

Abbrandfaktoren von Lagerstoffen.  
Abschlußbericht Teil V

**T 2100/1**

T 2100/1

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 reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen 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](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

**Abbrandfaktoren von Lagerstoffen**

**Abschlußbericht Teil V**

**Dipl.-Phys. Thomas Ueberall**

**Forschungsauftrag des Instituts für Bautechnik, Berlin vom 8.01.1985**

**(Az.: IV 1-5-416/84)**

**und des Deutschen Stahlbauverbandes, Köln**

**Bearbeitungsnummer im MPA NRW: 23-80.01-304**

## 1 Allgemeines und Aufgabenstellung

In vorangegangenen Vorhaben /1,5/ wurden eine Reihe von Lagerstoffen Brandversuchen nach DIN 18 230 zur Ermittlung von Abbrandfaktoren unterzogen und in das Beiblatt zu dieser Norm aufgenommen.

Inzwischen hat sich das Verfahren der brandschutztechnischen Bemessung auf der Basis von Abbrandfaktoren bewährt /2,3/. Dennoch zeigte es sich bald, daß - gemessen an der Vielzahl von Lagerstoffen - der Katalog von m-Faktoren dringend erweitert werden mußte.

Es fehlten viele m-Faktoren der aus der industriellen Nutzung bekannten Betriebs- und Lagerstoffe, so daß man darauf angewiesen war, auf der sicheren Seite liegende Abbrandfaktoren von vergleichbaren Bau- oder Lagerstoffen anzusetzen.

Die im Rahmen dieses Untersuchungsvorhabens durchgeführten Versuche sollen dazu beitragen, den Katalog der Abbrandfaktoren zu ergänzen, damit die Unsicherheiten der durch Abschätzung gewonnenen Abbrandfaktoren in der Bemessung von Feuerwiderstandsdauern und Brandabschnitten reduziert werden.

## 2 Versuchsaufbau und Auswahl der Lagerstoffe

Die Abbrandfaktoren wurden durch Brandversuche nach DIN 18 230 in der m-Faktor Versuchsanlage (s. Abb. 1) durchgeführt. Diese Anlage wurde aus Umweltschutzgründen mit einer Abgasreinigungsanlage betrieben. Es wurde sichergestellt und durch Kalibrierversuche überprüft, daß durch die Koppelung mit der Abgasreinigungsanlage die Versuchsrandbedingungen eingehalten wurden.

Unter Berücksichtigung des finanziellen Rahmens für dieses Vorhaben erstreckte sich die Auswahl der Lagerstoffe auf die nachstehend aufgeführten Versuchsmaterialien.

Es wird darauf hingewiesen, daß darüberhinaus weitere m-Faktoren für andere Lagerstoffe im Rahmen eines getrennten Untersuchungsprogramms im Auftrag des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn ermittelt wurden /5/. Diese Untersuchungen wurden in einem getrennten Abschlußbericht Teil IV zusammengefaßt.

---

**Lfd. Material**

**Nr.**

---

- 1     **Cyclohexan**
- 2     **Isopropanol**
- 3     **Reinigungsbenzin**
- 4     **Bleifreies Benzin**
- 5     **Nitroverdünnung**
- 6     **Heizöl EL**
- 7     **Fahrzeugreifen**
- 7.1   Fahrzeugreifen aus Kautschuk, lose gelagert
- 7.2   Fahrzeugreifen aus Kautschuk auf Holzpaletten
- 8     **Brechkoks**
- 8.1   Brechkoks, lose geschüttet
- 8.2   Brechkoks, in Verbindung mit Holz (Holzbauteile ca. 35 %), lose geschüttet
- 9     **Folien**
- 9.1   Polyethylen-Folien auf Rollen gewickelt
- 9.2   Polyamid-Folien auf Rollen gewickelt
- 10    **Speisefett mit mindestens 15 % Wassergehalt**
- 10.1   Margarine
- 10.2   Margarine auf Holzpaletten gelagert
- 11    **GFK-Formteile mit und ohne Wärmedämmung aus PUR-Schaum**
- 12    **Dispersionsfarbe im Eimer (PE)**
- 13    **Heizöl mit Altreifen in Stahlwanne**
- 14    **PE-Formteile**
- 15    **Kabel mit PVC-Isolierung als Kabelbündel aus Kabelrosten**
- 16    **Schafwolle**
- 16.1   Schafwolle zu Ballen verpreßt
- 16.2   Schafwolle lose gelagert
- 17    **Dichtungsbänder aus Gummi**
- 18    **Polypropylenformteile**
- 19    **Ton- und Datenträgerkassetten**
- 19.1   Nicht spezifiziert, lose gelagert
- 19.2   PC-Gehäuse und Polyesterband, lose gelagert
- 19.3   PC-Gehäuse und Polyesterband im Karton
- 20    **Karton**
- 20.1   Karton lose, horizontal gestapelt
- 20.2   Behälter, leer, gestapelt
- 21    **Roggenmehl in Papiersäcken, dicht gestapelt**
- 22    **Zucker in Papiersäcken, dicht gestapelt**
- 23    **Kalkamonsalpeter**
- 24    **Lederwaren**
- 25    **Polstermöbel**

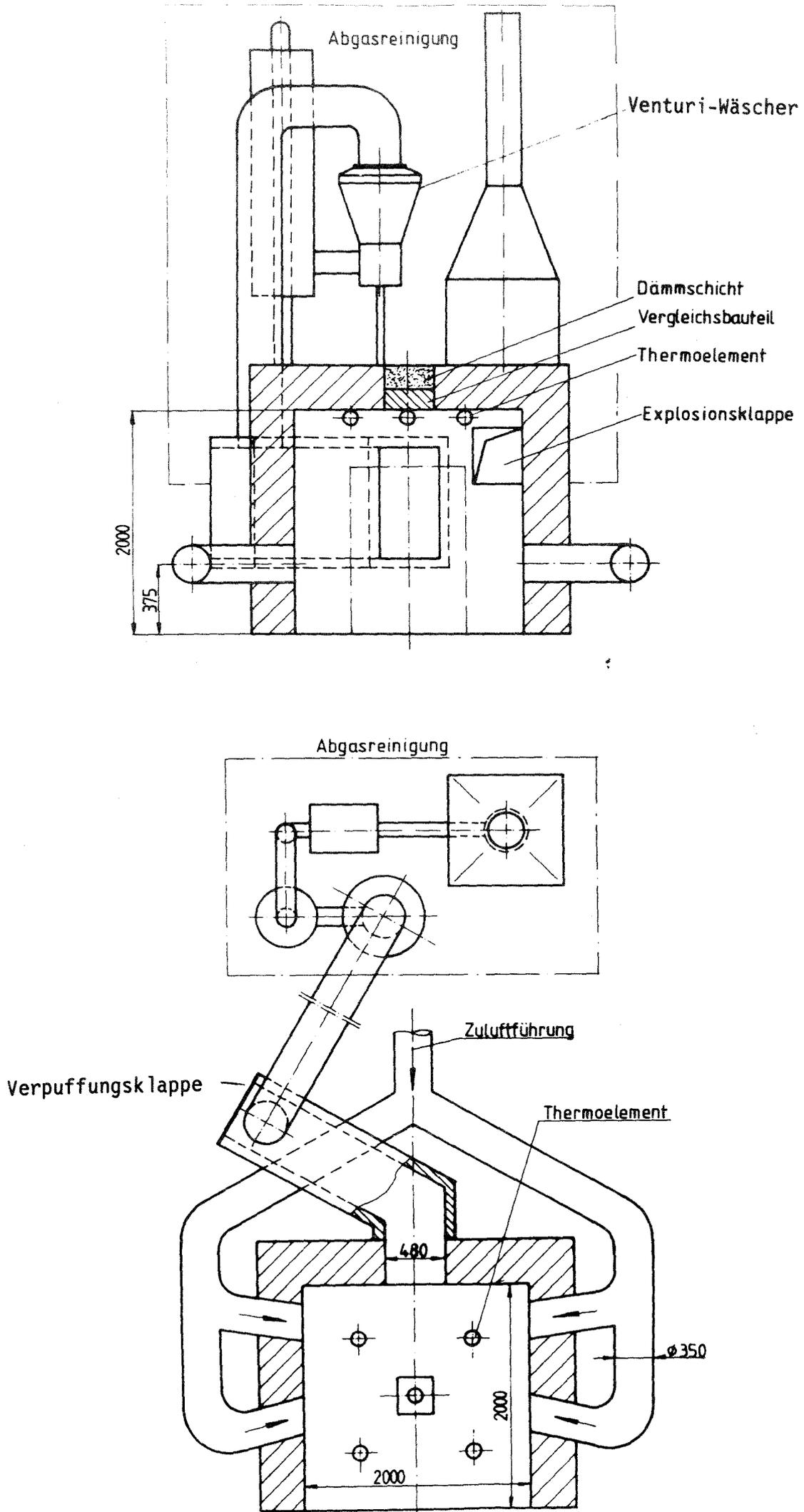


Abb. 1 : m-Faktor Versuchsana lage mit Abgasreinigungsana lage

## 2.1 Auswertung der Versuchsergebnisse

Für die ermittelten m-Faktoren wurden jeweils für jede Lagerstoff - Konfiguration der Mittelwert aus mindestens 3 Versuchen

$$\bar{m} = \Sigma m_i / n$$

und die Standardabweichung  $\sigma_{n-1} = 1/(n-1) \Sigma \sqrt{(\bar{m}-m_i)^2}$

sowie der Variationskoeffizient  $V_m = \sigma_{n-1}/\bar{m}$  bestimmt.

Da die Versuchsergebnisse z. T. große Standardabweichungen und dadurch mit großen Variationskoeffizienten behaftet waren, wurden die m-Faktoren mit Hilfe eines Korrekturfaktors

$$\nu(V_m) = \exp[\ln(V_m^2+1) \{1,28/\sqrt{0,0525+\ln(V_m^2+1)}-0,5\}]$$

korrigiert. In Abb. 3 ist der Korrekturfaktor in Abhängigkeit von  $V_m$  dargestellt.

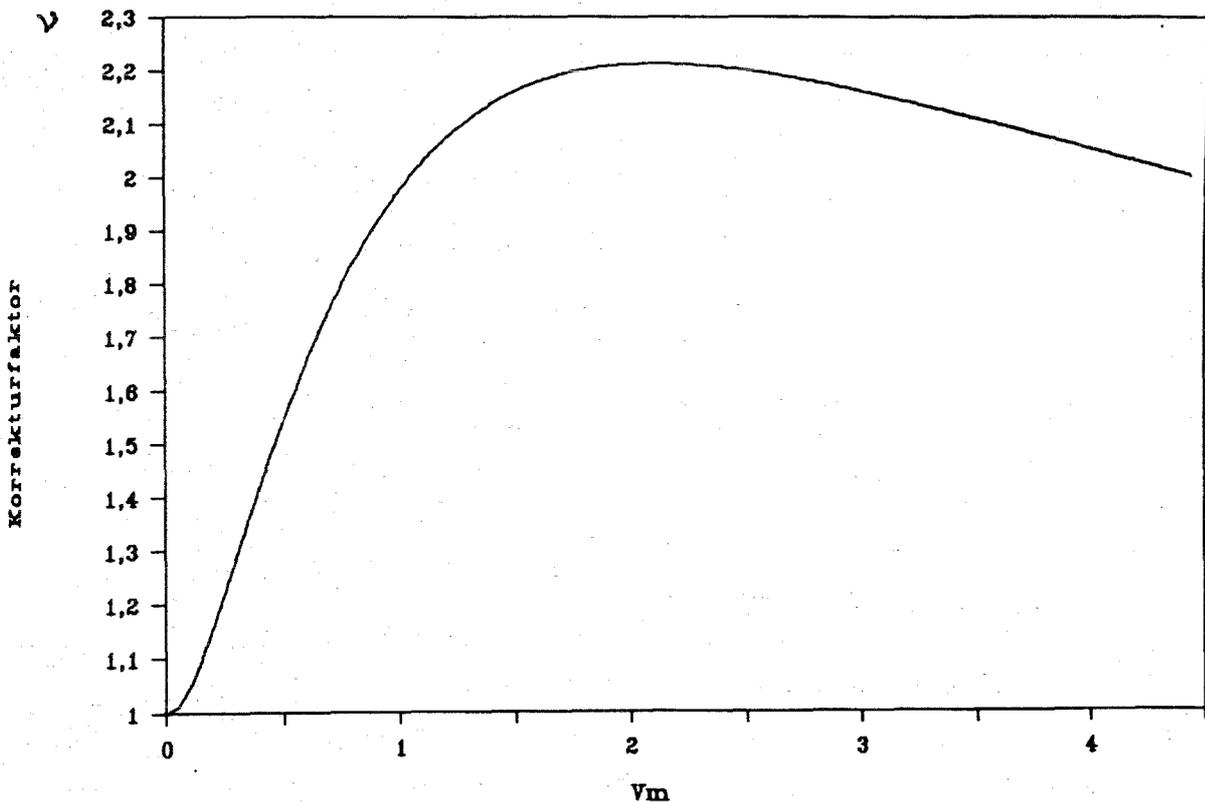


Abb. 3: Korrekturfaktor  $\nu(V_m)$  zur Ermittlung des m-Faktors bei großen Variationskoeffizienten

