

INHALTVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| INHALTVERZEICHNIS | I |
| SYMBOL- UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS | IV |
| 1 EINLEITUNG | 1 |
| 1.1 Problemstellung | 1 |
| 1.2 Ziel der Arbeit | 2 |
| 2 STAND DER TECHNIK, THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND VORGEHENSWEISE | 4 |
| 2.1 Stand der Technik | 4 |
| 2.1.1 Äquivalente Branddauer | 4 |
| 2.1.2 Überblick über vereinfachte Nachweisverfahren zur Bauteilauslegung | 7 |
| 2.2 Theorie der Verbrennung | 11 |
| 2.2.1 Allgemein | 11 |
| 2.2.2 Entstehung von Brandgasen | 13 |
| 2.2.3 Die Entstehung von Brandprodukten – insbesondere Wärme | 15 |
| 2.2.4 Zusammenfassung der theoretischen Betrachtungen und daraus ableitbare Folgerungen | 18 |
| 2.3 Vorgehensweise zur Entwicklung des vereinfachten Nachweisverfahrens | 19 |
| 3 RECHNERISCH ERMITTELTE BRANDWIRKUNGEN | 21 |
| 3.1 Eingangsdaten für Brandsimulationsberechnungen | 21 |
| 3.1.1 Allgemein | 21 |
| 3.1.2 Analyse von gemessenen Energiefreisetzungsraten | 21 |
| 3.1.3 Quadratischer Ansatz für die Energiefreisetzungsraten | 24 |
| 3.2 Bereitstellung von Abbrandmodellen | 27 |
| 3.2.1 Energiefreisetzungs- und Abbrandrate | 27 |
| 3.2.2 Abbrandverhalten von Kabeln | 29 |
| 3.2.3 Abbrandverhalten von Öl | 33 |
| 3.3 Berechnung von Temperaturen im Brandnahbereich | 33 |
| 3.3.1 Allgemein | 33 |
| 3.3.2 Empirischer Ansatz | 34 |
| 3.3.3 Vergleich mit Messwerten | 37 |
| 3.3.4 Reduktion von Temperaturmessungen bei Raumbrandversuchen | 40 |
| 3.4 Berechnungsgrundlagen und Randbedingungen für das vereinfachte Nachweisverfahren | 41 |
| 3.4.1 Einführung | 41 |
| 3.4.2 Konvektiver Wärmeübergang | 42 |
| 3.4.3 Radiativer Wärmeübergang | 42 |
| 3.4.4 Vergleichsbauenteil im ETK-Brand | 43 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.4.5 | Geometrische Randbedingungen | 45 |
| 3.4.6 | Ventilation | 46 |
| 3.5 | Berechnung von lokal begrenzten Öl- und Kabelbränden | 48 |
| 3.6 | Untersuchung systematischer Einflüsse | 53 |
| 3.6.1 | Überblick | 53 |
| 3.6.2 | Natürliche Ventilation | 53 |
| 3.6.3 | Raumgrundfläche | 56 |
| 3.6.4 | Raumhöhe | 56 |
| 3.7 | Berechnung von großflächigen Bränden | 58 |
| 3.8 | Wertung und Empfehlungen | 65 |
| 3.8.1 | Wertung der durchgeführten Simulationsrechnungen | 65 |
| 3.8.2 | Einfluss unterschiedlicher Brandlasten | 66 |
| 4 | ERMITTLUNG DER VERBRENNUNGSEFFEKTIVITÄT | 68 |
| 4.1 | Allgemein | 68 |
| 4.2 | Vorgehensweise | 69 |
| 4.3 | Versuchsaufbau | 70 |
| 4.3.1 | Brandkammer und Rauchabzugsystem | 70 |
| 4.3.2 | Beschreibung der Messtechnik | 71 |
| 4.3.3 | Beschreibung der untersuchten Brandlasten | 76 |
| 4.3.4 | Variation der Ventilationsöffnung | 77 |
| 4.4 | Aufbereitung der Messwerte | 78 |
| 4.4.1 | Berechnung der Energiefreisetzungsrate | 78 |
| 4.4.2 | Bestimmung der effektiven Verbrennungswärme | 79 |
| 4.5 | Versuchsergebnisse | 82 |
| 4.5.1 | Ausgewertete Versuche | 82 |
| 4.5.2 | Zusammengefasste Auswertung der Ergebnisse | 82 |
| 4.6 | Auswertung bezüglich der Entstehung von Brandgasen und Wärme | 84 |
| 4.6.1 | Ventilationsbedingungen – Globales Äquivalenzverhältnis | 84 |
| 4.6.2 | Auswertung der Zuluft-Massenströme | 86 |
| 4.6.3 | Bewertung der Brandversuche anhand der Ventilationsbedingungen | 89 |
| 4.6.4 | Auswertung der Brandwirkungen | 96 |
| 4.7 | Alternative Bestimmung von Ausbeuten und Verbrennungseffektivität | 101 |
| 5 | VEREINFACHTES BRANDSCHUTZTECHNISCHES NACHWEISVERFAHREN | 110 |
| 5.1 | Allgemein | 110 |
| 5.2 | Eingangsgroößen | 110 |
| 5.3 | Ermittlung und Bewertung der Brandlast | 111 |
| 5.4 | Ermittlung von t_a | 112 |
| 5.4.1 | Bestimmung der Brandbelastung | 112 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.4.2 | Berücksichtigung der Raumhöhe | 112 |
| 5.4.3 | Berücksichtigung der Ventilationsbedingungen | 112 |
| 5.5 | Berücksichtigung von Wärmesenken | 115 |
| 5.5.1 | Ausgangssituation und Vorgehensweise | 115 |
| 5.5.2 | Besonderheit bei Flüssigkeitsbehältern | 119 |
| 5.6 | Bewertung von t_a durch Sicherheitskonzepte | 120 |
| 5.7 | Wertung | 122 |
| 6 | VALIDIERUNG DES NACHWEISVERFAHRENS | 123 |
| 6.1 | Großbrandversuche | 123 |
| 6.1.1 | Beschreibung der Versuchseinrichtung | 123 |
| 6.1.2 | Zusammenstellung der Brandlasten | 127 |
| 6.2 | Darstellung von Teilergebnissen | 127 |
| 6.3 | Anwendung des vereinfachten Verfahrens auf Großbrandversuche | 130 |
| 6.3.1 | Aufbereitung der Messwerte | 130 |
| 6.3.2 | Vergleich der Messwerte mit dem Nachweisverfahren | 131 |
| 6.4 | Beurteilung der Abweichungen von den Messwerten | 135 |
| 7 | ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK | 137 |
| | LITERATUR | 140 |

ANHANG

| | |
|---|-----------------------------------|
| A | VERSUCHE IM ROOM-CORNER-TEST |
| B | RAUMBRANDVERSUCHE ZUR VALIDIERUNG |