

## **Chemische Grundlagen für die Wirkungsweise von Feuerschutzmitteln<sup>1)</sup>**

Von **Richard Lepsius**

Mit 3 Figuren

(Eingegangen am 25. August 1936)

Fast die Hälfte des in der deutschen Forstwirtschaft anfallenden Holzes findet als Baustoff Verwendung. Ein erheblicher Teil davon geht jedes Jahr durch Brandschäden dem deutschen Volksvermögen verloren.

Das Holz unbrennbar machen zu wollen, wie es von manchen reklametüchtigen Unternehmern behauptet wird, ist eine Utopie; wohl aber kann man den Zeitpunkt seines Anbrennens sehr weit hinausschieben und speziell das Weiterbrennen verhindern, so daß es demnach heute möglich ist, eine Brandursache auf ihren lokalen Herd zu beschränken und eine Brandkatastrophe zu verhüten.

Der Brennvorgang des Holzes steht im engsten Zusammenhang mit der Zersetzung der Holzes bei Temperaturerhöhung (Meilerprozeß und Holzverkohlung). Jeder Holzart kommt ein bestimmter Flammpunkt, ein bestimmter Brennpunkt und ein bestimmter Zündpunkt zu. Die Verbrennungsgeschwindigkeit des Holzes hängt wiederum ab von seiner Wärmeleitfähigkeit, von seiner spezifischen Wärme und seiner Struktur, auch von seinem Gehalt an Feuchtigkeit, an brennbaren Harzen, Ölen und dergleichen.

Durch Beeinflussung der Wärmeleitfähigkeit, der spezifischen Wärme und Wärmekapazität widersteht das mit Feuerschutzmitteln behandelte Holz außerordentlich lange der Vernichtung durch Feuer. Die chemischen Ursachen beruhen auf der Bildung

---

<sup>1)</sup> Den Kollegen Dr. phil. Kroll und Dr.-Ing. Weberbauer sage ich aufrichtigen Dank für ihre Mitarbeit.

von Schutzgasen, von festen Schutzschichten oder schützenden Schaumschichten.

Es sei hier auf eine grundlegende Arbeit hingewiesen von L. Metz in den „Mitteilungen des Fachausschusses für Holzfragen beim Verein deutscher Ingenieure“, Nr. 13, 1936: „Herabsetzung der Brennbarkeit des Holzes“, in der nicht die chemischen Grundstoffe von Feuerschutzmitteln, sondern die heute bekannten Feuerschutzmittel als solche (also Mischungen von verschiedenen Grundstoffen) in vorbildlicher Weise auf ihre Wirksamkeit untersucht werden.

Die Wirksamkeit chemischer Feuerschutzmittel beruht sowohl auf physikalischen wie auf chemischen Ursachen. Die Wärmeleitfähigkeit des zu schützenden Holzes wird durch Einlagerung von Schutzsalzen erhöht, da die Luft mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,00006 durch Salze mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,0012 ersetzt wird. Die Wärmeleitfähigkeit des Porenvolumens verzwanzigfacht sich also. Damit wird eine lokale Überhitzung des Holzes vermieden, und die Entflammbarkeit und Umsetzungsgeschwindigkeit herabgesetzt. Für die Wärmeleitfähigkeit der Schutzstoffe ist außerdem ihre mehr oder weniger ausgeprägte Kristallstruktur maßgebend, da die Übergangswiderstände von Partikel zu Partikel von Bedeutung sind.

Auf gleiche Volumina bezogen ist die spezifische Wärme der Schutzsalze etwa 1500-mal so groß wie die der in den Holzporen enthaltenen Luft. Dadurch ergibt sich eine beträchtliche Erhöhung der gesamten spezifischen Wärme des zu schützenden Holzes, also eine Verzögerung der Entflammung.

Die chemischen Ursachen beruhen auf der Bildung von Schutzgasen, die es verhindern, daß die brennbaren Destillationsgase mit dem Luftsauerstoff entflammen, denn bei der Erhitzung mit Feuerschutzmitteln behandelten Holzes wird nicht nur dieses, sondern auch jene thermisch zersetzt, und es bilden sich Schutzgase wie Wasser, Kohlendioxyd, Ammoniak, Salzsäure, Schwefeldioxyd, Stickstoff, Siliciumfluorid, Bromwasserstoff und andere, je nachdem, welche Feuerschutzmittel angewendet werden.