Der m-Faktor ergibt sich dann aus

$$m = \bar{m} \cdot \nu(V_m)$$

Diese Vorgehensweise wurde auf der Basis einer Ausarbeitung /4/ durch den Arbeitskreis "m-Faktor" des NABau XII 4/2 eingeführt.

## 2.2 Heizwerte der Lagerstoff-Konfigurationen

In die Liste der Lagerstoff-Konfigurationen wurden erstmalig auch Mischbrandlasten, d.h. Lagerstoffe, die aus verschiedenen Komponenten bestehen, mit aufgenommen.

Diese Vorgehensweise hatte sich als notwendig erwiesen, da einerseits eine Anknüpfung an Großversuche ermöglicht werden sollte und andererseits die Untersuchung von Mischbrandlasten im Hinblick auf die sich gegenseitig beeinflussende Beteiligung am Brandgeschehen einzelner Materialien als zukünftiger Untersuchungsschwerpunkt immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Es wurde für erforderlich gehalten, die in die Bestimmung von m-Faktoren dieser Lagerstoffe eingehenden Heizwerte nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$\bar{H}_{ui} := \sum_i Q_i H_{ui} / \sum Q_i$$

mit  $Q_i$  und  $H_{ui}$  als Versuchsbrandmenge und unterem Heizwert der i-ten Komponente der Mischbrandlast.

Bei der Einführung dieses rechnerischen Heizwertes wurde berücksichtigt, daß im Rahmen der brandschutztechnischen Bemessung von Bauteilen im Industriebau bei der Berechnung der Brandbelastung  $q_p$  dieser Heizwert sich herauskürzt.

Dabei ist lediglich darauf zu achten, daß der rechnerische Heizwert der in Frage kommenden Mischbrandlast bei der Brandschutzbemessung in die Berechnung eingesetzt wird.

Dieser Heizwert wird in dem nachfolgenden Abschnitt 3 mit aufgeführt.

Er entspricht dem Mittelwert der unteren Heizwerte der einzelnen Versuche an Mischbrandlasten.

### 3. Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der Einzelversuche sind im Detail in den Teilen V.I und V.II des Abschlußberichtes dargestellt. Die wesentlichen Daten und Rechenwerte sind in den nachfolgenden Tabellen auf den Seiten 7 bis 11 dargestellt. Sie werden in den nachstehenden Abschnitten 3.1 bis 3.25 diskutiert.

Die durch Jahreszahlen gekennzeichneten Ergebnisse wurden aus früheren Forschungsvorhaben /1, 5/ unter nachträglicher Berücksichtigung des Faktors  $k_t$  und des Korrekturfaktors  $\nu$  mit aufgenommen und in der Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung des  $m$ -Faktors mit berücksichtigt.

\*\*\*\*\*  
 Erläuterung zu den einzelnen Spalten in der nachstehenden Übersicht:  
 \*\*\*\*\*

- (1) = laufende Versuchsnummer (2) = Material (3) = Versuchsbrandmenge  $Q$  (kg) (4) = Unterer Heizwert  $H_u$   
 (5) = Für die Berechnung einzusetzende Temperaturerhöhung (K) Meßstelle in 50 mm Tiefe (6) = Anstiegszeit für (5)  
 (7) = Vergleichsbranddauer  $t_{av}$  (min) (8) = Vergleichsbrandmenge  $Q_v$  (kg) (9) =  $t_v$   
 (10) =  $m$ (alt) (11) = Zeitkorrekturfaktor  $k_t$  (12) =  $m$ -Faktor  $m$ .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
72.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	50.00	6.000	41	184	22.281	64.803	81.802	1.037	0.607	0.629
73.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	30.00	6.000	06	83	18.697	50.674	66.651	1.351	0.907	1.225
74.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	83.00	6.000	70	216	25.000	77.000	94.000	0.742	0.595	0.442
97.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	15.00	6.000	81	30	15.728	41.828	56.759	2.231	1.208	2.694
98.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	100.00	6.000	57	298	34.228	125.543	133.844	1.004	0.612	0.615
99.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	15.00	6.000	68	47	13.598	35.671	48.625	1.902	1.013	1.928
100.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	15.00	6.000	66	125	13.215	34.535	47.580	1.842	0.522	0.961
101.0	Tonträger (Video-,Tonbandkassetten,Tonbänder)	14.00	6.000	62	43	12.269	31.711	43.668	1.812	1.006	1.823
101.01	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) im Karton	44.95	5.922	2	41	0.500	1.042	1.563	0.019	0.000	0.000
101.02	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) im Karton	44.90	5.922	11	155	3.999	8.997	13.495	0.162	0.015	0.002
101.03	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) lose	20.50	6.000	69	122	13.800	36.281	49.378	1.416	0.555	0.786
101.04	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) im Karton	46.50	5.925	3	30	0.743	1.555	2.332	0.027	0.009	0.000
101.05	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) lose	42.00	6.000	97	148	17.739	47.581	63.407	0.906	0.586	0.532
101.06	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) im Karton	22.25	5.823	2	30	0.500	1.042	1.563	0.039	0.001	0.000
101.07	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) lose	21.10	6.000	44	162	10.132	25.374	36.107	0.962	0.248	0.239
101.08	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) im Karton	22.00	5.918	5	94	1.272	2.687	4.031	0.099	0.000	0.000
101.09	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) lose	21.50	6.000	54	171	10.750	27.160	38.136	1.011	0.248	0.251
101.10	Kassetten (Bezeichnung:CARTRIDGE AUS PC) lose	21.60	6.000	56	186	10.752	27.165	38.141	1.006	0.212	0.213
101.11	Kassetten (Bezeichnung:Cartridge aus PC) lose	90.50	6.000	31	269	21.275	60.554	77.536	0.535	0.372	0.199
101.12	Kassetten (Bezeichnung:Cartridge aus PC) lose	66.10	6.000	22	235	20.603	58.120	75.130	0.703	0.427	0.300
108.0	bleifreies Benzin	37.80	11.860	124	34	20.717	58.506	75.531	0.626	1.246	0.781
109.0	bleifreies Benzin	75.60	11.860	186	56	26.490	84.049	101.048	0.450	1.195	0.538
110.0	bleifreies Benzin	113.40	11.860	196	74	27.502	88.900	104.893	0.317	1.125	0.357
110.1	bleifreies Benzin	25.00	11.860	62	25	12.269	31.711	43.668	0.513	1.186	0.609
110.2	bleifreies Benzin	50.00	11.860	78	37	15.301	40.791	55.132	0.330	1.141	0.377
110.3	bleifreies Benzin	25.00	11.860	31	26	8.673	21.285	31.068	0.345	1.067	0.368
110.4	bleifreies Benzin	25.00	11.860	62	17	12.269	31.711	43.668	0.513	1.277	0.655
110.5	bleifreies Benzin	50.00	11.860	81	25	15.728	41.828	56.759	0.339	1.251	0.423
110.6	bleifreies Benzin	50.00	11.860	39	31	9.760	24.323	34.446	0.197	1.041	0.205

Erläuterung zu den einzelnen Spalten in der nachstehenden Übersicht:

(1) = laufende Versuchsnummer (2) = Material (3) = Versuchsbrandsmenge Q (kg) (4) = Unterer Heizwert Hu  
 (5) = Für die Berechnung einzusetzende Temperaturerhöhung (K) Meßstelle in 50 mm Tiefe (6) = Anstiegszeit für (5)  
 (7) = Vergleichsbranddauer t<sub>av</sub> (min) (8) = Vergleichsbrandsmenge Q<sub>v</sub> (kg) (9) = t<sub>v</sub>  
 (10) = a(alt) (11) = Zeitkorrekturfaktor : k<sub>t</sub> (12) = a-Faktor a<sub>1</sub>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
111.	Nitroverdünnung	48.80	7.500	110	51	19.499	53.906	69.900	0.707	1.114	0.788
112.	Nitroverdünnung	24.10	7.500	74	53	14.699	39.118	53.116	1.039	1.001	1.040
113.	Nitroverdünnung	72.50	7.500	162	60	24.283	73.695	90.695	0.651	1.145	0.745
114.	Reinigungsbenzin	26.80	11.860	77	24	15.152	40.411	54.552	0.610	1.251	0.764
115.	Reinigungsbenzin	48.80	11.860	125	38	20.780	58.721	75.746	0.487	1.221	0.594
116.	Reinigungsbenzin	65.00	11.860	152	50	23.294	69.205	86.205	0.431	1.183	0.510
149.1	Reinigungsbenzin	25.00	11.860	59	20	11.301	28.796	40.168	0.466	1.222	0.570
149.2	Reinigungsbenzin	50.00	11.860	64	28	12.746	33.146	45.736	0.268	1.168	0.313
149.3	Reinigungsbenzin	25.00	11.860	47	28	10.304	25.865	36.825	0.419	1.101	0.461
149.4	Reinigungsbenzin	50.00	11.860	63	36	12.501	32.410	44.567	0.262	1.080	0.283
149.5	Reinigungsbenzin	50.00	11.860	92	24	17.121	45.666	60.578	0.370	1.273	0.471
149.6	Reinigungsbenzin	25.00	11.860	67	15	13.405	35.096	48.084	0.568	1.317	0.748
117.1	Brechkokk III	50.00	8.140	115	406	20.398	57.431	74.344	0.677	0.168	0.114
117.2	Brechkokk III	40.00	8.140	96	368	17.611	47.182	62.795	0.696	0.143	0.100
117.3	Brechkokk III	100.00	8.140	202	559	28.100	91.789	107.791	0.541	0.187	0.101
117.4	Brechkokk III	150.00	8.140	259	572	34.446	126.935	134.344	0.499	0.272	0.136
117.5	Brechkokk III	250.00	8.140	332	669	43.000	186.802	168.372	0.441	0.304	0.134
120.1	Kabel mit PVC-Isolation	73.00	5.000	97	141	17.739	47.581	63.407	0.626	0.613	0.384
120.2	Kabel mit PVC-Isolation	70.50	5.000	108	152	19.000	51.803	67.802	0.705	0.609	0.429
120.3	Kabel mit PVC-Isolation	80.00	5.000	81	226	15.728	41.828	56.759	0.502	0.303	0.152
37/1983	Kabel mit PVC-Isolation	222.00	5.000	252	205	34.000	126.600	134.000	0.547	0.808	0.442
121.1	PKW Reifen	105.00	12.200	239	192	32.108	112.627	124.585	0.422	0.805	0.340
121.2	PKW Reifen lose im Drahtkorb auf Steinsockel	83.50	12.200	243	246	32.555	115.245	126.604	0.543	0.686	0.372
121.3	PKW Reifen lose im Drahtkorb auf Steinsockel	90.50	12.200	215	251	29.446	98.322	113.237	0.427	0.615	0.263
122.1	Wellpappe und Karton zusammengefaltet gestapelt	48.50	4.200	31	241	8.673	21.285	31.068	0.502	0.067	0.034
122.2	Wellpappe und Karton zusammengefaltet gestapelt	63.30	4.200	77	284	15.152	40.411	54.552	0.730	0.186	0.136
122.3	Wellpappe und Karton zusammengefaltet gestapelt	63.50	4.200	77	126	15.152	40.411	54.552	0.727	0.592	0.431
122.4	Schuhkartons	32.30	4.200	89	30	16.759	44.586	59.493	1.578	1.219	1.924
122.5	Schuhkartons	31.20	4.200	74	25	14.699	39.118	53.116	1.433	1.236	1.771
122.6	Schuhkartons	52.85	4.200	98	38	17.869	47.989	63.982	1.038	1.176	1.221
122.7	Schuhkartons	28.35	4.200	56	25	10.752	27.165	38.141	1.095	1.148	1.257
123.01	leichtes Heizöl EL	25.00	11.700	83	36	15.997	42.489	57.604	0.697	1.162	0.810
123.02	leichtes Heizöl EL	50.00	11.700	18	58	20.504	57.787	74.765	0.474	1.094	0.519
123.03	leichtes Heizöl EL	25.00	11.700	88	34	16.637	44.231	59.191	0.726	1.186	0.861
123.04	leichtes Heizöl EL	50.00	11.700	19	32	20.506	57.794	74.773	0.474	1.257	0.596
123.05	leichtes Heizöl EL	25.00	11.700	10	59	19.499	53.906	69.900	0.885	1.064	0.942
123.06	leichtes Heizöl EL	50.00	11.700	22	74	20.603	58.120	75.130	0.477	1.006	0.480
123.07	leichtes Heizöl EL (af:128/1973)	61.10	11.700	30	145	21.178	60.174	77.165	0.404	0.704	0.284
123.08	leichtes Heizöl EL (af:181/1973)	120.40	11.700	60	108	34.555	127.630	134.723	0.435	1.083	0.471
123.09	leichtes Heizöl EL (af:182/1973)	120.40	11.700	30	98	31.201	107.421	120.666	0.366	1.078	0.395
123.10	leichtes Heizöl EL (af:257/1973)	172.00	11.700	90	148	38.000	150.796	149.105	0.360	1.003	0.361
123.11	leichtes Heizöl EL (af:258/1973)	120.40	11.700	50	121	33.373	120.180	130.059	0.410	1.028	0.421



