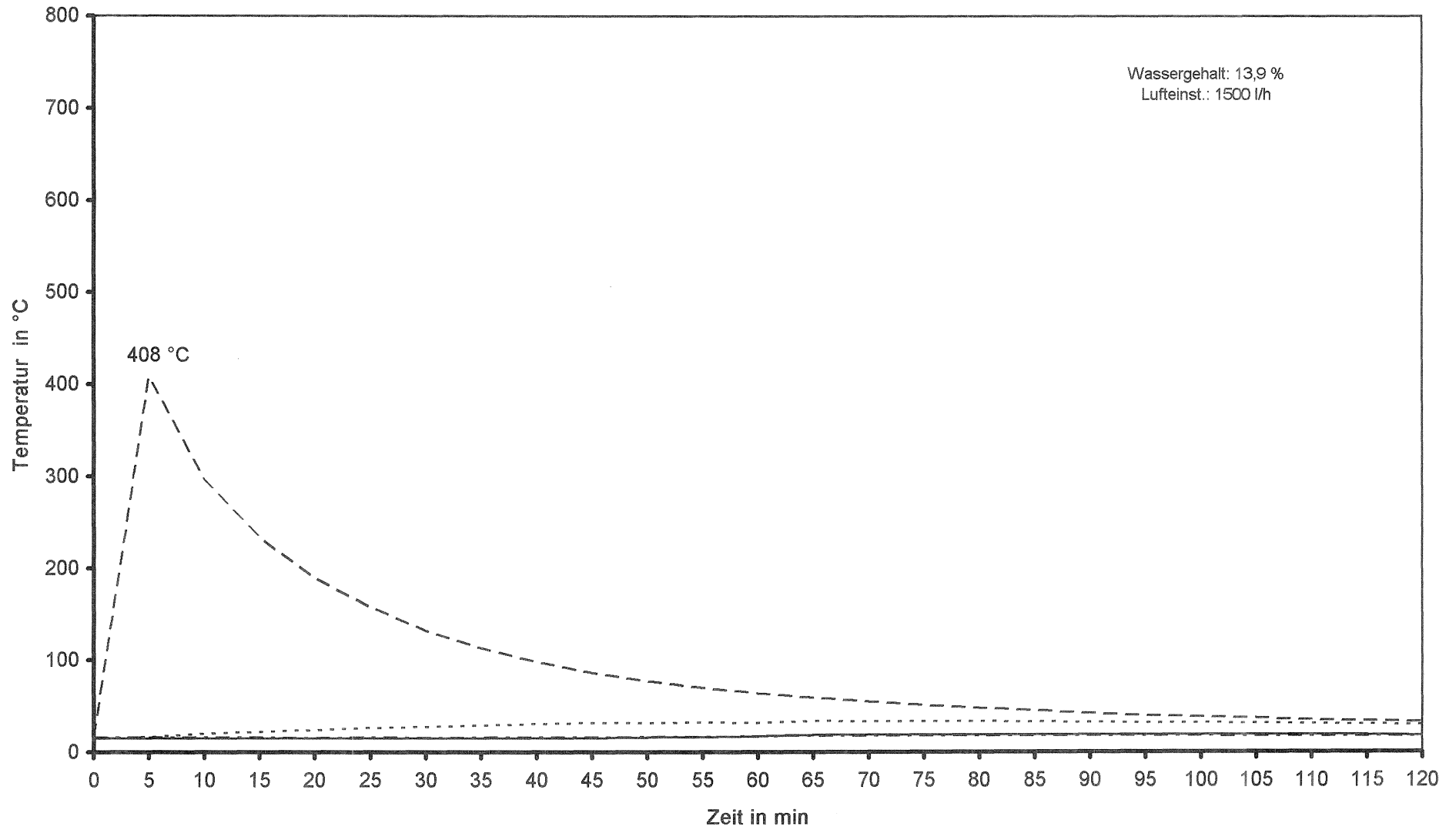
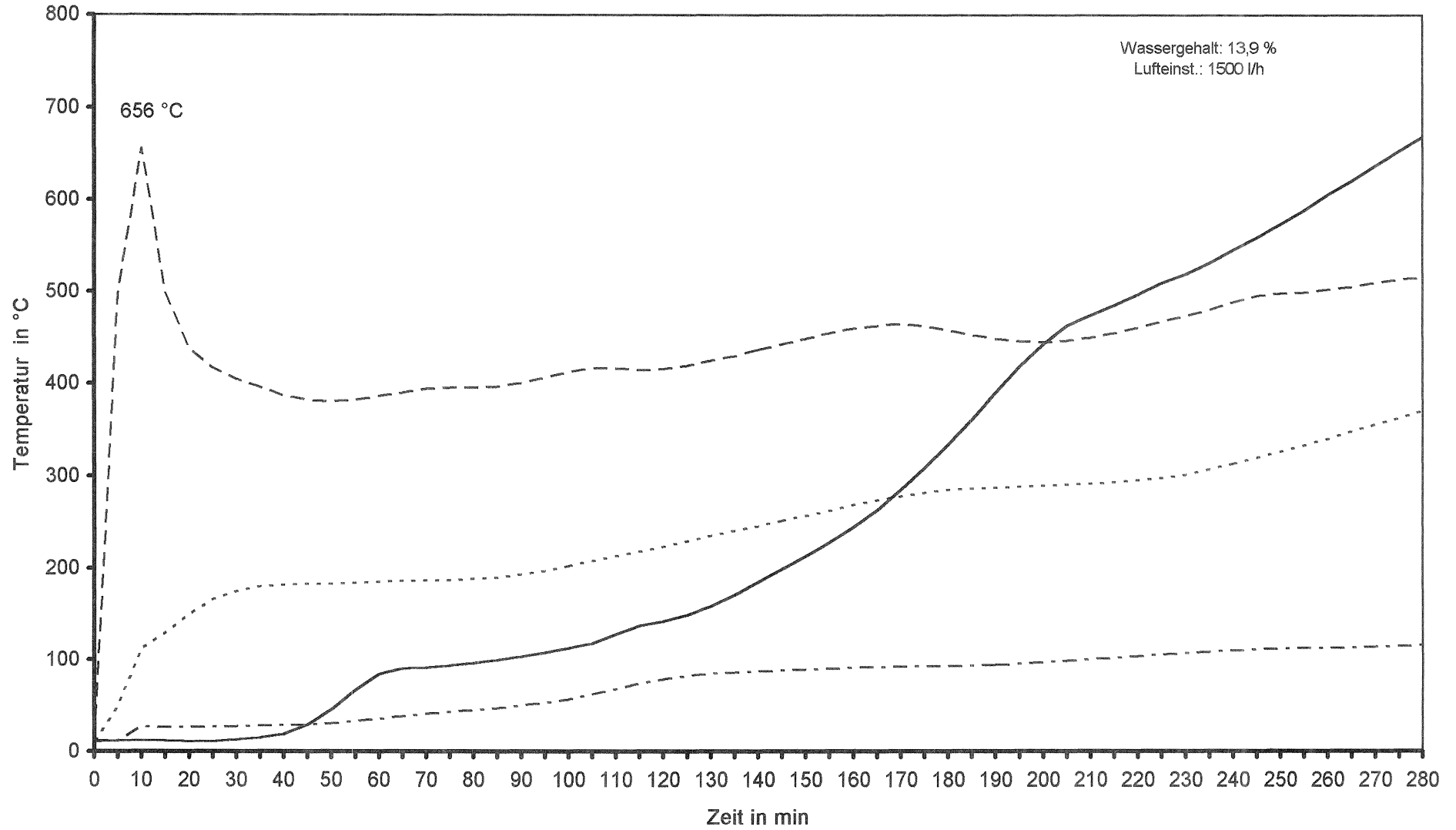