Durch das Entweichen dieser inerten Gase werden die brennbaren gasförmigen Zersetzungsprodukte verdünnt und dadurch ihr Flamm-, Brenn- und Zündpunkt wesentlich herabgesetzt. Außerdem wird die Umsetzungsgeschwindigkeit dadurch

Tabelle  
Chemische Daten für die Wirkungsweise

| Substanz                                                                             | Mol.-Gew. | Spez. Gew. | Mol.-Vol. | Mol in 1 kg | Mol in 1 L | Fester Rückstand                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|-------------|------------|------------------------------------------------------------|
| $[\text{B}(\text{OH})_3]_{16}$ . . . . .                                             | 989,44    | 1,46       | 677,7     | 1,01        | 1,48       | $8\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$           |
| $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . . . . .               | 381,43    | 1,72       | 221,76    | 2,62        | 4,51       | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$                          |
| $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . . . . .            | 263,42    | —          | —         | 3,80        | —          | $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$                           |
| $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . . . . .                        | 286,16    | 1,5        | 190,77    | 3,49        | 5,24       | $\text{Na}_2\text{CO}_3$                                   |
| $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ | 286,16    | 1,5        | 190,77    | 2,26        | 3,35       | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
|                                                                                      | 157,30    | 1,46       | 107,74    |             |            |                                                            |
| $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                    | 174,23    | 2,29       | 76,08     |             | —          | $\text{K}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ |
| + $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                    | 263,42    |            |           | 2,28        |            |                                                            |
| $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . . . . .                          | 174,23    | 2,29       | 76,08     | 5,74        | 13,14      | $\text{K}_2\text{CO}_3$ . . . . .                          |
| $(\text{KHCO}_3)_2$ . . . . .                                                        | 200,22    | 2,17       | 92,27     | 4,99        | 10,84      | $\text{K}_2\text{CO}_3$ . . . . .                          |
| $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \cdot \text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2$                    | 157,11    | 1,6        | 98,20     | 6,36        | 10,42      | —                                                          |
| $\text{MgCO}_3$ . . . . .                                                            | 84,32     | 2,98       | 28,30     | 11,86       | 35,34      | $\text{MgO}$ . . . . .                                     |
| $\text{CaCO}_3$ . . . . .                                                            | 100,07    | 2,71       | 36,93     | 9,99        | 27,08      | $\text{CaO}$ . . . . .                                     |
| $\text{BaCO}_3$ . . . . .                                                            | 197,4     | 4,3        | 45,91     | 5,07        | 21,78      | $\text{BaO}$ . . . . .                                     |
| $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ . . . . .                           | 775,6     | 6,9        | 112,4     | 1,29        | 8,90       | $3\text{PbO}$ . . . . .                                    |
| $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . . . . .                        | 380,23    | 1,63       | 233,27    | 2,63        | 4,29       | $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . . . . .                         |
| $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . . . . .                      | 209,15    | 1,55       | 134,94    | 4,78        | 7,41       | $\text{NaPO}_3$ . . . . .                                  |
| $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ . . . . .                                               | 149,17    | 1,45       | 102,87    | 6,70        | 9,72       | $\text{H}_3\text{PO}_4$ . . . . .                          |
| $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6 + \text{O}$ . . . . .                 | 196,13    | —          | —         | 5,09        | —          | $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . . . . .                 |
| $(\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O})_2$ . . . . .                   | 491,0     | 1,7        | 288,82    | 2,04        | 3,46       | $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . . . . .                |
| $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . . . . .                                  | 134,15    | —          | —         | 7,45        | —          | $\text{CaSiO}_3$ . . . . .                                 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . . . . .      | 258,09    | —          | —         | 3,87        | —          | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ . . . . .      |
| $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . . . . .                                                   | 74,09     | 2,08       | 35,62     | 13,50       | 28,07      | $\text{CaO}$ . . . . .                                     |
| $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . . . . .                          | 155,99    | 2,9        | 53,79     | 6,41        | 18,59      | $\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .                          |
| $\text{TiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . . . . .                                   | 115,93    | —          | —         | 8,63        | —          | $\text{TiO}_2$ . . . . .                                   |
| $(\text{CaF}_2)_2 + \text{SiO}_2$ . . . . .                                          | 156,14    | 3,16       | 49,41     | 4,62        | 13,03      | $2\text{CaO}$ . . . . .                                    |
|                                                                                      | 60,06     | 2,20       | 27,30     |             |            |                                                            |
| $\text{NH}_4\text{Br}$ . . . . .                                                     | 97,96     | 2,39       | 40,99     | 10,21       | 24,40      | —                                                          |
| $\text{NH}_4\text{Cl}$ . . . . .                                                     | 53,50     | 1,53       | 34,97     | 18,69       | 28,60      | —                                                          |