Erläuterung zu den einzelnen Spalten in der nachstehenden Übersicht:

- (1) = laufende Versuchsnummer (2) = Material (3) = Versuchsbrandmenge Q (kg) (4) = Unterer Heizwert Hu  
 (5) = Für die Berechnung einzusetzende Temperaturerhöhung (K) Meßstelle in 50 mm Tiefe (6) = Anstiegszeit für (5)  
 (7) = Vergleichsbranddauer t<sub>0</sub> (min) (8) = Vergleichsbrandmenge Q<sub>v</sub> (kg) (9) = t<sub>v</sub>  
 (10) = a(alt) (11) = Zeitkorrekturfaktor : k<sub>t</sub> (12) = a-Faktor a.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90.0	BFK - Forsteile	28.00	5.300	40	18	9.849	24.575	34.829	0.795	1.213	0.964
91.0	BFK - Forsteile	21.00	5.300	42	14	9.999	24.998	35.505	1.078	1.274	1.374
92.0	BFK - Forsteile	58.00	5.300	77	22	15.152	40.411	54.552	0.631	1.270	0.801
139.1	BFK-Material aus Aufsatzkränzen von Rauchabzügen	76.50	5.300	124	48	20.717	58.506	75.531	0.693	1.157	0.801
139.2	BFK-Material aus Aufsatzkränzen von Rauchabzügen	49.00	5.300	78	27	15.301	40.791	55.132	0.754	1.226	0.925
139.3	BFK-Material aus Aufsatzkränzen von Rauchabzügen	60.00	5.300	109	35	19.237	52.775	68.759	0.797	1.217	0.969
139.4	Bfk - Abfälle	44.50	5.300	130	111	21.178	60.174	77.165	1.225	0.839	1.028
139.5	Polyester - Profilstäbe - af: 97/1972	48.20	5.300	100	70	18.123	48.787	64.891	0.917	0.969	0.888
139.6	Polyester - Profilstäbe - af: 98/1972	47.90	5.300	82	36	15.864	42.158	57.208	0.797	1.160	0.925
139.7	Polyester - Profilstäbe - af: 91/1972	48.30	5.300	100	50	18.123	48.787	64.891	0.915	1.096	1.003
139.8	Polyester - Profilstäbe - af:111/1972	348.00	5.300	255	85	34.001	124.104	133.084	0.323	1.155	0.373
141.1	Schafwolle, entfettet und gekämt	76.00	5.800	2	36	0.500	1.042	1.563	0.011	0.000	0.000
141.2	Schafwolle, entfettet und gekämt	75.00	5.800	12	32	4.399	9.985	14.981	0.110	0.635	0.070
141.3	Schafwolle, entfettet und gekämt	15.00	5.800	31	130	8.673	21.285	31.068	1.174	0.280	0.329
141.4	Schafwolle, entfettet und gekämt	25.00	5.800	58	49	11.000	27.900	38.875	0.924	0.901	0.832
141.5	Schafwolle, entfettet und gekämt	35.00	5.800	48	71	10.362	26.033	37.040	0.616	0.693	0.427
145.1	Gummi-Forsteile (Dichtungen)	150.00	5.830	284	191	37.348	146.283	146.115	0.803	0.884	0.710
145.2	Gummi-Forsteile (Dichtungen)	150.00	5.830	268	287	35.445	133.411	138.693	0.732	0.652	0.477
145.3	Gummi-Forsteile (Dichtungen)	50.00	5.830	124	124	20.717	58.506	75.531	0.963	0.774	0.745
145.4	Gummi-Forsteile (Dichtungen)	75.00	5.830	196	211	27.502	88.900	104.893	0.976	0.667	0.651
145.5	Gummi-Forsteile (Dichtungen)	75.00	5.830	206	189	28.499	93.758	109.741	1.029	0.749	0.771
146.1	Mischbrandlast (Fichtenholz und Autoreifen)	100.00	8.500	242	149	32.443	114.582	126.340	0.647	0.931	0.602
146.2	Mischbrandlast	110.00	8.800	251	147	33.501	120.977	130.362	0.600	0.950	0.570
146.3	Mischbrandlast	108.00	8.800	235	134	31.697	110.243	123.162	0.557	0.965	0.538
147.1	Mischbrandlast (Fichtenholz und PU-Weichschaum)	33.50	5.200	87	37	16.513	43.878	58.892	1.209	1.160	1.403
147.2	Mischbrandlast	41.20	5.400	113	73	20.177	56.658	73.377	1.222	1.002	1.225
147.3	Mischbrandlast	38.50	5.360	99	37	18.003	48.408	64.494	1.126	1.186	1.335
148.1	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	50.00	12.230	210	85	28.896	95.700	111.766	0.751	1.101	0.827
148.2	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	50.00	12.230	169	78	24.910	76.582	93.582	0.601	1.069	0.643
148.3	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	50.00	12.230	177	83	25.636	79.971	96.970	0.628	1.059	0.665
148.4	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	100.00	12.230	308	155	40.129	165.921	158.061	0.651	1.008	0.656
148.5	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	103.00	12.230	250	139	33.373	120.180	130.059	0.458	0.973	0.446
148.6	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	125.00	12.230	337	177	43.618	191.261	170.715	0.601	0.985	0.592
148.7	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	127.00	12.230	302	153	39.363	160.479	154.334	0.496	1.003	0.498
148.8	PP-Forsteile (Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren)	120.00	12.230	341	352	44.128	194.922	171.682	0.638	0.657	0.419
150.1	Mischbrandlast (Fichtenholz - Koks)	67.00	6.890	98	292	17.869	47.989	63.982	0.499	0.240	0.120
150.2	Mischbrandlast (Fichtenholz - Koks)	67.00	6.890	100	304	18.123	48.787	64.891	0.507	0.229	0.116
150.3	Mischbrandlast (Fichtenholz - Koks)	147.00	7.000	128	272	21.000	59.501	76.507	0.278	0.360	0.100

Erläuterung zu den einzelnen Spalten in der nachstehenden Übersicht:

- (1) = laufende Versuchsnummer (2) = Material (3) = Versuchsbrandmenge Q (kg) (4) = Unterer Heizwert Hu  
 (5) = Für die Berechnung einzusetzende Temperaturerhöhung (K) Meßstelle in 50 mm Tiefe (6) = Anstiegszeit für (5)  
 (7) = Vergleichsbranddauer  $t_{\Delta}$  (min) (8) = Vergleichsbrandmenge  $Q_v$  (kg) (9) =  $t_v$   
 (10) =  $m$ (alt) (11) = Zeitkorrekturfaktor :  $k_t$  (12) =  $m$ -Faktor  $m_1$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
152.1	PE - Folie	78.00	12.200	275	108	36.243	138.739	141.344	0.700	1.099	0.769
152.2	PE - Folie	40.00	12.200	157	89	23.802	71.501	88.501	0.703	0.998	0.702
152.3	PE - Folie	39.00	12.200	28	74	31.002	106.310	120.198	1.072	1.166	1.251
152.4	PE - Folie	39.50	12.200	83	91	26.191	82.616	99.624	0.823	1.035	0.852
152.5	PE - Folie	40.00	12.200	16	82	29.555	98.841	113.708	0.972	1.118	1.087
155.1	PA - Folie	36.00	8.140	187	87	26.591	84.537	101.526	1.385	1.059	1.466
155.2	PA - Folie	53.00	8.140	219	108	29.885	100.433	115.509	1.117	1.026	1.147
155.3	PA - Folie	59.00	8.140	244	81	32.665	115.892	126.926	1.158	1.156	1.339
156.1	Mischbrandlast: Autoreifen - Heizöl EL	71.00	12.000	309	110	40.258	166.843	158.482	0.940	1.130	1.062
156.2	Mischbrandlast: Autoreifen - Heizöl EL	86.00	12.010	276	141	36.368	139.590	141.768	0.649	1.002	0.650
156.3	Mischbrandlast: Autoreifen - Heizöl EL	100.00	11.925	358	143	46.123	209.277	177.504	0.842	1.081	0.910
154.1	Speisefett	50.00	9.030	4	46	0.999	2.100	3.150	0.022	0.004	0.000
154.2	Speisefett	49.00	9.030	15	128	5.242	12.123	18.182	0.132	0.089	0.012
154.3	Speisefett	47.00	9.030	0	166	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
154.4	Speisefett	45.00	7.840	285	94	37.460	147.050	146.475	2.001	1.154	2.309
154.5	Speisefett	101.00	9.030	85	233	16.261	43.182	58.299	0.227	0.302	0.069
154.6	Speisefett	85.00	8.300	337	180	43.618	191.261	170.715	1.301	0.978	1.273
154.7	Speisefett	60.00	8.070	259	141	34.446	126.935	134.344	1.258	0.980	1.234
154.8	Speisefett	100.00	8.390	130	116	21.178	60.174	77.165	0.344	0.818	0.281
154.9	Speisefett	100.00	8.390	275	133	36.243	138.739	141.344	0.794	1.024	0.813
132.1	PE-Formteile (leere Bierkästen)	52.00	12.200	211	142	29.000	96.201	112.128	0.728	0.899	0.654
132.2	PE-Formteile (leere Bierkästen)	52.00	12.200	215	88	29.446	98.322	113.237	0.744	1.093	0.813
132.3	PE-Formteile (leere Bierkästen)	78.40	12.200	287	123	37.678	148.557	147.369	0.746	1.068	0.796
157.1	PE-Formteile(Bierkästen mit leeren Flaschen)	85.80	12.200	39	298	43.870	193.066	171.291	0.885	0.744	0.659
157.2	PE-Formteile(Bierkästen mit leeren Flaschen)	85.80	12.200	41	282	44.128	194.922	171.682	0.894	0.773	0.691
157.3	PE-Formteile (Bierkästen)	81.00	12.200	99	128	38.997	157.879	152.812	0.767	1.067	0.818
267/1976	PE-Formteile(leere Bierkästen)	81.50	12.200	230	134	31.201	107.421	120.666	0.519	0.957	0.469
269/1976	PE-Formteile(leere Bierkästen)	80.80	12.200	250	148	33.373	120.180	130.059	0.585	0.946	0.554
158.1	Lederabfälle	50.00	5.280	117	157	20.490	57.740	74.711	1.050	0.644	0.676
158.2	Lederabfälle	50.00	5.280	143	89	22.460	65.566	82.566	1.192	0.969	1.156
158.3	Lederabfälle	50.00	5.280	118	126	20.504	57.787	74.765	1.051	0.760	0.799
158.4	gefärbte bzw. imprägnierte Wildlederabfälle	50.00	5.280	23	134	7.471	17.954	25.948	0.326	0.189	0.062
158.5	Lederabfälle Obermaterial - Leder	50.00	5.280	127	130	20.921	59.212	76.227	1.077	0.754	0.812
158.6	Lederabfälle Obermaterial - Leder	50.00	5.280	157	77	23.802	71.501	88.501	1.300	1.053	1.369
158.7	Lederabfälle ( Sohlen-Leder )	78.00	5.280	216	177	29.555	98.841	113.708	1.152	0.800	0.922