Bild 58: Holzbretter (Vers. 36)



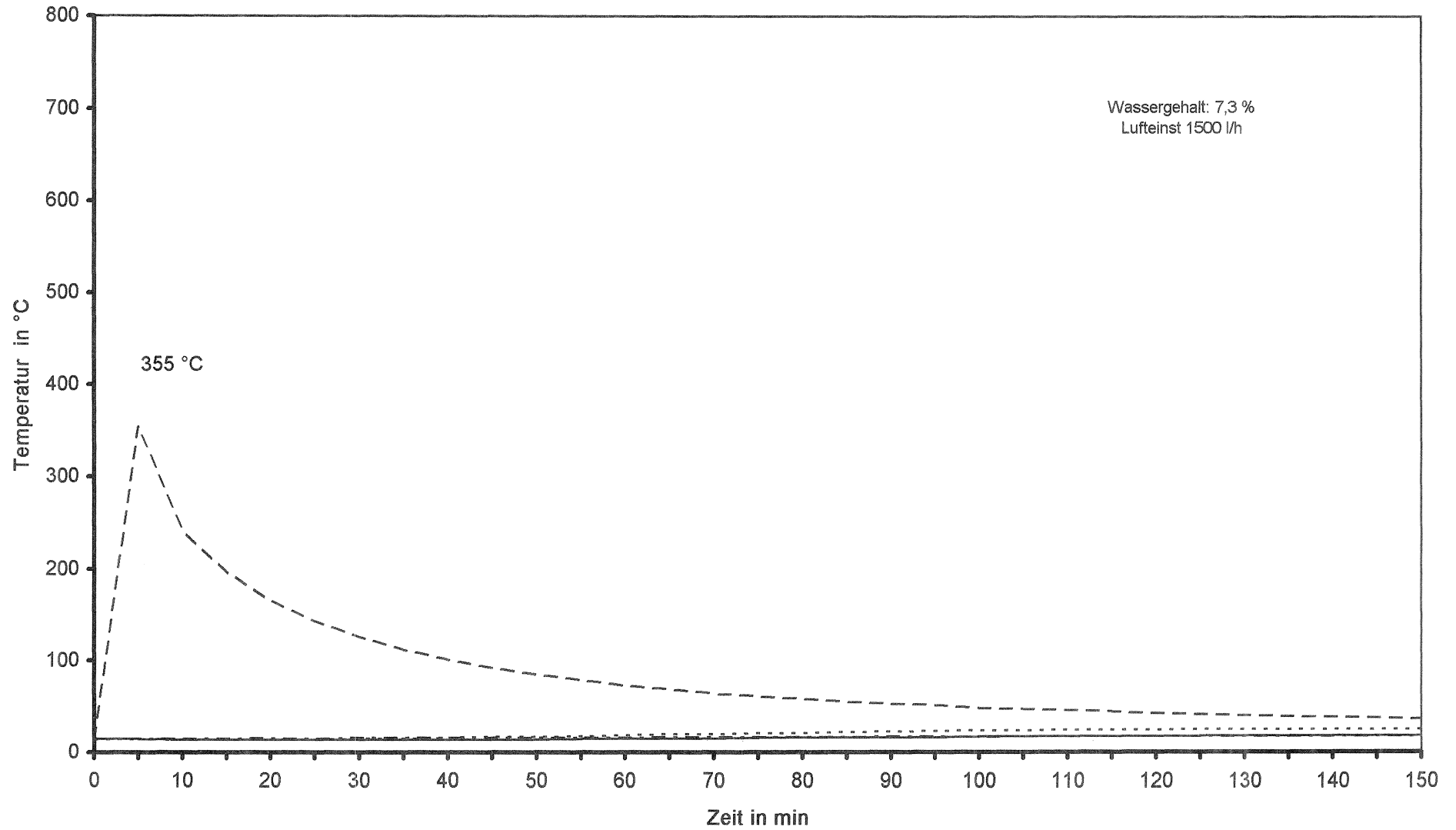
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - - - MW3...6