## I

## feuerschützender chemischer Substanzen

| Mol.-Gew. | Spez. Gew. | Mol.-Vol. | g aus 1 kg Subst. | cem aus 1 L Subst. | Flüchtige Gase                                             | Mol.-Gew.            | Mol.-Vol.            | g aus 1 kg Subst. | L aus 1 L Subst.  |
|-----------|------------|-----------|-------------------|--------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 701,25    | 1,84       | 381,1     | 709               | 562                | 16 H <sub>2</sub> O                                        | 288,26               | 358,4                | 291               | 529               |
| 201,27    | 2,4        | 83,9      | 528               | 378                | 10 H <sub>2</sub> O                                        | 180,16               | 224                  | 472               | 1010              |
| 157,30    | —          | —         | 597               | —                  | 2 NH <sub>3</sub><br>4 H <sub>2</sub> O                    | 34,06<br>72,06       | 44,8<br>89,6         | 129<br>273        | —                 |
| 106,0     | 2,5        | 42,4      | 370               | 222                | 10 H <sub>2</sub> O                                        | 180,16               | 224                  | 630               | 1174              |
| 219,29    | 2,3        | 95,3      | 494               | 319                | 10 H <sub>2</sub> O<br>CO <sub>2</sub>                     | 180,16<br>44         | 224<br>22,4          | 406<br>99         | 750<br>75         |
| 323,56    | 1,7        | 190,3     | 739               | —                  | 2 NH <sub>3</sub><br>CO <sub>2</sub><br>2 H <sub>2</sub> O | 34,06<br>44<br>36,03 | 44,8<br>22,4<br>44,8 | 78<br>101<br>82   | —                 |
| 138,2     | 2,43       | 56,9      | 793               | 747                | 2 H <sub>2</sub> O                                         | 36,03                | 44,8                 | 207               | 589               |
| 138,2     | 2,43       | 56,9      | 690               | 616                | H <sub>2</sub> O<br>CO <sub>2</sub>                        | 18,02<br>44          | 22,4<br>22,4         | 90<br>220         | 243<br>243        |
| —         | —          | —         | —                 | —                  | 3 NH <sub>3</sub><br>2 CO <sub>2</sub><br>H <sub>2</sub> O | 51,1<br>88<br>18,02  | 67,2<br>44,8<br>22,4 | 325<br>560<br>115 | 684<br>456<br>228 |
| 40,32     | 3,6        | 11,2      | 478               | 396                | CO <sub>2</sub>                                            | 44                   | 22,4                 | 522               | 792               |
| 56,07     | 3,3        | 17        | 560               | 460                | CO <sub>2</sub>                                            | 44                   | 22,4                 | 440               | 607               |
| 153,4     | 5,72       | 26,8      | 777               | 584                | CO <sub>2</sub>                                            | 44                   | 22,4                 | 223               | 488               |
| 669,6     | 9,4        | 71,2      | 863               | 634                | 2 CO <sub>2</sub><br>H <sub>2</sub> O                      | 88<br>18,02          | 44,8<br>22,4         | 113<br>23         | 399<br>199        |
| 164,0     | 2,5        | 65,6      | 431               | 281                | 12 H <sub>2</sub> O                                        | 216,20               | 268,8                | 568               | 1152              |
| 102,04    | 2,48       | 41,2      | 488               | 305                | NH <sub>3</sub><br>5 H <sub>2</sub> O                      | 17,03<br>90,08       | 22,4<br>112          | 81<br>430         | 166<br>830        |
| 98,06     | 1,88       | 52,2      | 657               | 507                | 3 NH <sub>3</sub>                                          | 51,10                | 67,2                 | 343               | 653               |
| 178,11    | 2,0        | 89,1      | 908               | —                  | 2 NH <sub>3</sub>                                          | 34,06                | 44,8                 | 174               | —                 |
| 222,72    | 3,06       | 72,8      | 453               | 252                | 2 NH <sub>3</sub><br>13 H <sub>2</sub> O                   | 34,06<br>234,21      | 44,8<br>291,2        | 69<br>477         | 155<br>1008       |
| 116,13    | —          | —         | 866               | —                  | H <sub>2</sub> O                                           | 18,02                | 22,4                 | 134               | —                 |
| 222,06    | —          | —         | 860               | —                  | 2 H <sub>2</sub> O                                         | 36,04                | 44,8                 | 140               | —                 |
| 56,07     | 3,3        | 17        | 757               | 474                | H <sub>2</sub> O                                           | 18,02                | 22,4                 | 243               | 629               |
| 101,94    | 3,96       | 25,7      | 654               | 473                | 3 H <sub>2</sub> O                                         | 54,05                | 67,2                 | 346               | 1249              |
| 79,9      | 4,26       | 18,8      | 689               | —                  | 2 H <sub>2</sub> O                                         | 36,03                | 44,8                 | 311               | —                 |
| 112,14    | 3,3        | 34        | 519               | 443                | SiF <sub>4</sub>                                           | 104,06               | 22,4                 | 481               | 292               |
| —         | —          | —         | —                 | —                  | NH <sub>3</sub>                                            | 17,03                | 22,4                 | 174               | 547               |
| —         | —          | —         | —                 | —                  | HBr                                                        | 80,93                | 22,4                 | 826               | 547               |
| —         | —          | —         | —                 | —                  | NH <sub>3</sub><br>HCl                                     | 17,03<br>36,47       | 22,4<br>22,4         | 318<br>682        | 641<br>641        |