### 3. Brennbare Flüssigkeiten in offener Stahlwanne unterhalb der Siedetemperatur bei eingeschränkter Luftzufuhr

Nachdem in einem vorangegangenen Vorhaben /1/ brennbare Flüssigkeiten in unterschiedlichen Mengen in einer  $1 \text{ m}^2$  großen und  $0,125 \text{ m}$  hohen Wanne untersucht wurden, sollte im Rahmen dieses Vorhabens geklärt werden, in welcher Weise der m-Faktor bei konstanter Brandlast ventilations- bzw. brandlastabhängig bei konstanter Zuluftrate ist.

Hierzu wurden jeweils zwei Versuche bei Zuluftraten von  $250, 500, 750 \text{ m}^3/\text{h}$  in einer Stahlwanne ( $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 0,125 \text{ m}$ ) mit Brandmengen von  $25$  und  $50 \text{ kg}$  durchgeführt.

Die in den Abschnitten 3.1 bis 3.6 diskutierten Versuchsergebnisse zeigten einen deutlichen Anstieg des m-Faktors, wenn die Zuluftrate von  $250$  auf  $750 \text{ m}^3/\text{h}$  erhöht wurde.

Bei der größeren Brandmenge von  $50 \text{ kg}$  war der Anstieg geringer, daß bedeutet, daß die m-Faktoren ventilations- bzw. brandlastabhängig sind.

Bei gleichen Brandmengen führen höhere Zuluftraten zu einer besseren Verbrennung und zu höheren m-Faktoren. Werden bei konstanten Zuluftraten die Brandlasten verringert, so führt dies ebenfalls zu höheren m-Faktoren.

Eine Vergrößerung der Wannenfläche von  $1 \text{ m}^2$  auf  $2,25 \text{ m}^2$  führte zu geringeren Abbrandfaktoren, da die Zuluftrate nicht ausreichte, um den - bedingt durch die vergrößerte Brandfläche - erhöhten Bedarf an Verbrennungsluft zu decken.

Von Versuchen mit größeren Brandmengen, um den Mindestwert der äquivalenten Branddauer von  $20$  Minuten zu erreichen, wurde abgesehen, wenn bereits bei Brandmengen von  $25$  und  $50 \text{ kg}$  ein starker  $\text{O}_2$  - Abfall festgestellt wurde.

### 3.1 Cyclohexan (Versuche 135.1 bis 135.7 sowie 25 bis 27)

Basierend auf den Ergebnissen der Versuche 25 bis 27 (offene Stahlwanne: 1 m x 1 m x 0,25 m; Zuluftrate 500 m<sup>3</sup>/h) eines im Jahre 1983 abgeschlossenen Vorhabens (/1/) wurden auf Beschluß des m-Faktor Arbeitskreises weitere Versuche mit unterschiedlichen Zuluftraten von 250, 500, 750 m<sup>3</sup>/h durchgeführt (Versuche 135.1 bis 135.7) um die Abhängigkeit des m-Faktors von der Zuluftrate bzw. der Brandfläche (statt 1 m<sup>2</sup> 2,25 m<sup>2</sup> Wannenfläche) zu untersuchen.

Versuchs-Nr.	Zuluftrate (m <sup>3</sup> /h)	Wannen-Fläche (m <sup>2</sup> )	Versuchsbrandmenge (kg)	m-Faktor
135.1	500	2,25	25,0	0,428
135.2	250	2,25	25,0	0,547
135.3	500	2,25	50,0	0,259
135.4	250	2,25	50,0	0,309
135.5	750	2,25	50,0	0,354
135.6	750	2,25	25,0	0,658
135.7	250	2,25	50,0	0,297
25/1983	500	1,00	92,88	0,343
26/1983	500	1,00	123,84	0,367
27/1983	500	1,00	60,4	0,453

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche betragen **0,401 ± 0,123**. Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,307) = 1,3$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

**"Cyclohexan"**

ein Wert von **0,6** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 100 %, der untere Heizwert 8,9 kWh/kg.

### 3.2 Isopropanol (Versuche 134.1 bis 134.6, 22 bis 24)

Auch hier wurden aufgrund der Beratungen im m-Faktor-Arbeitskreis weitere Versuche (134.1 bis 134.6) bei unterschiedlichen Zuluftraten in einer 2,25 m<sup>2</sup> großen Wanne (1,5 m x 1,5 m x 0,125 m) durchgeführt:

Versuchs-Nr.	Zuluftrate (m <sup>3</sup> /h)	Wannen-fläche (m <sup>2</sup> )	Versuchsbrandmenge (kg)	m-Faktor
134.01	500	2,25	25,0	0,943
134.02	500	2,25	50,0	0,722
134.03	250	2,25	25,0	1,034
134.04	250	2,25	50,0	0,829
134.05	750	2,25	25,0	1,143
134.06	750	2,25	45,1	0,802
22/1983	500	1	64,0	1,03
23/1983	500	1	128,0	0,722
24/1983	500	1	96,0	0,574

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche betragen **0,873 ± 0,191**. Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man

$\nu(0,219) = 1,18$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### "Isopropanol"

ein Wert von **1,1** ergibt.

Aufgrund dieser Ergebnisse wird vorgeschlagen den m-Faktor, der bisher im Beiblatt mit 1,2 angegeben war, auf 1,1 herabzusetzen.

Die Lagerungsdichte betrug 100 %, der untere Heizwert 7,5 kWh/kg.

### 3.3 Reinigungsbenzin (Versuche 149.1 bis 149.6, 114 bis 116)

Ergänzend zu den Ergebnissen der Versuche 114 bis 116 an Reinigungsbenzin in einer 1 m x 1 m x 0,25 m großen Stahlwanne bei einer Zuluftrate von 500 m<sup>3</sup>/h wurden weitere Versuche bei Zuluftraten von 250, 500 und 750 m<sup>3</sup>/h (Versuche 149.1-149.6) mit einer größeren Wanne (1,5 m x 1,5 m x 0,125 m) durchgeführt:

Versuchs-Nr.	Zuluftrate (m <sup>3</sup> /h)	Versuchsbrandmenge (kg)	m-Faktor
114	500	26,8	0,764
115	500	48,8	0,594
116	500	65,0	0,510
149.1	500	25,0	0,570
149.2	500	50,0	0,313
149.3	250	25,0	0,461
149.4	250	50,0	0,283
149.5	750	50,0	0,471
149.6	750	25,0	0,748

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche betragen  $0,524 \pm 0,167$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,319) = 1,31$ , so daß für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Reinigungsbenzin"**

ein Wert von  $m = 0,7$  ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 100 %, der untere Heizwert 11,9 kWh/kg.

### 3.4 Bleifreies Benzin (Versuche 108 bis 110, 110.1 bis 110.6)

Aufbauend auf den Ergebnissen der Versuche 108 bis 110 (Zuluftrate: 500 m<sup>3</sup>/h, Wanne: 1 m x 1 m x 0,25 m) wurden weitere Versuche mit einer größeren Wanne (1,5 m x 1,5 m x 0,125 m) und unterschiedlichen Zuluftraten von 250, 500 und 750 m<sup>3</sup>/h durchgeführt (Versuche 110.1 bis 110.6).

Die hierbei ermittelten Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

Versuchs-Nr.	Zuluftrate (m <sup>3</sup> /h)	Versuchsbrandmenge (kg)	m-Faktor
108	500	37,8	0,781
109	500	75,6	0,538
110	500	113,4	0,357
110.1	500	25,0	0,609
110.2	500	50,0	0,377
110.3	250	25,0	0,368
110.4	750	25,0	0,655
110.5	750	50,0	0,423
110.6	250	50,0	0,205

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche betragen **0,479 ± 0,179**. Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,319) = 1,31$ , so daß für den m-Faktor der Lagerstoffkonfiguration

#### **"bleifreies Benzin"**

ein Wert von **0,7** vorgeschlagen wird.

Die Lagerungsdichte betrug 100 %, der untere Heizwert 11,9 kWh/kg.

### 3.5 Nitroverdünnung (Versuche 111 bis 113)

Hierzu wurden drei Versuche in einer offenen Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,25 m) auf einem Stahlsockel durchgeführt. Die Zündung erfolgte jeweils durch einen mit Petroleum getränkten Weichfaserdämmstreifen.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,788; 1,040; 0,745$ ) betragen  $0,858 \pm 0,159$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $v(0,186) = 1,14$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### "Nitroverdünnung"

ein Wert von **1,0** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 100 %, der untere Heizwert 7,5 kWh/kg.

### 3.6 Heizöl EL (Versuche 123.1 bis 123.6)

Als Ergänzung zu früheren Versuchen (128/1973, 181/1973, 182/1973, 257/1973, 258/1973) wurden weitere Versuche mit unterschiedlichen Zuluftraten von 250, 500 und 750 m<sup>3</sup>/h in einer größeren Wanne (1,5 m x 1,5 m x 0,125 m) durchgeführt (Versuche 123.1 bis 123.6).

Versuchs Nr.	Zuluftrate (m <sup>3</sup> /h)	Versuchsbrandmenge (kg)	m-Faktor
123.1	500	25,0	0,810
123.2	500	50,0	0,519
123.3	750	25,0	0,861
123.4	750	50,0	0,596
123.5	250	25,0	0,942
123.6	250	50,0	0,480
128/1973	500	61,1	0,284
181/1973	500	120,4	0,471
182/1973	500	120,4	0,395
257/1973	500	172,0	0,361
258/1973	500	120,4	0,421

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für die o. a. Versuche betragen  $0,558 \pm 0,219$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,392) = 1,408$ , so daß für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

**"Heizöl-EL"**

ein Wert von **0,8** vorgeschlagen wird.

Die Lagerungsdichte betrug 100 %, der untere Heizwert 11,7 kWh/kg.