Bild 59: Holzbretter, (Vers. 37)



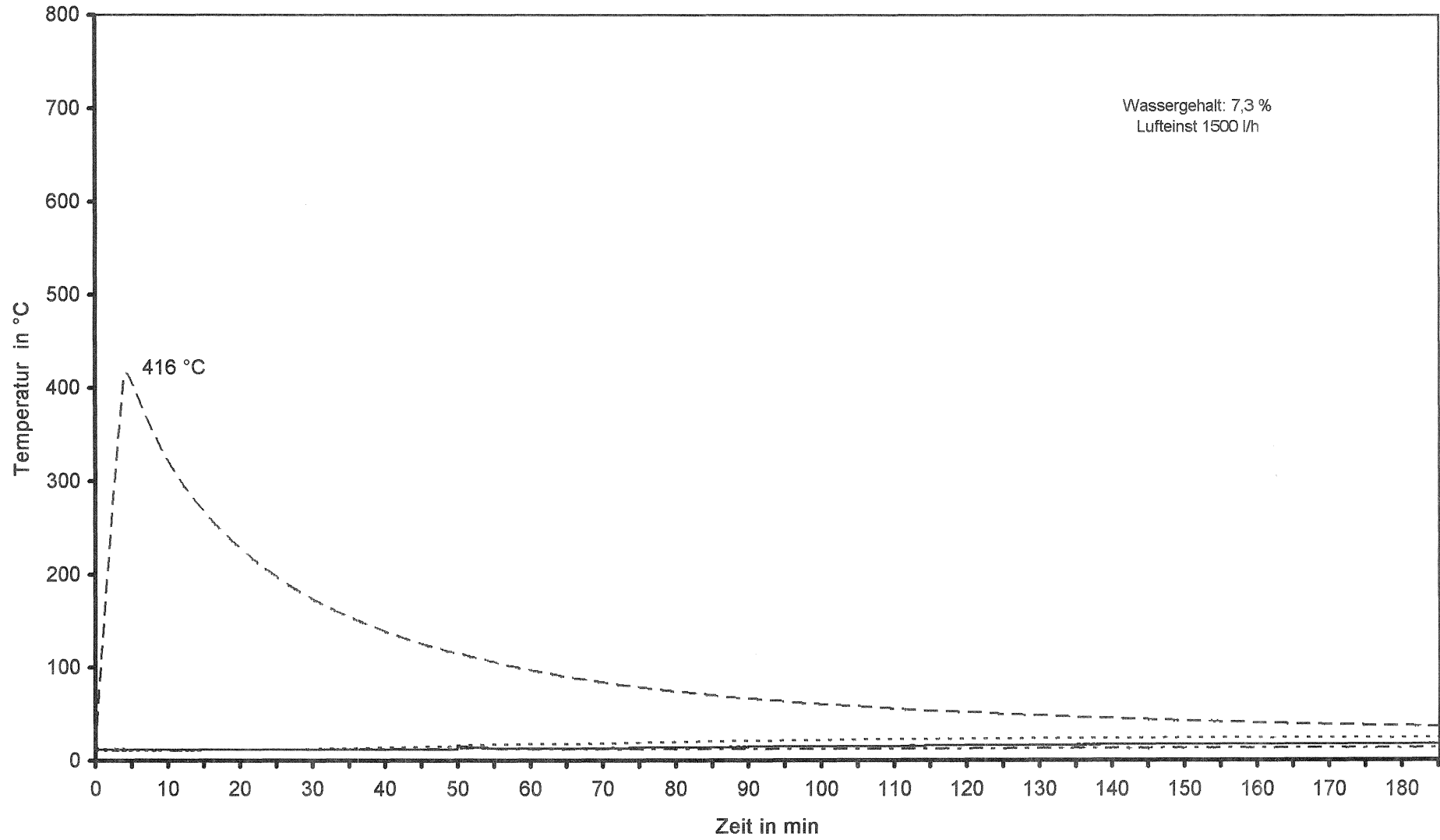
— Mst. 0 - - - Mst. 7 ····· MW1...2 - - - - MW3...6