Tabelle I  
Chemische Daten für die Wirkungsweise

| Substanz                                                                | Mol.-Gew.       | Spez. Gew. | Mol.-Vol.       | Mol in 1 kg | Mol in 1 L | Fester Rückstand                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|-----------------|-------------|------------|------------------------------------------------------|
| $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                      | 203,34          | 1,56       | 130,35          | 4,92        | 7,67       | $\text{MgO}$ . . . .                                 |
| $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                      | 219,05          | 1,65       | 132,76          | 4,57        | 7,53       | $\text{CaCl}_2$ . . . .                              |
| $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                      | 244,4           | 3,10       | 78,84           | 4,09        | 12,68      | $\text{BaCl}_2$ . . . .                              |
| $\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . . . .                            | 136,29<br>18,02 | 2,92       | 46,68<br>18,02  | 6,48        | 15,46      | $\text{ZnO}$ . . . .                                 |
| $\text{SnCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                          | 225,64          | 2,70       | 83,56           | 4,43        | 11,97      | $\text{SnO}$ . . . .                                 |
| $\text{SnCl}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                          | 260,54<br>36,03 | 2,28       | 114,26<br>36,03 | 3,37        | 6,65       | $\text{SnO}_2$ . . . .                               |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 (+ 2 \text{O})$ . . .                       | 132,15          | 1,77       | 74,66           | 7,57        | 13,39      | —                                                    |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} (+ \text{C})$ . . .           | 249,72          | 2,29       | 109,04          | 4,0         | 9,17       | $\text{Cu}$ . . . .                                  |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} (+ \text{C} + \text{O})$      | 246,50          | 1,68       | 146,73          | 4,06        | 6,81       | $\text{MgO}$ . . . .                                 |
| $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} (+ 2 \text{C})$               | 172,16          | 2,32       | 74,21           | 5,81        | 13,48      | $\text{CaS}$ . . . .                                 |
| $\text{BaSO}_4 (+ 2 \text{C})$ . . . .                                  | 233,5           | 4,5        | 51,90           | 4,28        | 19,27      | $\text{BaS}$ . . . .                                 |
| $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} (+ 2 \text{C} + 3 \text{O})$  | 287,55          | 1,96       | 146,71          | 3,48        | 6,81       | $\text{ZnO}$ . . . .                                 |
| $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ . . .          | 666,42          | 1,62       | 411,36          | 1,50        | 2,43       | $\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . .                      |
| $[\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}]_2$ .          | 916,70          | 1,68       | 547,29          | 1,09        | 1,83       | $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ .  |
| $[\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}]_2$ . | 906,80          | 1,64       | 552,93          | 1,10        | 1,81       | $\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . .                      |
| $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ . . .           | 499,4           | 1,84       | 271,41          | 2,0         | 3,68       | $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
| $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                      | 278,02          | 1,89       | 147,15          | 3,60        | 6,80       | $\text{FeO}$ . . . .                                 |
| $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                      | 280,86          | 1,98       | 141,85          | 3,56        | 7,05       | $\text{NiO}$ . . . .                                 |
| $\text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ . . . .                      | 281,15          | 1,93       | 145,67          | 3,56        | 6,86       | $\text{CoO}$ . . . .                                 |

(Fortsetzung)