**3.7 Fahrzeugreifen**

**3.7.1 Fahrzeugreifen aus Kautschuk, lose gelagert (Versuche 121.1-121.3)**

Als Versuchsmaterial wurden Fahrzeugreifen in einem Drahtkorb (1 m x 1 m x 1 m) untersucht. Die Zündung erfolgte jeweils durch zwei mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,340; 0,372; 0,263$ ) betragen  $0,325 \pm 0,056$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,172) = 1,123$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

**"Fahrzeugreifen aus Kautschuk, lose gelagert"**

ein Wert von **0,4** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 10 %, der untere Heizwert 12,2 kWh/kg.

### 3.7.2 Fahrzeugreifen aus Kautschuk auf Holzpaletten (Versuche 146.1 bis 146.3)

Hierzu wurden drei Versuche durchgeführt, bei denen als Mischbrandlast Autoreifen auf einer Fichtenholzkrippe von jeweils 50 kg untersucht wurden.

Als Zündquelle diente ein mit Petroleum getränkter Holzfaserdämmstreifen, der unter das Versuchsmaterial gelegt wurde.

Die Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,602; 0,570; 0,538$ ) betragen  $0,570 \pm 0,032$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\gamma(0,056) = 1,016$ , so daß sich für den m-Faktor des Lagerstoffes

#### "Fahrzeugreifen aus Kautschuk auf Holzpaletten"

ein Wert von **0,6** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug ca. 10 %, der untere Heizwert der Mischbrandlast betrug 8,7 kWh/kg.

### 3.8 Brechkoks

#### 3.8.1 Brechkoks, lose geschüttet (Versuche 117.1 bis 117.5)

Hierzu wurden fünf Versuche durchgeführt, bei denen Brechkoks III in loser Schüttung in einem Drahtkorb (1 m x 1 m x 1 m) untersucht wurde.

Als Zündquelle dienten jeweils Zündkrippen von 5 kg Fichtenholz, die mit Petroleum getränkten Weichfaserdämmstreifen gezündet wurden.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,114; 0,100; 0,101; 0,136; 0,134$ ) betragen  $0,117 \pm 0,017$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\gamma(0,145) = 1,09$ , so daß sich für den m-Faktor des Lagerstoffes

#### "Brechkoks, lose geschüttet"

ein Wert von **0,1** ergäbe. Aufgrund des unteren Heizwertes von 8,1 kWh/kg wird entsprechend der DIN 18 230 Teil 2 Abschnitt 7.2 der m-Faktor mit 0,2 angesetzt. Die Lagerungsdichte betrug 60 %.

### 3.8.2 Brechkoks in Verbindung mit Holz (Holzbauteile ca. 35 %), lose geschüttet (Versuche 150.1 bis 150.3)

Als Versuchsmaterial wurden Brechkoks III und Fichtenholz (25 kg bei Versuch 150.1 bis 150.2, 50 kg bei Versuch 150.3) eingesetzt.

Die Fichtenholzkrippe befand sich unter dem geschütteten Brechkoks in einem Drahtkorb (1 m x 1 m x 0,5 m).

Die Zündung der Holzkrippe erfolgte jeweils durch vier mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,120; 0,116; 0,100$ ) betragen  $0,112 \pm 0,01$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,094) = 1,042$ , so daß sich für den m-Faktor des Lagerstoffes

#### **"Brechkoks in Verbindung mit Holz (Holzbauteile ca. 35 %), lose geschüttet"**

ein Wert von 0,1 ergeben würde. Aufgrund des unteren Heizwertes dieser Mischbrandlast von 6,9 kWh/kg wird entsprechend der DIN 18 230 Teil 2 Abschnitt 7.2 der m-Faktor mit 0,2 angesetzt. Die Lagerungsdichte betrug 60 %.

### 3.9 Folien auf Rollen

#### 3.9.1 Polyethylen-Folien auf Rollen gewickelt (Versuche 152.1 bis 152.5)

Als Versuchsmaterial wurden jeweils drei Rollenabschnitte in einer Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,25 m) untersucht.

Die Zündung erfolgte durch zwei mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen, die zwischen das Versuchsmaterial gelegt wurden.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,769; 0,702; 1,251; 0,852; 1,087$ ) betragen  $0,932 \pm 0,230$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,246) = 1,217$ , so daß sich für den m-Faktor des Lagerstoffes

**"Polyethylen-Folien auf Rollen gewickelt"**

ein Wert von 1,1 ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 30 %, der untere Heizwert 12,2 kWh/kg.

**3.9.2 Polyamid-Folien auf Rollen gewickelt (Versuche 155.1 bis 155.3)**

Hierzu wurden drei Versuche durchgeführt, bei denen Rollenabschnitte aus Polyamid-Folien senkrecht in einer offenen Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,25 m) untersucht wurden.

Als Zündquelle dienten jeweils zwei mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen, die zwischen das Versuchsmaterial gelegt wurden.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 1,466; 1,147; 1,339$ ) betragen  $1,313 \pm 0,161$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,121) = 1,071$ , so daß sich für den m-Faktor des Lagerstoffes

**"Polyamid-Folien auf Rollen gewickelt"**

ein Wert von 1,4 ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 30 %, der untere Heizwert 8,1 kWh/kg.

### 3.10 Speisefett mit mindestens 15 % Wassergehalt

Zur Ermittlung des m-Faktors für diese Lagerstoff-Konfiguration wurden insgesamt neun Versuche an Margarine durchgeführt.

#### 3.10.1 Margarine (Versuche 154.2, 154.5, 154,8)

Bei 6 Versuchen wurde Margarine in handelsüblicher Verpackung in eine Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,125) gestapelt und mit unterschiedlichen Zündquellen gezündet.

Bei diesen Versuchen, bei denen die Zündquelle aus zwei mit Petroleum getränkten Weichfaserdämmstreifen sowie unterschiedlichen Fichtenholzkrippen (2 kg, 5 kg und 17,7 kg) bestand, stellte sich nur ein geringes Brandgeschehen ein.

Dies war darauf zurückzuführen, daß durch die Wärmeenergie der Zündquelle das Material siedete und der Wasseranteil zum großen Teil verdampfte.

Aufgrund der relativ niedrigen m-Faktoren dieser Versuche ( $m_i = 0,012; 0,069$ ) wurde für die Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Margarine mit mindestens 15 % Wassergehalt"**

ein m-Faktor von 0,2 festgelegt.

Die Lagerungsdichte betrug 90 %, der untere Heizwert 9,0 kWh/kg.

#### 3.10.2 Margarine auf Holzpaletten gelagert

(Versuche 154.4; 154.6; 154.7; 154.8; 154.9)

Für diese Versuche wurde zum großen Teil nur geschmolzenes Material eingesetzt, bei dem der Wasseranteil bei den vorangegangenen Versuchen (s. Abschnitt 3.10.1) verdampft war.

Als Zündquellen dienten jeweils zwei Weichfaserdämmstreifen und 17,7 kg Fichtenholz, die auf die oberste Lage des Versuchsmaterials aufgelegt wurden.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 2,309; 1,273; 1,234; 0,281; 0,813$ ), die als Mischbrandlasten bewertet wurden, betragen  $1,182 \pm 0,747$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,632) = 1,685$ , so daß sich für den m-Faktor des Lagerstoffes

**"Margarine mit mindestens 15 % Wassergehalt auf Holzpaletten gelagert"**

ein Wert von **2,0** ergibt. Die Lagerungsdichte betrug 90 %, der untere Heizwert der Mischbrandlast 8,2 kWh/kg.

### 3.11 GFK-Formteile mit und ohne Wärmedämmung aus PU-Schaum (Versuche 90 bis 92, 139.1 bis 139.8)

Als Versuchsmaterial wurden unterschiedliche GFK-Formteile mit mind. **30 % Glasanteil** eingesetzt.

Bei den Versuchen 90 bis 92 handelte es sich um **Motorradverkleidungen**, bei den Versuchen 139.1 bis 139.3 um GFK-Formteile aus **Aufsatzkränzen** von Rauchabzügen mit einer thermischen Isolierung aus PUR und bei Versuch 139.4 um **GFK-Abfälle**.

Unter der Versuchsnummer 139.5 bis 139.8 wurden die Ergebnisse eines 1976 abgeschlossenen Vorhabens /6/ an **Polyester-Profilstäben** mit aufgeführt, da bei der damaligen Auswertung der Faktor  $k_t$  und der Korrekturfaktor  $\nu$  nicht berücksichtigt wurde.

Zur besseren statistischen Absicherung werden diese Ergebnisse in die Berechnung des m-Faktors mit einbezogen.

Der bei Versuch 139.8 ermittelte m-Faktor von 0,373 weicht deutlich von den übrigen m-Faktoren ab.

Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß bei der eingesetzten Brandmenge von 348,2 kg die Zuluftrate von 500 m<sup>3</sup>/h für eine gute Verbrennung nicht ausreichte.

Der Mittelwert und die Standardabweichung für den m-Faktor dieser Versuche betragen **0,914 ± 0,236**.

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\gamma(0,258) = 1,204$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

**"GFK-Formteile mit und ohne Wärmedämmung aus PUR-Schaum  
lose gestapelt, ca. 30 % Glasanteil"**

ein Wert von **1,1** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 5 bis 10 %, der untere Heizwert 5,3 kWh/kg.

### 3.12 Dispersionsfarbe in Eimern (Versuche 138.1 bis 138.4)

Hierzu wurden insgesamt vier Versuche durchgeführt, bei denen Dispersionsfarbe in Kunststoffeimern aus Polyethylen untersucht wurde. Die Dispersionsfarbe bestand zu ca. 8 % PVAc und Acrylate, 70 % H<sub>2</sub>O sowie 22 % aus nichtbrennbaren Füllstoffen.

Bei den Versuchen wurden als Zündquelle Fichtenholzkrippen von 1 bis 17,7 kg eingesetzt, die mit Petroleum getränkten Weichfaserdämmstreifen gezündet wurden.

Wie die Versuchsergebnisse zeigten, leisteten die brennbaren Bestandteile dieses Lagerstoffes keinen nennenswerten Beitrag zum Brandgeschehen. Es ist zu erwarten, daß im Brandfall die Eimer undicht werden und eine Brandausbreitung durch auslaufende Dispersionsfarbe verhindert wird.

Nach Diskussion im m-Faktor Arbeitskreis wurde beschlossen, hierfür keinen m-Faktor festzulegen. Es wurde angeregt, in den Erläuterungen zu DIN 18 230 Teil 1, Abschnitt 4.5.3, Aufzählung A diese Lagerstoff-Konfiguration als Beispiel aufzunehmen, für den kein m-Faktor berücksichtigt werden muß.

### 3.13 Heizöl mit Altreifen in einer Stahlwanne (Versuche 156.1 bis 156.3)

Als Mischbrandlast wurden Autoreifen mit Heizöl EL in einer Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,125 m) untersucht. Als Zündquelle dienten mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 1,062; 0,650; 0,910$ ) betragen  $0,874 \pm 0.208$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $(0,238) = 1,206$ , so daß für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### "Heizöl mit Altreifen"

ein Wert von 1,1 vorgeschlagen wurde. Nach Diskussion im m-Faktor Arbeitskreis wurde beschlossen, daß diese Ergebnisse nur zur Überprüfung der Berechnung von m-Faktoren für Mischbrandlasten dienen sollen. Da diese Lagerungsart in der Praxis höchst selten vorkommt, wird hierfür kein m-Faktor im Beiblatt 1 zu DIN 18 230 aufgenommen.

### 3.14 Polyethylen-Behälter

(Versuche 267/76, 269/76, 132.1 bis 132.3, 157.1 bis 157.3)

Als Ergänzung zu den Ergebnissen zweier Versuche an leeren Bierkästen aus Polyethylen (siehe /6/, Versuche 267/76, 269/76) eines im Jahre 1977 abgeschlossenen Forschungsvorhabens wurden weitere Versuche durchgeführt (132.1-132.3, 157.1-157.3).