Bild 60: Spanplatten (Vers. 38)



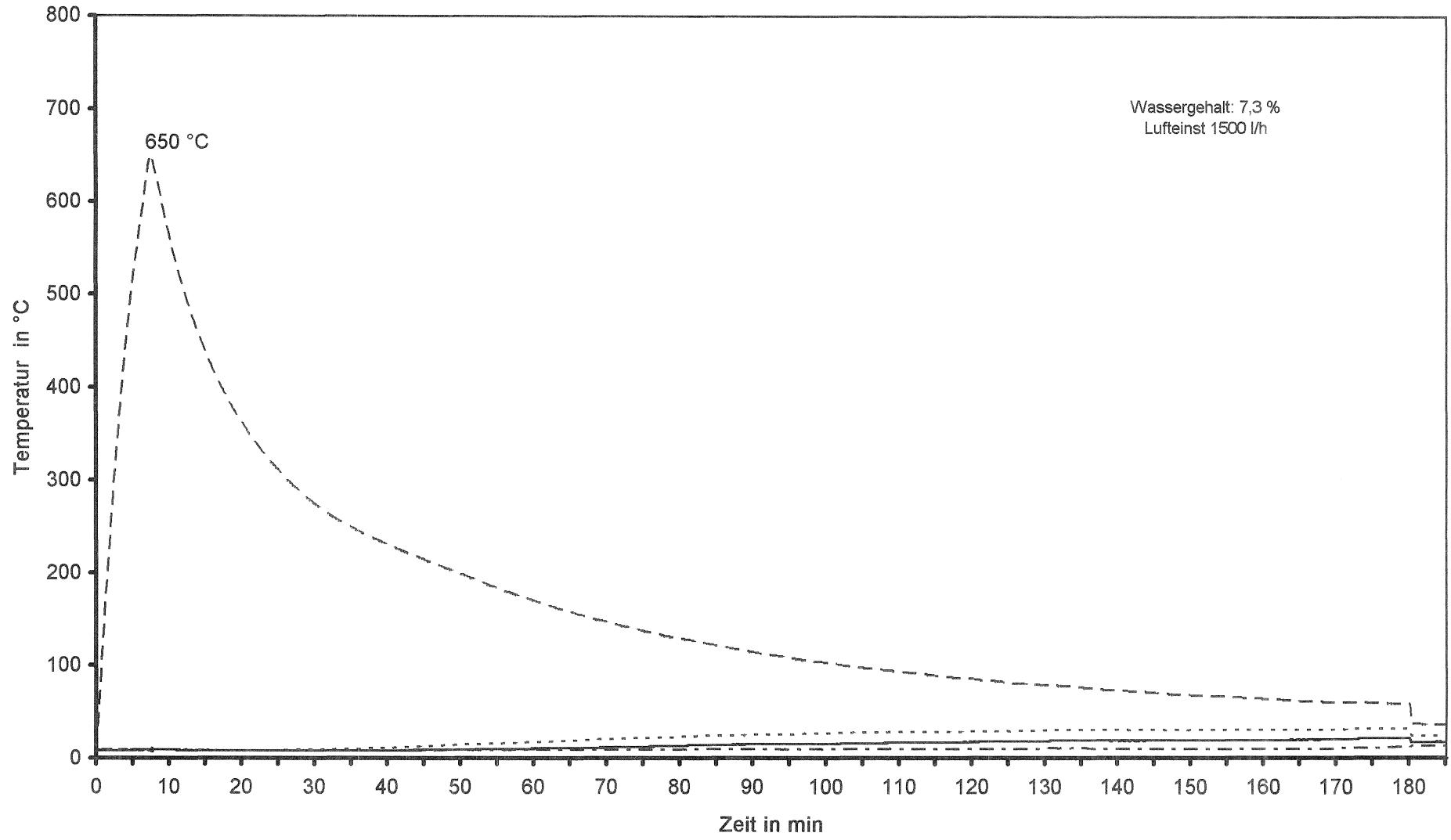
— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - · - · MW3...6

Bild 61: Spanplatten (Vers. 39)



— MSt. 0 - - - MSt. 7 ····· MW1...2 - - - - MW3...6

Bild 62: Spanplatten (Vers. 40)