feuerschützender chemischer Substanzen

| Mol.-Gew. | Spez. Gew. | Mol.-Vol. | g aus 1 kg Subst. | ccm aus 1 L Subst. | Flüchtige Gase      | Mol.-Gew. | Mol.-Vol. | g aus 1 kg Subst. | L aus 1 L Subst. |
|-----------|------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------|-----------|-------------------|------------------|
| 40,32     | 3,6        | 11,2      | 198               | 86                 | 5 H <sub>2</sub> O  | 90,08     | 112,0     | 443               | 859              |
|           |            |           |                   |                    | 2 HCl               | 72,94     | 44,8      | 359               | 344              |
| 110,99    | 2,15       | 51,6      | 508               | 389                | 6 H <sub>2</sub> O  | 108,10    | 134,4     | 492               | 1012             |
| 208,27    | —          | —         | 852               | —                  | 2 H <sub>2</sub> O  | 36,03     | 44,8      | 147               | 568              |
| 81,37     | 5,42       | 15,0      | 527               | 232                | 2 HCl               | 72,94     | 44,8      | 473               | 692              |
| 134,7     | 6,3        | 21,4      | 597               | 256                | 2 HCl               | 72,94     | 44,8      | 323               | 536              |
|           |            |           |                   |                    | H <sub>2</sub> O    | 18,02     | 22,4      | 80                | 268              |
| 150,7     | 6,95       | 21,7      | 508               | 144                | 4 HCl               | 145,88    | 89,6      | 492               | 596              |
| —         | —          | —         | —                 | —                  | N <sub>2</sub>      | 28,02     | 44,8      | 212               | 600              |
|           |            |           |                   |                    | 4 H <sub>2</sub> O  | 72,06     | 89,6      | 545               | 1200             |
|           |            |           |                   |                    | SO <sub>2</sub>     | 64,07     | 22,4      | 485               | 300              |
| 63,57     | 8,93       | 7,1       | 254               | 65                 | SO <sub>2</sub>     | 64,07     | 22,4      | 257               | 205              |
|           |            |           |                   |                    | CO <sub>2</sub>     | 44        | 22,4      | 176               | 205              |
|           |            |           |                   |                    | 5 H <sub>2</sub> O  | 90,08     | 112       | 361               | 1027             |
| 40,32     | 3,6        | 11,2      | 163               | 76                 | SO <sub>2</sub>     | 64,07     | 22,4      | 260               | 153              |
|           |            |           |                   |                    | CO <sub>2</sub>     | 44        | 22,4      | 178               | 153              |
|           |            |           |                   |                    | 7 H <sub>2</sub> O  | 126,11    | 156,8     | 512               | 1069             |
| 72,14     | 2,8        | 25,8      | 419               | 347                | 2 CO <sub>2</sub>   | 88        | 44,8      | 511               | 604              |
|           |            |           |                   |                    | 2 H <sub>2</sub> O  | 36,03     | 44,8      | 209               | 604              |
| 169,5     | 4,25       | 39,9      | 726               | 769                | 2 CO <sub>2</sub>   | 88        | 44,8      | 377               | 863              |
| 81,37     | 5,70       | 14,3      | 283               | 97                 | 2 CO <sub>2</sub>   | 88        | 44,8      | 306               | 305              |
|           |            |           |                   |                    | SO <sub>2</sub>     | 64,07     | 22,4      | 222               | 153              |
|           |            |           |                   |                    | 7 H <sub>2</sub> O  | 126,11    | 156,8     | 439               | 1069             |
| 101,94    | 3,96       | 25,7      | 153               | 63                 | 3 SO <sub>2</sub>   | 240,21    | 67,2      | 360               | 163              |
|           |            |           |                   |                    | 18 H <sub>2</sub> O | 324,29    | 403,2     | 487               | 980              |
| 62,0      | 2,39       | 25,9      | 67                | 47                 | 4 SO <sub>2</sub>   | 320,28    | 89,6      | 349               | 164              |
| 101,94    | 3,96       | 25,7      | 111               | 47                 | 24 H <sub>2</sub> O | 432,38    | 537,6     | 472               | 984              |
| 101,94    | 3,96       | 25,74     | 112               | 47                 | 2 NH <sub>3</sub>   | 34,06     | 44,8      | 37,5              | 81               |
|           |            |           |                   |                    | 4 SO <sub>2</sub>   | 320,28    | 89,6      | 353               | 162              |
|           |            |           |                   |                    | 25 H <sub>2</sub> O | 450,4     | 560       | 497               | 1014             |
| 301,24    | —          | —         | 603               | —                  | 11 H <sub>2</sub> O | 198,18    | 246,4     | 397               | 908              |
| 71,84     | 5,7        | 12,6      | 258               | 86                 | SO <sub>2</sub>     | 80,07     | 22,4      | 288               | 152              |
|           |            |           |                   |                    | 7 H <sub>2</sub> O  | 126,11    | 156,8     | 453               | 1065             |
| 74,68     | 6,66       | 11,2      | 266               | 79                 | SO <sub>2</sub>     | 80,07     | 22,4      | 285               | 158              |
|           |            |           |                   |                    | 7 H <sub>2</sub> O  | 126,11    | 156,8     | 449               | 1105             |
| 74,97     | 6,3        | 11,9      | 267               | 82                 | SO <sub>2</sub>     | 80,07     | 22,4      | 285               | 154              |
|           |            |           |                   |                    | 7 H <sub>2</sub> O  | 126,11    | 156,8     | 448,5             | 1076             |

herabgesetzt, daß der Partialdruck des Sauerstoffs an der Oberfläche durch die Anwesenheit nichtbrennbarer Gase erniedrigt wird.

Eine weitere chemische Ursache ist die Bildung von Schutzschichten durch Verkrusten, Sintern oder Schmelzen, wodurch neben der reinen Wärmebindung eine mechanische Wirkung auf die Brennbarkeit erzielt wird. Je nach der Temperatur, bei der Verkrustung, Sinterung oder Schmelzung eintritt, kann sich die Schutzwirkung sowohl unterhalb der Verbrennungstemperatur als auch während des Brennens selbst einstellen. Solche Schutzschichten bestehen zum Teil aus Schmelzen wie Phosphorsäure oder Borsäure und ihren Salzen, Sulfaten, Carbonaten, Silikaten und Chloriden. Besonders gute Schutzschichten bilden Vanadate, Molybdate und Wolframate. Erdige Schutzschichten bestehen aus Kieselsäure, Aluminiumoxyd, Magnesiumoxyd und anderen Metalloxyden, soweit sie bei den betreffenden Temperaturen nicht schmelzen.