Bei den Versuchen 132.1 bis 132.3 wurden **leere Bierkästen** in einer Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,25 m) untersucht.

Bei den Versuchen 157.1 und 157.2 wurden **Bierkästen mit leeren Flaschen**, bei Versuch 157.3 **ohne Leergut** auf dem Brandraumboden - **ohne Stahlwanne** - angeordnet.

Für die abschließende Bewertung dieser Versuche wurden auch die im Jahre 1976 /6/ durchgeführten Versuche mit einbezogen und unter Berücksichtigung des  $k_t$ -Faktors und des Korrekturfaktors  $\nu$  ausgewertet.

Der Mittelwert und die Standardabweichung für acht Versuche ( $m_i = 0,654; 0,813; 0,796; 0,659; 0,691; 0,818; 0,496; 0,554$ ) betragen  $0,685 \pm 0,120$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,175) = 1,127$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

**"Polyethylen-Behälter (auch mit nichtbrennbarem Inhalt)  
oder - Formteile (gestapelt oder geschüttet)"**

ein Wert von **0,8** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 10 bis 90 %, der untere Heizwert 12,2 kWh/kg.

### 3.15 Kabel mit PVC-Isolierung (Versuche 120.1 bis 120.3)

Als Versuchsmaterial wurden Kabel mit einer Isolierung aus PVC als einzelne Kabelbündel auf Kabelrosten untersucht.

Als Zündquelle diente jeweils 5 kg Fichtenholz, das unter das Versuchsmaterial gelegt wurde und mit Petroleum getränkten Weichfaserdämmstreifen gezündet wurde.

Zur besseren statistischen Absicherung wurde das Ergebnis eines vorangegangenen m-Faktor-Versuches eines in 1983 abgeschlossenen Vorhabens (siehe /1/ Versuch 37,  $m_i=0,442$ ) mit einer Brandmenge von 222 kg PVC mit einbezogen.

Der Mittelwert und die Standardabweichung für vier Versuche ( $m_i = 0,384; 0,429; 0,152; 0,442$ ) betragen  $0,352 \pm 0,135$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,383) = 1,279$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

**"Kabel mit PVC-Isolierung als Kabelbündel auf Kabelrosten"**

ein Wert von **0,5** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 30 bis 90 %, der untere Heizwert 5,0 kWh/kg, der sich nur auf die brennbaren Bestandteile dieser Lagerstoff-Konfiguration bezieht.

### 3.16 Schafwolle zu Ballen verpreßt bzw. lose gelagert (Versuch 141.1 bis 141.5)

Hierzu wurden insgesamt fünf Versuche durchgeführt. Bei den Versuchen **141.1** und **141.2** wurde die Schafwolle als Ballen untersucht, wobei als Zündquellen bei Versuch 141.1 vier Weichfaserdämmstreifen und bei Versuch 141.2 zusätzlich 1 kg Fichtenholz eingesetzt wurde.

In beiden Fällen kam es zu keiner nennenswerten Ausweitung des Brandgeschehens ( $m_f = 0; 0,07$ ).

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde für die Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Schafwolle zu Ballen verpreßt"**

ein Wert von **0,2** festgelegt.

Für die Lagerungsdichte wurde kein Wert festgelegt.

Bei den Versuchen **141.3** bis **141.5** wurde die Schafwolle in loser Schüttung in einem Drahtkorb (1 m x 1 m x 1 m) untersucht. Bei dieser Anordnung des Lagerstoffes kam es zu einem intensiven Abbrand.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_f = 0,329; 0,832; 0,427$ ) betragen **0,415 ± 0,316**.

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,763) = 1,807$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Schafwolle lose gelagert"**

ein Wert von **0,8** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 10 %, der untere Heizwert 5,8 kWh/kg.

### 3.17 Dichtungsbänder aus Gummi (Versuche 145.1 bis 145.5)

Hierzu wurden insgesamt fünf Versuche durchgeführt, bei denen Abschnitte von Gummi-Dichtungen in einem offenen Drahtkorb (1 m x 1 m x 0,5 m) untersucht wurden. Als Zündquellen dienten mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen, die unter das Versuchsmaterial gelegt wurden.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,710; 0,477; 0,745; 0,651; 0,771$ ) betragen  $0,671 \pm 0,117$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,175) = 1,128$ , so daß sich für den m-Faktor des Lagerstoffes

#### "Dichtungsbänder aus Gummi"

ein Wert von **0,8** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 20 %, der untere Heizwert 5,8 kWh/kg.

### 3.18 Polypropylen-Rohre (Versuche 148.1 bis 148.8)

Als Versuchsmaterial wurden Abfälle von Fußboden-Heizungsrohren in einer offenen Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,25 m) untersucht.

Als Zündquelle dienten mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen, die unter das Versuchsmaterial gelegt wurden.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für acht Versuche ( $m_i = 0,827; 0,643; 0,665; 0,656; 0,446; 0,592; 0,498; 0,419$ ) betragen  $0,647 \pm 0,135$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,208) = 1,17$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### "Polypropylen-Rohre (DIN 4102-B2)"

ein Wert von **0,8** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 10 %, der untere Heizwert 12,2 kWh/kg.

### 3.19 Ton- und Datenträgerkassetten

Hierzu wurden insgesamt 20 Versuche durchgeführt, bei denen unterschiedliche Tonträger bzw. Datenträgerkassetten untersucht wurden.

Aufgrund der unterschiedlichen Lagerung dieser Lagerstoffe können zur Bildung von 3 verschiedenen Grundgesamtheiten

- **Ton- und Datenträgerkassetten nicht spezifiziert, lose gelagert (Versuche 72 - 74, 98 - 100)**
- **Ton- und Datenträgerkassetten mit Polycarbonat-Gehäuse und Polyester-Band, lose gelagert (Versuche 101.03/.05/.07, 101.09-101.12)**
- **Datenträgerkassetten mit einem Polycarbonatgehäuse und Polyesterband im Karton gelagert (Versuche 101.01/.02/.04,/.06)**

die m-Faktoren der in Klammern angegebenen Versuche herangezogen werden.

Bei 6 Versuchen 72 bis 74 sowie 98 bis 100 wurden **nicht spezifizierte Video-, Tonbandkassetten und -bänder** in loser Schüttung in einer 1 m<sup>2</sup> großen Stahlwanne untersucht.

Als Zündquelle dienten mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen, die auf die oberste Lage des Versuchsmaterials aufgelegt wurden.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,629; 1,225; 0,442; 0,615; 1,928, 0,961; 1,823$ ) betragen  $0,967 \pm 0,548$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\gamma(0,567) = 1,616$ , so daß sich für den m-Faktor für die Lagerstoff-Konfiguration

**"Ton- und Datenträgerkassetten, nicht spezifiziert,  
lose gelagert"**

ein Wert von **1,6** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 80 %, der untere Heizwert 6,0 kWh/kg.

In den Versuchen 101.03, 101.05, 101.07, 101.09-101.12 wurden **Ton- und Datenträgerkassetten mit Polycarbonat-Gehäuse und Polyester-Band, lose gelagert**, untersucht.

Als Zündquelle dienten 5 kg bzw. 1 kg Fichtenholz, die durch mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen gezündet wurden. Das Fichtenholz wurde unter das Versuchsmaterial gelegt.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,786; 0,532; 0,239; 0,251; 0,213; 0,199; 0,300$ ) betragen  $0,360 \pm 0,219$ . Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $\nu(0,608) = 1,661$ , so daß sich für den m-Faktor für die Lagerstoff-Konfiguration

**"Ton- und Datenträgerkassetten mit PC-Gehäuse und Polyester-Band, lose gelagert"**

ein Wert von **0,6** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 80 %, der untere Heizwert 6,0 kWh/kg.

Bei den Versuchen 101.01, 101.02, 101.04, 101.06 und 101.08 wurden Datenträgerkassetten mit einem Gehäuse aus Polycarbonat und einem Band aus Polyester **dicht gepackt im Karton** in einem Drahtkorb (1 m x 1 m x 0,5 m) untersucht.

Als Zündquellen wurden jeweils 1 bis 5 kg Fichtenholz eingesetzt, das durch mit Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen gezündet wurde.

Wie die Versuchsergebnisse zeigten, kam es bei dieser Lagerstoff-Konfiguration zu keinem nennenswerten Brandgeschehen mit m-Faktoren um 0.

Aufgrund des unteren Heizwertes von 6 kWh/kg wurde der m-Faktor nach DIN 18 230 Teil 2 Abschnitt 7.2 für die Lagerstoff-Konfiguration

**"Datenträgerkassetten mit einem Polycarbonatgehäuse und Polyesterband im Karton gelagert"**

mit **0,2** angesetzt. Die Lagerungsdichte betrug 100 %.

### 3.20 Karton (Versuche 122.1 bis 122.6)

Als Versuchsmaterial wurden wurden **zusammengefaltete Behälter** aus Karton bzw. Wellpappe in einem Drahtkorb (1 m x 1 m x 1 m) gestapelt.

Als Zündquelle diente jeweils ein mit Petroleum getränkter Weichfaserdämmstreifen.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche (122.1 bis 122.3;  $m_i = 0,034; 0,136; 0,431$ ) betragen  $0,200 \pm 0,206$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variations -koeffizienten erhält man  $\nu(1,03) = 1,993$ , so daß sich für den m-Faktor für die Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Karton lose, horizontal gestapelt"**

ein Wert von **0,4** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 20 %, der untere Heizwert 4,2 kWh/kg.

Bei den Versuchen 122.4 bis 122.7 wurden **leere Schuhkartons** in einen Drahtkorb (1 m x 1 m x 1 m) gestapelt.

Als Zündquelle dienten mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 1,924; 1,771; 1,221; 1,257$ ) betragen  $1,543 \pm 0,357$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variations -koeffizienten erhält man  $\nu(0,231) = 1,197$ , so daß sich für den m-Faktor für die Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Behälter aus Karton, leer, gestapelt"**

ein Wert von **1,8** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 6 %, der untere Heizwert 4,2 kWh/kg.

### 3.21 Roggenmehl in Papiersäcken, dicht gestapelt (Versuche 124.1-124.3)

Hierzu wurden drei Versuche durchgeführt, bei denen 100 bzw. 199 kg Roggenmehl in Papiersäcken untersucht wurde.

Als Zündquelle dienten jeweils 5 kg Fichtenholz, die durch einen mit Petroleum getränkten Weichfaserdämmstreifen gezündet wurden. Das Fichtenholz wurde lose auf den obersten Sack aufgelegt.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des m-Faktors für diese Versuche ( $m_i = 0,100; 0,890; 0,761$ ) betragen  $0,584 \pm 0,432$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $K(0,740) = 1,788$ , so daß sich für den m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Roggenmehl in Papier-Säcken, dicht gestapelt"**

ein Wert von 1,0 ergibt.

Für die Lagerungsdichte kann kein Wert angegeben werden. Der untere Heizwert betrug 4,6 kWh/kg.

### 3.22 Zucker in Säcken (Versuche 125.1 bis 125.3)

Als Versuchsmaterial wurde weißer Sandzucker (EWG - Kategorie 2) in Papiersäcken in einer offenen Stahlwanne (1 m x 1 m x 0,25 m) untersucht.

Als Zündquelle dienten 5 bzw. 17 kg Fichtenholz, die auf (Versuch 125.1/.2) bzw. unter (Versuch 125.3) das Versuchsmaterial gelegt und durch mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen gezündet wurden.

Wie die Versuchsergebnisse zeigten, kam es zu keinem nennenswerten Brandgeschehen.

Aufgrund des unteren Heizwertes von 4,6 kWh/kg wurde nach DIN 18 230 Teil 2 Abschnitt 7.2 der m-Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Zucker in Papiersäcken, dicht gestapelt"**

mit 0,2 angesetzt.