— Mst. 0 - - - Mst. 7 ····· MW1...2 - - - MW3...6

ANLAGE 3



Foto 1:
Vorderansicht
in senkrechter Stellung



Foto 2:
Seitenansicht



Foto 3:
waagerechte Lage



Foto 4:
geöffnete Glimmapparatur
mit Anordnung der
Thermoelemente und
Heizstab

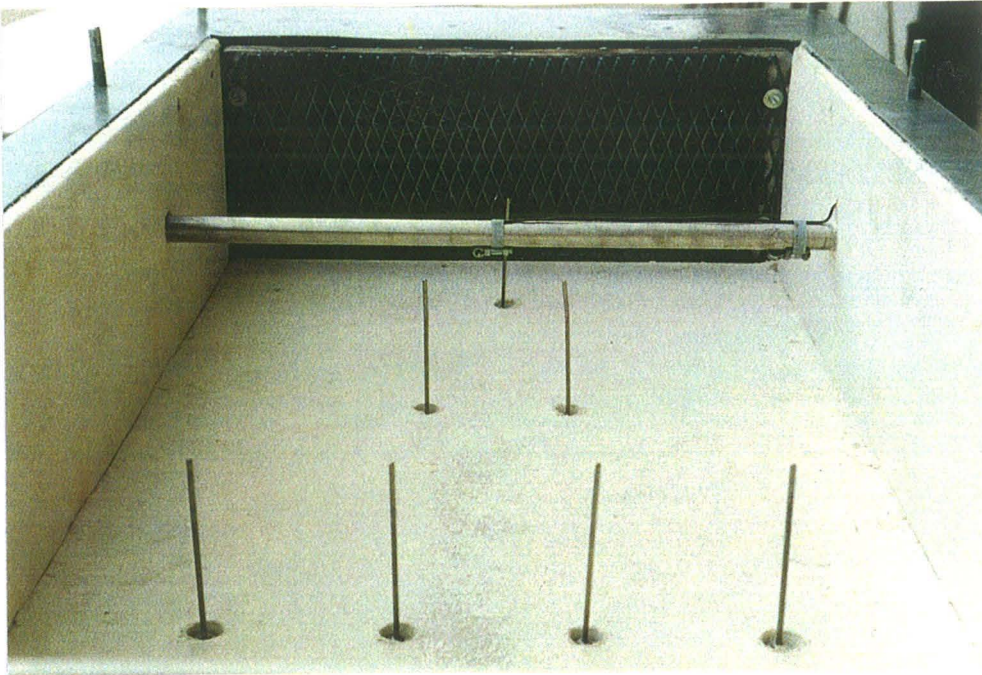


Foto 5:
geöffnete Glühapparatur mit Anordnung der
Thermoelemente und Heistab mit Blech auf die Luftverteilungskammer

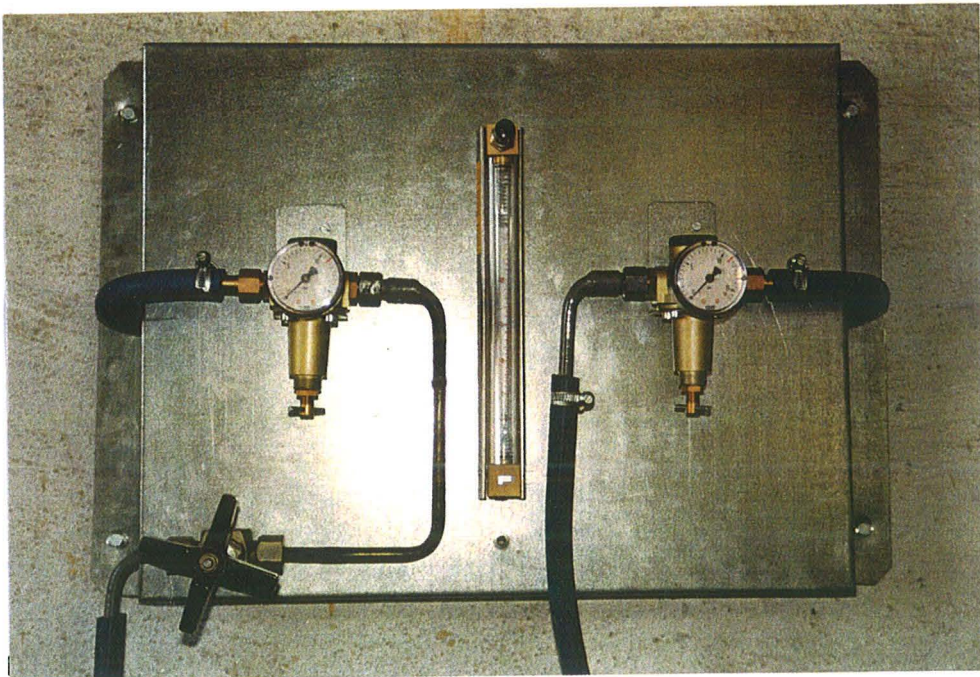


Foto 6:
Luftdosiereinrichtung



Foto 7:
Hanfstroh bituminiert (Versuch 5)
geöffneter Deckel (Abbruch nach ca. 20 h)



Foto 8:
Hanfstroh bituminiert
glimmende Reste aus der
Apparatur



Foto 9:
Zelluloseflocken B 1 (Versuch 13)
geöffneter Deckel (nach ca. 4 h)



Foto 10:
Zelluloseflocken B 1 (Versuch 15)
geöffneter Deckel (nach ca. 4 h)