Neuerdings sind sehr wirksame Feuerschutzmittel ausgebildet worden, indem statt der sonst üblichen gesinterten oder geschmolzenen Schutzschichten solche Schutzschichten entstehen, die durch Beimischung bestimmter organischer Stoffe (Kunstharze und ähnliche) eine Auflockerung bzw. ein schaumartiges Aufblähen bedingen, sobald diese der Einwirkung eines Brandes ausgesetzt werden. Dadurch entsteht ein ähnlicher Schutz, wie die Natur ihn selbst durch Bildung der Holzkohle schafft, die gleichfalls die dahinter liegenden noch nicht verbrannten Teile bis zu einem gewissen Grade schützt.

Eine Systematik feuerschützender chemischer Verbindungen geben zu wollen, ist heute aus dem Grunde schwierig, weil in der Praxis sehr vielfältige Mischungen angewendet werden, die Systematik aber zunächst einmal die Wirksamkeit der einzelnen Mischbestandteile feststellen muß. Die angefügten Tabellen beschränken sich daher auf das Aufzeigen der Wirksamkeit anorganischer Feuerschutzmittel, und ich behalte mir vor, das Prinzip auf die Wirksamkeit organischer Feuerschutzmittel auszudehnen.

In Tabelle I sind die für die Wirksamkeit zur Herstellung chemischer Feuerschutzmittel in Betracht kommenden physikalisch-chemischen Konstanten aller für die Herstellung chemischer Feuerschutzmittel vorgeschlagenen chemischen Verbindungen

zusammengestellt, soweit sie sich ermitteln lassen. Für das praktische Aufbringen bzw. Einbringen würde noch die Löslich-

Aus 1kg Grundstoff für Feuerschutzmittel  
entstehen bei thermischer Zersetzung:

9 erdiger Rückstand

9 Wasserdampf

NH<sub>3</sub>, N, SO<sub>2</sub>,  
SO<sub>2</sub>, Si<sub>2</sub>

9 schmelzender \*

9 Gase: CO<sub>2</sub>, HCl, HBr

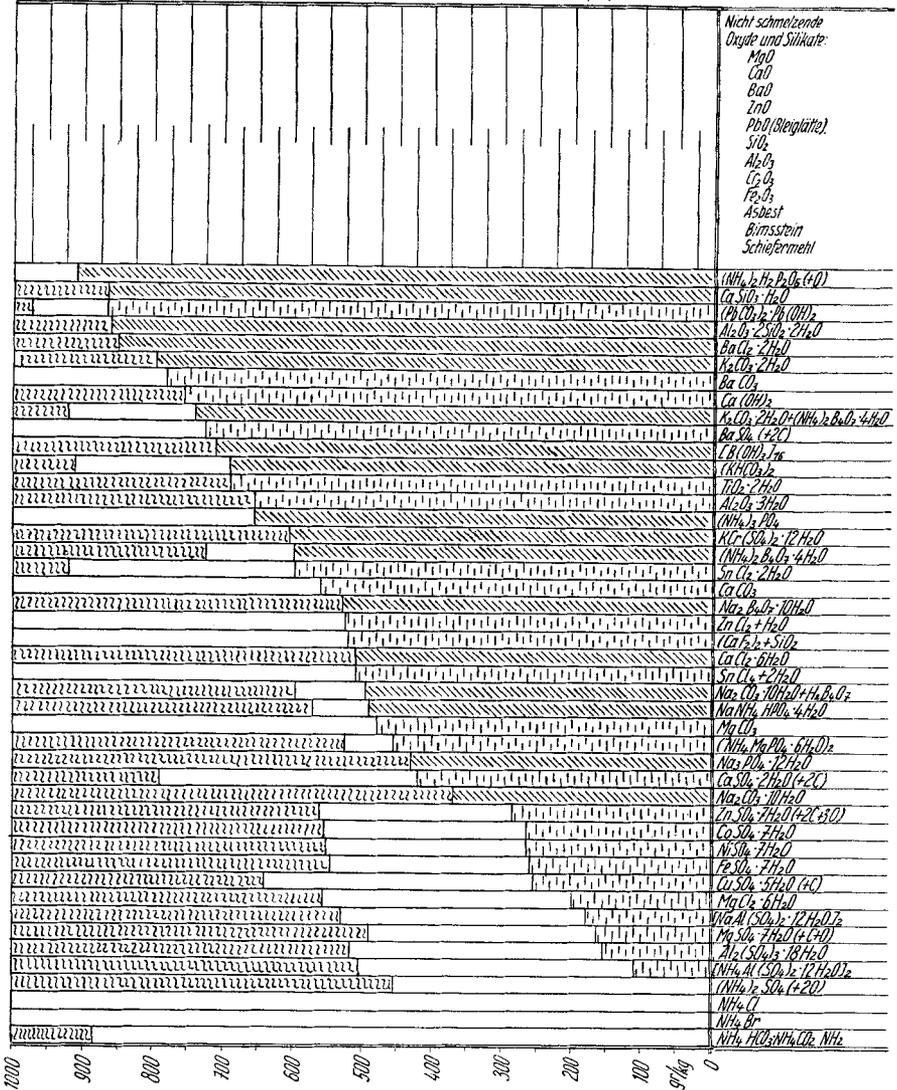


Fig. 1. Graphische Darstellung der chemischen Wirkungsweise feuerschützender chemischer Substanzen