Für die Lagerungsdichte können keine Angaben gemacht werden.

### 3.23 Kalkammonsalpeter (Versuche 127.1 bis 127.3)

Als Versuchsmaterial wurde Kalkammonsalpeter in Säcken aus PE untersucht.

Als Zündquelle wurde bei Versuch 127.1 5 kg Fichtenholz eingesetzt. Wie die Versuchsergebnisse zeigten, trat außer dem Abbrand des Fichtenholzes kein nennenswertes Brandgeschehen auf.

Bei den Versuchen 127.2 und 127.3 wurde die Zündquelle auf 17,7 kg Fichtenholz erhöht und wie bei Versuch 127.1, mit Petroleum getränkte Holzfaserdämmstreifen gezündet. Auch hier war eine Beteiligung des Versuchsmaterials am Brandgeschehen nicht zu beobachten.

Bei der Auswertung als Mischbrandlasten ergeben sich bei Versuch 127.2 und 127.3 m-Faktoren von 1,05 und 1,238, die, wie die Beobachtungen nach den Versuchen zeigten, nur auf den Abbrand der Zündkrippe zurückzuführen sind.

Aus diesem Grunde wurde entsprechend DIN 18 230 Teil 2 Abschnitt 7.2 der m-Faktor für die Lagerstoff-Konfiguration

**"Kalkammonsalpeter in Säcken aus PE, dicht gestapelt,  
auf Holzpaletten gelagert"**

mit 0,2 angesetzt.

Für die Lagerungsdichte können keine Angaben gemacht werden. Der untere Heizwert betrug 0,6 kWh/kg.

### 3.24 Lederwaren (Versuche 158.1 bis 158.7)

Hierzu wurden 7 Versuche durchgeführt, bei denen unterschiedliche Lederabfälle (Wildleder, Nappaleder, Sohlenleder) untersucht wurden.

Als Zündquellen dienten bei Versuch 158.1 17.7 kg, bei Versuch 158.2 1 kg Fichtenholz und bei den Versuchen 158.3 bis 158.7 jeweils zwei mit Petroleum getränkte Weichfaserdämmstreifen.

Bei Versuch 158.4 hatten die Lederabfälle einen hohen Feuchtigkeitsgehalt von ca. 110 %. Dadurch war nur ein relativ geringes Brandgeschehen zu beobachten mit einem sehr kleinen Abbrandfaktor von  $m = 0,062$ , der daher nicht in der Berechnung des Mittelwertes berücksichtigt wurde.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des  $m$ -Faktors für die übrigen Versuche (Feuchtigkeitsgehalt ca. 20 %)

( $m_i = 0,676; 1,156; 0,799, 0,812, 1,369, 0,922$ ) betragen  $0,956 \pm 0,256$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $(0,271) = 1,250$ , so daß sich für den  $m$ -Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### **"Leder, lose gelagert"**

ein Wert von **1,2** ergibt.

Die Lagerungsdichte betrug 10-12 %, der untere Heizwert betrug 5,28 kWh/kg.

### 3.25 Polstermöbel (Versuche 147.1 bis 147.3)

Hierzu wurden 3 Versuche durchgeführt, bei denen als Mischbrandlast PUR-Weichschaum auf einer Fichtenholzkrippe von jeweils 25 kg untersucht wurden. Als Zündquelle diente ein mit Petroleum getränkter Holzfaserdämmstreifen, der unter das Versuchsmaterial gelegt wurde.

Der Mittelwert und die Standardabweichung des  $m$ -Faktors für diese Versuche ( $m_i = 1,403; 1,225; 1,335$ ) betragen  $1,321 \pm 0,089$ .

Für den Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten erhält man  $(0,068) = 1,023$ , so daß sich für den  $m$ -Faktor der Lagerstoff-Konfiguration

#### **"PUR-Weichschaum (DIN 4102-B3, Dichte ca. 50 kg/m<sup>3</sup>) in Verbindung mit Holzkonstruktionen (Polstermöbel)**

ein Wert von **1,4** ergibt. Die Lagerungsdichte betrug 50 %, der untere Heizwert betrug 5,3 kWh/kg.

#### 4 Zusammenfassung

4.1 Im Rahmen dieses Untersuchungsvorhabens wurden 153 Brandversuche an Lagergütern unterschiedlicher Art durchgeführt. Die Einzelergebnisse sind im Abschlußbericht Teil V.I und V.II zusammengestellt. Sie werden in dem vorstehenden Bericht diskutiert.

Die nachstehend aufgeführten Abbrandfaktoren wurden zur Beratung im Arbeitskreis "m-Faktor" DIN 18 230, NABau XII 4/2 vorgelegt und zur Aufnahme in das Beiblatt zur DIN 18 230, Teil 1 vorgeschlagen. Neben den m-Faktoren werden die Lagerungsdichte sowie der untere Heizwert  $H_{u,i}$  oder ggf. der Rechenwert für den unteren Heizwert der Mischbrandlast  $\bar{H}_{u,i}$  angegeben.

Lagerstoff	"m"- Faktor	Lagerungs- dichte	$H_{u,i}$	- $\bar{H}_{u,i}$
		(%)	(kWh/kg)	
Brennbare Flüssigkeiten in offener Stahlwanne unterhalb der Siedetempera- tur bei eingeschränkter Luftzufuhr				
Cyclohexan	0,6	100	8,9	-
Isopropanol	1,1	100	7,5	-
Reinigungsbenzin	0,7	100	11,9	-
bleifreies Benzin	0,7	100	11,9	-
Nitroverdünnung	1,0	100	7,5	-
Heizöl EL	0,8	100	11,7	-
Fahrzeugreifen aus Kautschuk, lose gelagert				
	0,4	10	12,2	-
Fahrzeugreifen aus Kautschuk, lose gelagert auf Holzpaletten				
	0,6	10		8,7
Breckkoks, lose geschüttet				
	0,2	60	8,1	-
Breckkoks, in Verbindung mit Holz (Holzbauteile 30 %), lose geschüttet				
	0,2	60	-	6,9
Polyethylen-Folien auf Rollen gewickelt				
	1,1	30	12,2	-
Polyamid-Folien auf Rollen gewickelt				
	1,4	30	8,1	-

Lagerstoff	"m"- Faktor	Lagerungs- dichte(%)	H <sub>01</sub> (kWh/kg)	H <sub>01</sub>
Speisefett mit mindestens 15 % Wasser- gehalt	0,2	90	9,0	
Speisefett mit mindestens 15 % Wasser- gehalt auf Holzpaletten gelagert	2,0	90	-	8,2
GFK-Formteile mit und ohne Wärmedämmung aus PUR-Schaum, lose gestapelt	1,1	5-10	5,3	-
Heizöl mit Altreifen in einer Stahlwanne	1,1	-	-	12,0
Polyethylen-Behälter (auch mit nicht- brennbarem Inhalt) oder Formteile (gestapelt oder geschüttet)	0,8	10-90	12,2	-
Kabel mit PVC-Isolierung als Kabel- bündel auf Kabelrosten	0,5	30-90	5,0	-
Schafwolle zu Ballen verpreßt	0,2	-	5,8	-
Schafwolle, lose gelagert	0,8	10	5,8	-
Dichtungsbänder aus Gummi	0,8	20	5,8	-
Polypropylen-Rohre(DIN 4102-B2)	0,8	10	12,2	-
Ton-und Datenträgerkassetten, nicht spe- zifiziert, lose gelagert	1,6	80	6,0	-
Ton-und Datenträgerkassetten, mit PC-Ge- häuse und Polyester-Band, lose gelagert	0,6	80	6,0	-
Ton-und Datenträgerkassetten, mit PC-Ge- häuse und Polyester-Band im Karton	0,2	100	6,0	-
Karton, lose, horizontal gestapelt	0,4	20	4,2	
Behälter aus Karton, leer, gestapelt	1,7	6	4,2	
Roggenmehl in Papier-Säcken, dicht gestapelt	1,0	-	4,6	
Zucker in Papier-Säcken, dicht gestapelt	0,2	-	4,6	
Kalkammonsalpeter in Säcken aus PE, dicht gestapelt	0,2	-	0,6	
Lederwaren	1,2	10 - 15	5,3	
Polstermöbel (PUR-Weichschaum DIN 4102- B3 in Verbindung mit Holzkonstruktionen)	1,4	50		5,3

4.2 Eine Reihe von Lagerstoffen wurden als Mischbrandlasten untersucht, um die Auswirkung einer Lagerung auf Holzpaletten auf den Abbrandfaktor zu untersuchen. Bei der Mehrzahl der hierzu durchgeführten Versuche ergab sich bei dieser Lagerung ein größerer Abbrandfaktor.

4.3 Bei der Ermittlung der Abbrandfaktoren wurde jeweils von den üblichen Lagerungsbedingungen ausgegangen. Sofern diese Materialien unter anderen als den geprüften Bedingungen gelagert werden, ist mit einem anderen Abbrandverhalten und damit mit abweichenden m-Faktoren zu rechnen.

Dies trifft insbesondere auf den Fall einer gemischten Lagerung mit verschiedenen Lagerstoffen zu. Wie die vorliegenden Ergebnisse der Versuche an Mischbrandlasten gezeigt haben, führt eine rechnerische Abschätzung auf der Grundlage von m-Faktoren, die im Verhältnis der anteiligen Massen gewichtet werden, zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis.

Hierdurch wird deutlich, daß neben einer weiteren Vervollständigung des Katalogs von Abbrandfaktoren die Ermittlung von m-Faktoren von Mischbrandlasten einen zukünftigen Untersuchungsschwerpunkt bilden sollte.

4.4 Wie die Versuche an brennbaren Flüssigkeiten mit einem relativ hohem stöchiometrischen Luftbedarf gezeigt haben, war der m-Faktor ventilations- bzw. brandlastabhängig. Bei gleichen Brandmengen führten höhere Zuluftraten zu einer besseren Verbrennung und damit zu höheren Abbrandfaktoren.

Werden andererseits bei konstanter Zuluftrate kleinere Brandlasten untersucht, so führt dies ebenfalls zu höheren Abbrandfaktoren

Diese Erfahrungen führten zu der für die Prüfpraxis wichtigen Erkenntnis, daß bei brennbaren Flüssigkeiten oder festen Stoffen die Versuchsbrandmenge so zu bemessen ist, daß die während des Versuchs eingesetzte Zuluftrate eine gute Verbrennung ermöglicht und die äquivalente Branddauer von mindestens 20 Minuten erreicht wird.

- 4.5 Durch die im Rahmen dieses Untersuchungsprogrammes ermittelten m-Faktoren wurde der Katalog der Abbrandfaktoren um eine Reihe wichtiger und häufig eingesetzter Lagerstoffe erweitert.

Damit sind wichtige Beurteilungsgrundlagen für den Katastrophenschutz sowie Brandschutzdienststellen und Baugenehmigungsbehörden geschaffen.