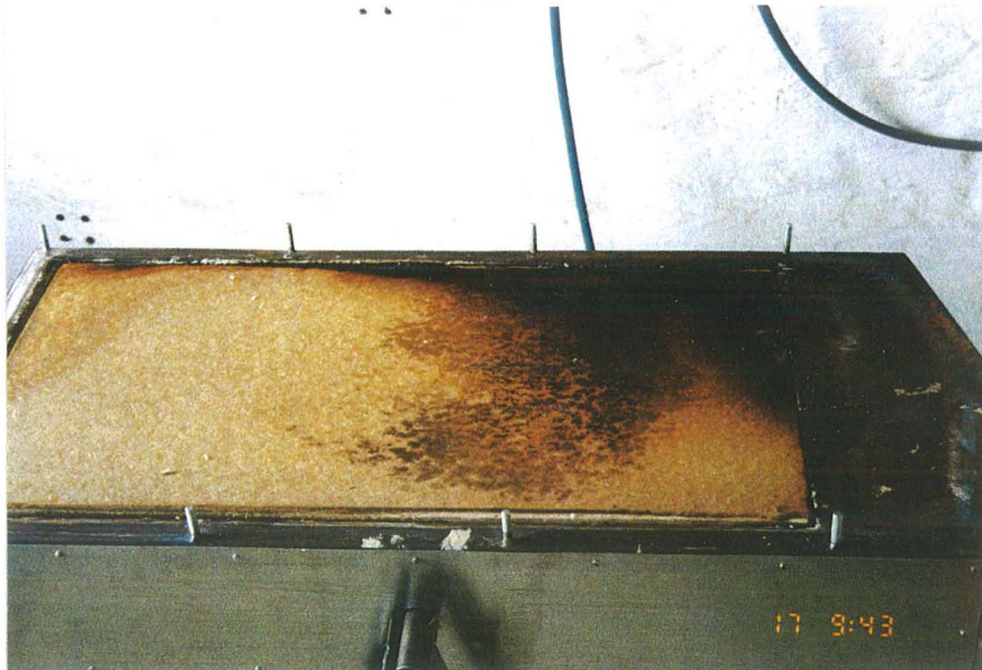


Foto 11:
Weichfaserdämmstoff (Versuch 18)
geöffneter Deckel (nach 21 h)