Aus 1 Liter Grundstoff für Feuerschutzmittel  
entstehen bei thermischer Zersetzung:

 cm<sup>3</sup>erdiger Rückstand  
 • schmelzender •

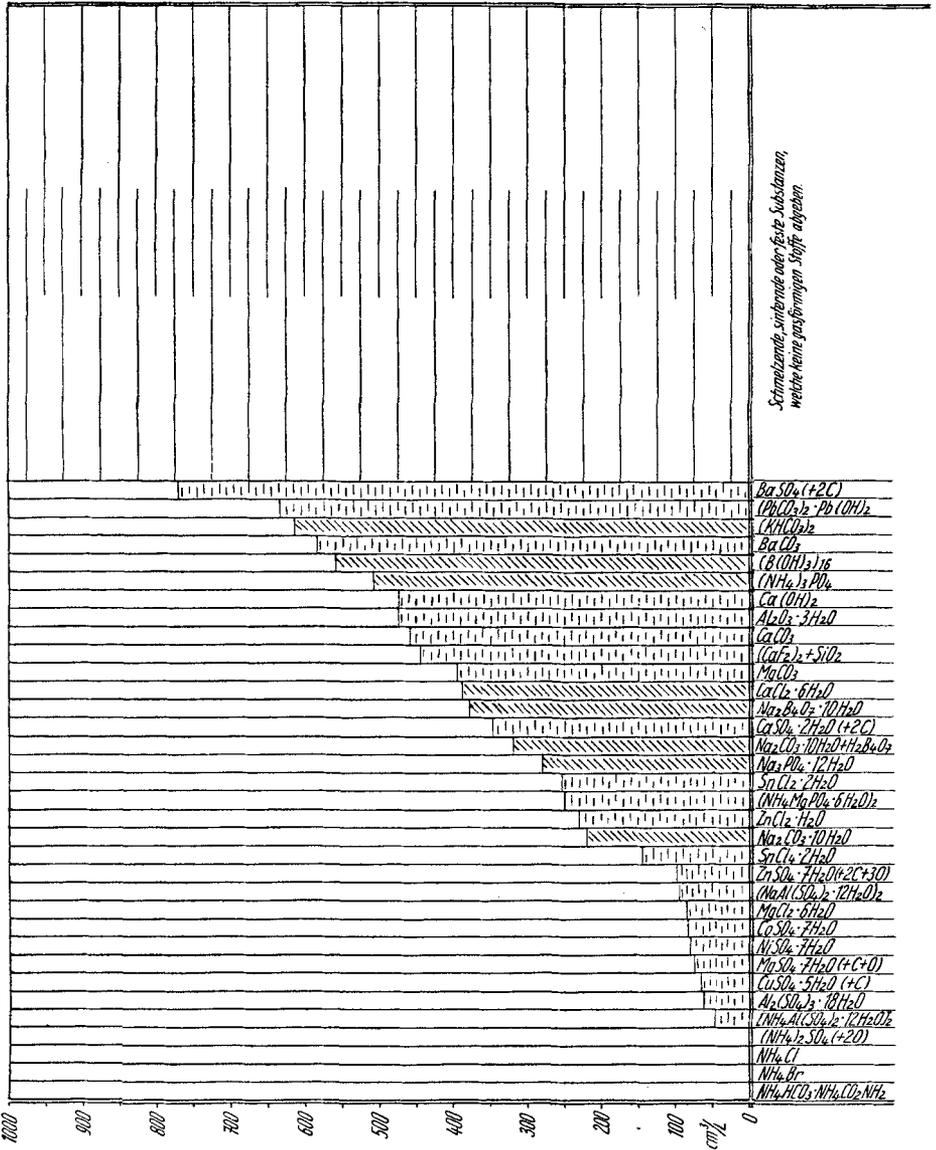


Fig. 2. Graphische Darstellung der chemischen Wirkungsweise feuerschützender chemischer Substanzen

keit der Substanzen in Wasser, gegebenenfalls in anderen Lösungsmitteln, und die Abhängigkeit dieser Löslichkeit von der Temperatur eine Rolle spielen, die im einzelnen abzuhandeln den Umfang der vorliegenden Arbeit übersteigen würde, als