*Neuwall*

Dortmund, den 12.04.1989

## L i t e r a t u r h i n w e i s e :

/1/ Forschungsvorhaben

**"Untersuchungen über das Abbrandverhalten von Lagergütern"**, 1983,

Bearbeitungsnummer: 23 - 5.2 - 238

Forschungsauftrag des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen  
und Städtebau vom 5.10.1978 - BI7 - 810705,

Dipl.-Phys. T. Ueberall : Abschlußbericht Teil I und II

Dipl.-Ing. H.G. Klingelhöfer: Abschlußbericht Teil III

/2/ Dr. Ing. Hans Seiler: **Baulicher Brandschutz mit Beton (7. Teil)**

Brandschutz im Industriebau,

Heft 11/1983, S. 728-734

/3/ Dipl.-Ing. Domeske:

**Brandschutzregeln für den Industriebau,**

Beratende Ingenieure 9-85, S.24-28

/4/ Dr. Ing. Marita Kersken-Bradley:

**Auswertung von m-Faktoren mit großem Variations-**  
**koeffizienten, NABau XII 4/2 Nr. 1-83**

/5/ Forschungsvorhaben

**"Abbrandfaktoren von Lagerstoffen Teil IV"**, 1988,

Bearbeitungsnummer: 23 - 80.01 - 304

Forschungsauftrag des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen  
und Städtebau vom 12.12.1985 - BI7 - 810784-7

Dipl.-Phys. T. Ueberall : Abschlußbericht Teil IV und IV.I

/6/ Forschungsvorhaben

**"Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bewertung der**  
**Brandlasten in Industriebauten"**

- **Bewertungsfaktor m - DIN 18 230 - 1977,**

Bearbeitungsnummer: 23 - 80.01 - 304

Forschungsauftrag des Innenministers des  
Landes Nordrhein-Westfalen vom 7.6.1978

Az. V B 1 - Nr. 5 (For)

Dipl.-Ing. H.G. Klingelhöfer

Exposée courte sur "Les facteurs de combustion des matériaux en magasin part V"

Dans la mesure de cette recherche on avait soumis 153 d'expériences d'incendie réel avec les matériaux en magasin différentes. Les résultats sont assemblés dans les reports final V.I et V.II.

Les facteurs de combustion présentés ci-dessous étaient discutés dans le groupe travail "m-Faktor DIN 18 230, NABau XII 4/2 " et proposé pour insérer à supplément "1" de DIN 18 230, part 1.

En plus des facteurs "m" la densité magasinage et le pouvoir calorifique inférieur  $H_{u,i}$  ou à l'occasion la valeur calculée du pouvoir calorifique inférieur  $\bar{H}_{u,i}$  des matériaux mélangés en magasin.

Matériau en magasin	Facteur "m"	Densité magasinage (%)	Hui (kWh/kg)	- Hui
Liquides combustibles dans un bassin de fer ouverte sous la température d'ébullition à l'amenée d'air limitée				
Cyclohexane	0,6	100	8,9	-
Alcool isopropylique	1,1	100	7,5	-
Benzine de nettoyage	0,7	100	11,9	-
Benzine exempt de plomb	0,7	100	11,9	-
Diluant pour émaux cellulosiques	1,0	100	7,5	-
Fuel EL	0,8	100	11,7	-
Pneu de caoutchouc sans emballage	0,4	10	12,2	-
Pneus de caoutchouc sans emballage installés par palettes du bois	0,6	10		8,7
Coke concassé	0,2	60	8,1	-
Coke concassé branlant répandré (éléments de construction du bois 30 %)	0,2	60	-	6,9
Film mince de polyéthylène à rouleau	1,1	30	12,2	-
Film mince de polyamide à rouleau	1,4	30	8,1	-

Matériel en magasin	Facteur "m"	Densité magasinage	Hui	- Hui
		(%)	(kWh/kg)	
graisse alimentaire avec un teneur en au de 15 %	0,2	90	9,0	
graisse alimentaire avec un teneur en au de 15 %, installé par palettes du bois	2,0	90	-	8,2
Plastique verre-résine avec/sans un ca- lifugeage de mousse souple de polyuré- thane	1,1	5-10	5,3	-
Fuel El avec pneus de caoutchouc dans un bassin de fer ouverte	1,1	-	-	12,0
Réservoir de polyéthylène (avec un con- tenu noncombustible) ou objet moulé (empilé ou répandré)	0,8	10-90	12,2	-
Câbles multiplés sous un isolation du chlorure de polyvinyle	0,5	30-90	5,0	-
Laine de brebis comprimée en balle	0,2	-	5,8	-
Laine de brebis sans emballage	0,8	10	5,8	-
Matière de gomme	0,8	20	5,8	-
Tube de polypropylène (DIN 4102-B2)	0,8	10	12,2	-
Mémoires à bandes magnétiques pour le son et l'information, sans spécification et sans emballage en cassette	1,6	80	6,0	-
Mémoires à bandes magnétiques pour le son et l'information, sans emballage en cassette de polycarbonate et une bande de polyester	0,6	80	6,0	-
Mémoires à bandes magnétiques pour le son et l'information, en cassette de polycarbonate et une bande de polyester dans l'emballage	0,2	100	6,0	-
L'emballage, volant, empilé horizontal	0,4	20	4,2	
Réservoir de carton, vidé, empilé	1,7	6	4,2	
Farine de seigle en sac en papier, compact empilé	1,0	-	4,6	
Sucre en sac en papier, empilé compact	0,2	-	4,6	
Nitrate de calcium ammonium, empilé compact	0,2	-	0,6	
Articles de maroquinerie	1,2	10 - 15	5,3	
Rembourrés de mousse souple de polyuré- thane (DIN 4102-B3) avec des constructions du bois	1,4	50		5,3

Une série des matériaux en magasin étaient investigé en charge calorifique mélangées, pour étudier l'effet de magasinage sur le facteur de combustion en raison d'emmagasinage sur les palettes du bois. A la plus grande partie des expériences d'incendie exécutée à cela, on peut constaté, que le facteur de combustion était plus grand que l'un des matériaux magasinage nonmélangée.

A cette recherche des facteurs de combustion on commence par des conditions de magasinage normal. En cas que ces ces matériaux sont emmagasinées sous l'autres conditions que les conditions testées, on a compter sur une autre comportement au feu et par cela avec les facteurs de combustion différentes.

Ceci s'applique particulièrement au cas d'emmagasinage mélangée des matériaux magasinage différente. Comme les résultats des expériences d'incendie avec les matériaux en magasin mélangées avaient présenté, qu'une évaluation arithmétique sur la base des facteurs de combustion, qu'ils sont calculé en valeur moyenne dépendant des masse individuel ne présentaient pas une résultat satisfaisant. Comme cela, il sera clair, qu'en plus de compléter de catalogue des facteurs de combustion, la recherche des facteurs de combustion des matériaux en magasin mélangées serait formée un futur développement essentiel.

Comme les résultats d'expériences d'incendie réel des liquides combustibles, qui montrent un consommation d'air élevé relatif, avaient présenté, que le facteur de combustion était dépendré de la ventilation et la charge calorifique.

On considération la même charge calorifique, une grande ventilation menait à une meilleur combustion et avec cela menait à plus grand facteurs de combustion. Si on recherche par contre des charges calorifiques peu élevées à une constant ventilation, on évaluerait ausssi des plus grand facteurs des combustion.

Ces expériences menaient à la connaissance importante à pratique de tester, qu'on a dimensionner la charge calorifique des matériaux combustibles solide ou liquide, que la ventilation en action rend possible un bon combustion et qu'on arrive à une durée équivalente d'incendie au moins de 20 minutes.

En raison de cette recherche le catalogue des facteurs de combustion était enrichi par les matériaux importante et installé souvent.

Par cela on a crée une base importante de jugement pour les administrations responsable de contrôler des catastrophes, de protection contre les incendies et administrations pour l'autorisation de bâtir.

## Short Report On "Burning Factors Of Stored Goods Part V"

Within the scope of this investigation 153 fire-tests were performed on stored goods of different kinds. The particular results are put together in the final reports V.I and V.II.

The burning factors listed hereafter were discussed in the working group "m-Faktor DIN 18 230, NABau XII 4/2" and proposed for introduction in supplement "Beiblatt 1 zur DIN 18 230, Teil 1". In addition to the burning factors "m" the storing density, the lower calorific value  $H_{u1}$  or the lower calorific value  $H_{u1}$  of mixed goods are given.

S t o r e d G o o d s	"m"- factor	storing- density	H <sub>u1</sub>	- H <sub>u1</sub>
		(%)	(kWh/kg)	
combustible liquids in an open steel tub below boiling temperature at reduced supply of fresh air				
Cyclohexane	0,6	100	8,9	-
Isopropyl alcohol	1,1	100	7,5	-
Cleaning benzine	0,7	100	11,9	-
unleaded benzine	0,7	100	11,9	-
Diluent for cellulose lacquers	1,0	100	7,5	-
Diesel oil EL	0,8	100	11,7	-
Tires of caoutchouc, loose industrial storage	0,4	10	12,2	-
Tires of caoutchouc, loose industrial storage on wooden paletts	0,6	10		8,7
Broken coke, loosely thrown	0,2	60	8,1	-
Broken coke, loosely thrown, mixed stora- ge and wooden constructions (30 %)	0,2	60	-	6,9
Polyethylene-foils on coils	1,1	30	12,2	-
Polyamide-foils on coils	1,4	30	8,1	-

Stored Goods	"m"-factor	storing-density	Hui	- Hui
		(%)	(kWh/kg)	
Cooking fat with a minimum water content of 15 %	0,2	90	9,0	
Cooking fat with a minimum water content of 15 %, stored on wooden paletts	2,0	90	-	8,2
GRP shaped parts with/without thermal insolation of polyurethane foam, lose	1,1	5-10	5,3	-
Diesel oil with tires in an open steel tub	1,1	-	-	12,0
Polyethylene container (also with non-combustible contents) or shaped parts (piled or thrown)	0,8	10-90	12,2	-
cables with a PVC-insolation in bundles on a framework	0,5	30-90	5,0	-
Sheep's wool in pressed bales	0,2	-	5,8	-
Sheep's wool in loose storage	0,8	10	5,8	-
Dichtungsbänder aus Gummi	0,8	20	5,8	-
Polypropylene-tubes(DIN 4102-B2)	0,8	10	12,2	-
Audio tapes in plastic cases, not specified, loosely stored	1,6	80	6,0	-
Audio tapes in cases of polycarbonate and tapes of polyester, loosely stored	0,6	80	6,0	-
Audio tapes in cases of polycarbonate and tapes of polyester, in cardboard box	0,2	100	6,0	-
Cardboard box, in loose horizontal storage	0,4	20	4,2	
Cardboard box, empty, piled storage	1,7	6	4,2	
Rye meal in paper bags, dense storage	1,0	-	4,6	
Sugar in paper bags, dense storage	0,2	-	4,6	
Calcium ammonium nitrate in bags of polyethylene, dense storage	0,2	-	0,6	
Leather goods	1,2	10 - 15	5,3	
Upholstered furniture (Polyurethane foam DIN 4102-B3) on wooden constructions	1,4	50		5,3

A variety of stored goods were investigated under mixed storage conditions in order to get information about the effect on the burning factor "m" due to the storage on wooden paletts.

In the majority of tests within this scope larger burning factors "m" resulted than in the nonmixed storage.

The burning factors were evaluated on the basis of common storage conditions. In case of other storing conditions then the one's during the tests one has to expect a different burning behaviour and therefore different burning factors.

This applies especially to mixed storage conditions with different kind of goods. As the results at hand have shown, a computed estimation on the basis of burning factors which had been calculated by a weighted average proportional to the ratio of masses yielded no satisfying results. By this it became obvious that besides a further completion of the catalogue of burning factors the evaluation of burning factors of mixed goods should become a future central point of research interest.

The tests on combustible liquids requiring a relative large amount of air for combustion have shown, that the burning factor depended on the ventilation rate and respectively on the fire load. Keeping the fire load constant, a larger ventilation rate led to a better combustion and therefore to a an increase of burning factors. On the other hand the combustion of smaller fire loads with constant ventilation rates will also lead to an increase of burning factors.

These experiences led to the knowledge which is important to the testing technique. In testing combustible liquids or materials the fire load has to be taken in a way which results in a good combustion for a chosen ventilation rate and should allow to reach an equivalent fire duration of at least 20 minutes.

By the burning factors which had been evaluated within the scope of this work, the catalogue of burning factors had been extended by a variety of important and often used burning factors.

Therefore an important basis of judgement has been established for authorities involved in controlling desasters and fire fighting as well as giving building licenses.