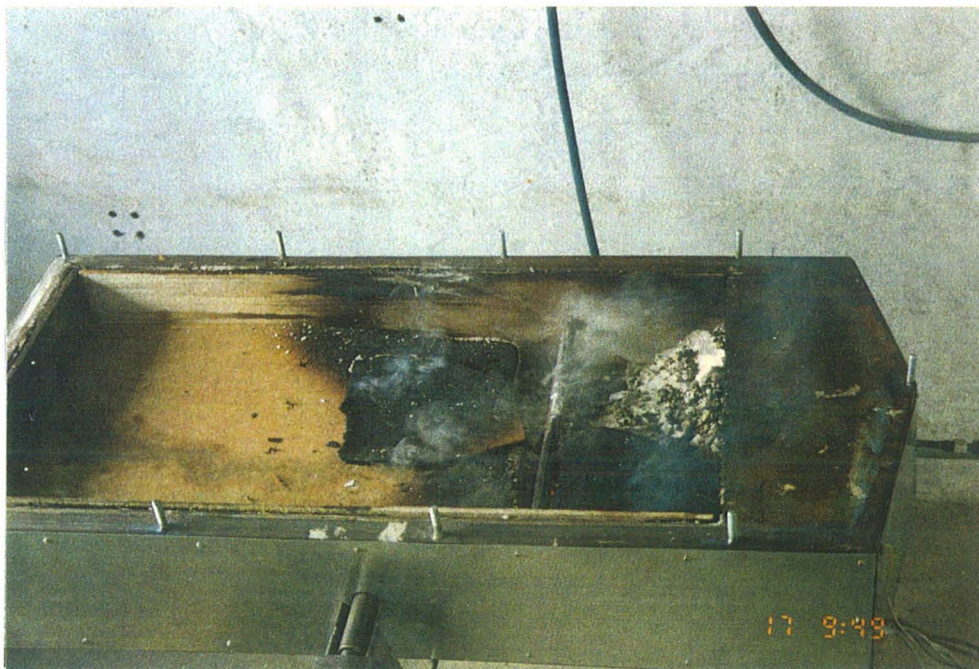


Foto 12:
Weichfaserdämmstoff (Versuch 16)
Schichten bis zum Heizstab entfernt

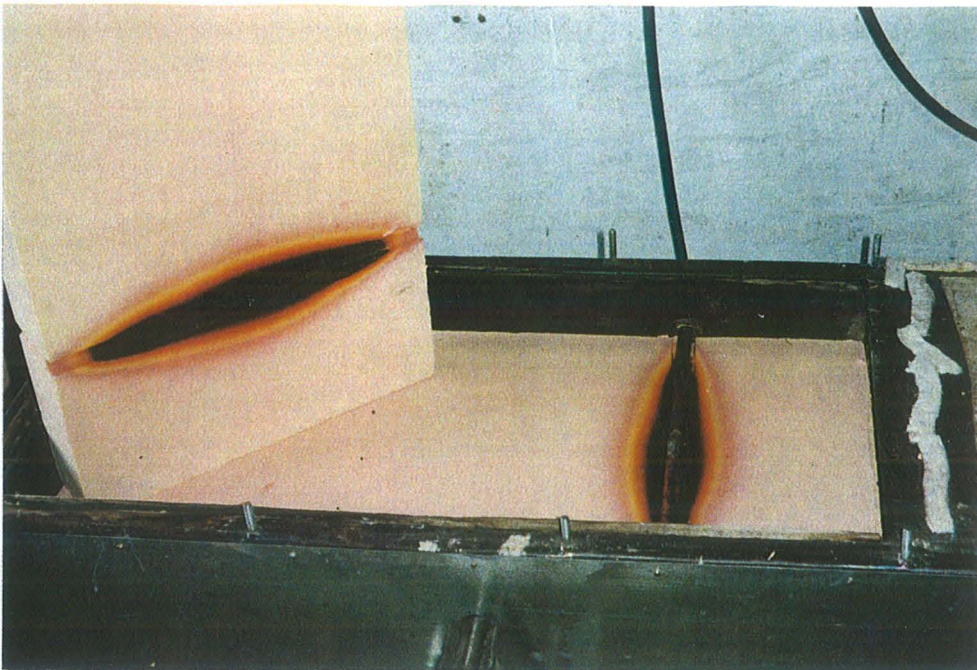


Foto 13:
Phenolharz-Hartschaum (Versuch 24)
Platten bis zum Heizstab entfernt (nach ca. 3 h)



Foto 14:
Phenolharz-Hartschaum (Versuch 23)
Platten bis zum Heizstab entfernt (nach ca. 22 h)

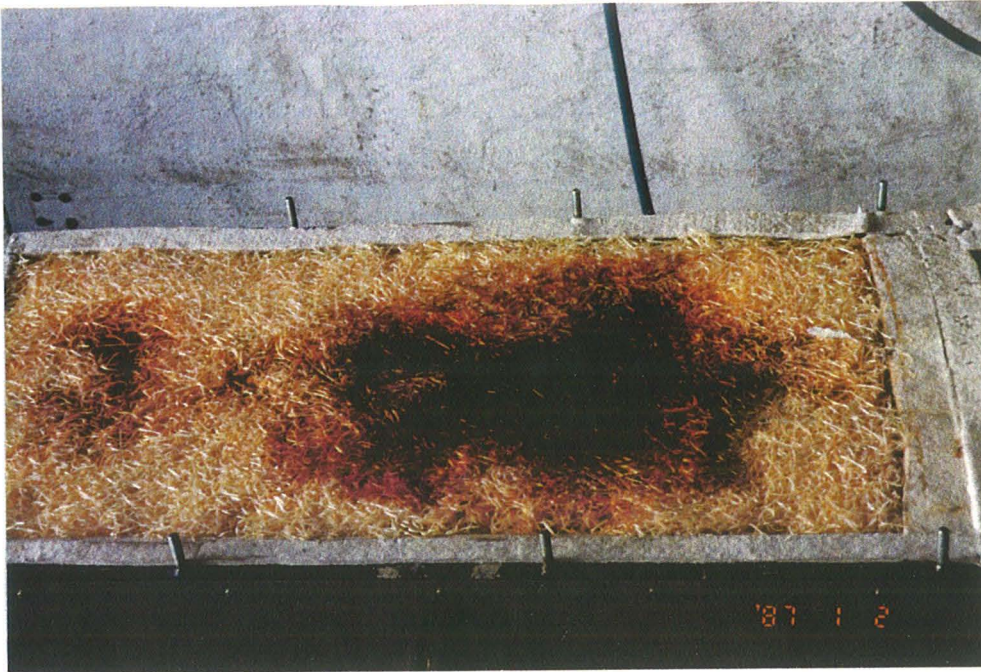


Foto 15:
Holzwolle (Versuch 26)
geöffneter Deckel (Abbruch nach 30 Minuten)