Aus 1 Liter Grundstoff für feuerschutzmittel werden bei thermischer Zersetzung entwickelt:

Liter  $H_2O$    
   $NH_3$    
   $HBr$    
   $SO_2$    
   $SiF_4$   
  $CO_2$    
   $HCl$    
   $SO_2$    
   $N_2$    
  (berechnet auf  $70^\circ C$ )

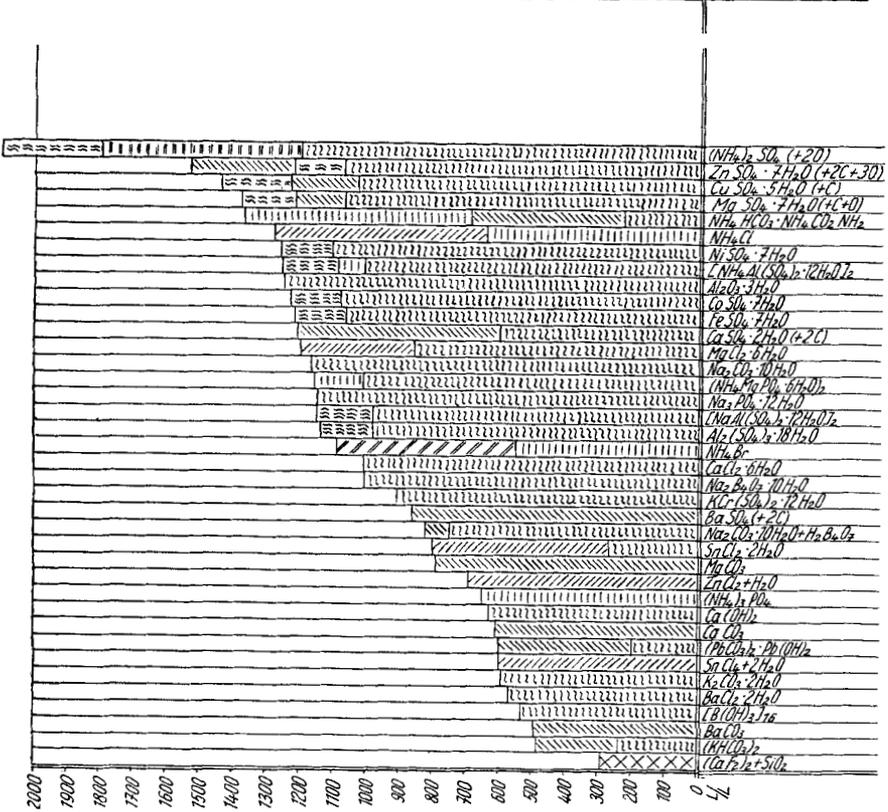


Fig. 3. Graphische Darstellung der chemischen Wirkungsweise feuerschützender chemischer Substanzen

Grundlage für die Wirksamkeit auch außer Betracht gelassen werden kann.

Fig. 1 enthält in graphischer Aufzeichnung die erdigen und die schmelzenden Rückstände, die aus 1 kg Grundstoff für Feuerschutzmittel bei thermischer Zersetzung bis  $800^\circ C$  ent-

stehen, und die entweichenden flüchtigen Zerfallsprodukte, und zwar getrennt nach Wasserdampf einerseits und Gasen andererseits ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SiF}_4$ ). Zu dieser Tabelle ist zu bemerken, daß in einigen Fällen in der Praxis eine größere Menge von Gasen aus dem Grunde entsteht, weil der Kohlenstoff des Holzes an der Reaktion teilnimmt durch Bildung von Kohlendioxyd, und zwar bei  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$ , Ferner bei  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ , bei denen außer dem Kohlenstoff des Holzes auch der Sauerstoff der Luft an der Reaktion mehr oder weniger beteiligt wird. Schließlich beteiligt sich der Sauerstoff allein an der Umsetzungsreaktion von  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  und  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$ .

In Fig. 2 ist graphisch aufgezeichnet, welche Raumteile erdigen bzw. schmelzenden Rückstandes aus 1 Liter Grundstoff bei thermischer Zersetzung bis  $800^\circ\text{C}$  entstehen.

In Fig. 3 sind die entstehenden Schutzgase im einzelnen aufgezeichnet, und zwar in Raumteilen aus 1 Liter Grundstoff entstehend bei einer Zersetzung bis  $800^\circ\text{C}$ , umgerechnet auf  $0^\circ\text{C}$ .

Wenn im Vorstehenden der Versuch gemacht wird, die chemischen Grundlagen aufzuzeigen für die Wirksamkeit chemischer Verbindungen, die zur Herstellung chemischer Feuerschutzmittel Anwendung finden, so hoffe ich damit einen Beitrag zu leisten zu der immer wichtiger werdenden Frage des Schutzes unseres Nationalvermögens gegen Verluste durch Brandschäden.

Berlin-Charlottenburg.