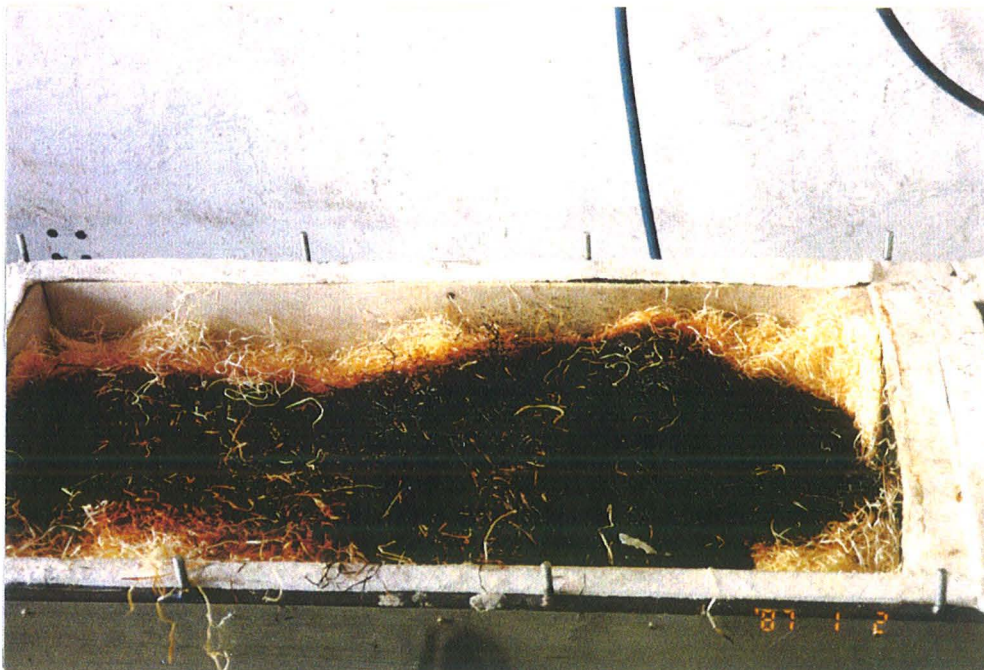


Foto 16:
Holzwolle (Versuch 26)
Holzwolle bis zum Heizstab entfernt

MATERIALFORSCHUNGS- UND PRÜFUNGSANSTALT FÜR BAUWESEN LEIPZIG

AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR BAUSTOFFE UND BAUTEILE

Direktor: Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Karl Kordina - Stellv. Direktor und Betriebsleiter: Dr.-Ing. Olaf Selle

Abteilung Baulicher Brandschutz
Abteilungsleiter Dr.-Ing. W. Rösler



Short report „ Comparison of test procedures to identify glowing and smouldering behavior of B 2-insulation materials“

The appropriateness of two test procedures , the Canadian method after ULC Subjekt C 723 (s) -1979 and the British method after BS 5803 :Part. 4:1985,for determination of smouldering behavior of B2-insulation materials were examined.

The test materials were:

- soft fibre -insulation boards
- chip boards
- phenolresin-hard foam
- bituminized chaffed hempstraw
- cork boards and
- wood wool.

The described test procedures are suitable if the test results correlate with the practical experience.

The test results of the both test procedures don't agree with these requests. Between the both methods differences were also established. The tested procedures are not usable for testing the smouldering risk of insulation materials. A further procedure (chamber method) known from the specialized literature was explored. The construction of a new test chamber with temperature and ventilation control instruments was coordinated with experienced specialists in this field.

The advantages of the chamber procedure over the two earlier tested procedures are that the possibility of variation the igniture temperature, the ventilation, the propagation of the smouldering front inside the test material is measurable.

Experiments in this chamber were carried out on different insulation materials. The results were positive and prove the general suitability of the test equipment for smouldering tests. For the final applicability it is necessary to execute a round robin test to get the spread of the measured values.

The experiments and results will be described in another project.

15. 12. 1994

Dr. Rösler

T 2652

MATERIALFORSCHUNGS- UND PRÜFUNGSANSTALT FÜR BAUWESEN LEIPZIG



AMTLICHE PRÜFSTELLE FÜR BAUSTOFFE UND BAUTEILE

Direktor: Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Karl Kordina - Stellv. Direktor und Betriebsleiter: Dr.-Ing. Olaf Selle

Département: Protection anti-incendie concernant les bâtiments
Chef de service: Dr.-Ing. W. Rösler

COMPTE-RENDU ANALYTIQUE DE LA "COMPARAISON DES TESTS DETERMINANT LA REACTION DES ISOLANTS TYPE B2 FACE A UNE COMBUSTION SANS FLAMME ET A UN FEU QUI COUVE"

REFERENCE COMMERCIALE IV 1 - 5 - 661/92

Le procédé canadien selon ULC SUBJECT C 723 (s) - 1979 et le procédé anglais selon BS 5803: Part. 4 : 1985 ont été testés pour analyser s'ils sont appropriés à déterminer la réaction d'un isolant type B2 à une combustion sans flamme.

Les matériaux utilisés pour l'essai étaient les suivants:

- panneaux isolants de fibres tendres
- panneau de particules
- mousse rigide en résine phénolique
- paille de chanvre hachée bitumée
- panneaux de liège et
- laine de bois.

Les procédés sont adaptés aux tests de combustion sans flamme lorsque les résultats obtenus par les tests correspondent aux expériences pratiques.

Les résultats obtenus par les tests selon les deux procédés cités ci-dessus ne confirment pas les expériences pratiques. De plus, les résultats obtenus pour les deux procédés ne concordent pas. Pour cette raison, ces deux méthodes de test ne sont pas appropriées pour les utiliser comme critère de classement du risque de combustion sans flamme des isolants.

Un autre test (procédé en chambre) divulgué par des publications techniques fut également mis à l'essai. En accord et en coopération avec les spécialistes très versés dans ce domaine, une chambre d'essai pourvue de dispositifs de réglage de la température et de l'aération fut construite et mise à l'essai. L'avantage du procédé en chambre par rapport aux deux autres procédés testés auparavant est de pouvoir varier les températures d'inflammation et les débits d'aération ainsi que de pouvoir suivre avec des techniques de mesure comment la combustion sans flamme se propage sur le matériel soumis au test.

Des tests destinés à prouver que le procédé est approprié à l'utilisation décrite ont été effectués sur différents isolants. Les résultats obtenus étaient positifs.

Pour apporter une preuve supplémentaire de l'efficacité de ce test, il est nécessaire d'effectuer un essai interlaboratoire pour déterminer les écarts de reproductibilité des valeurs mesurées. Celle-ci fut exécutée et décrite dans le cadre d'un projet spécial.

Leipzig, le 15 décembre 1994

Dr.-Ing. Rösler