

DIFISEK – WP4 Software für brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen

Dissemination of Structural Fire Safety Engineering Knowledge

J.J. Martínez de Aragón; F. Rey & J.A. Chica
LABEIN Technological Centre, Bilbao, Spanien

ZUSAMMENFASSUNG: Eines der Hauptziele des ECSC-Projektes DIFISEK (RFS-C2-03048) bestand aus dem Sammeln und Bewerten von kostenfrei erhältlicher Software für die brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen. Um die Software richtig bewerten zu können, musste diese klassifiziert und Bewertungskriterien festgelegt werden. Im Jahre 1992 wurde für das „Forum for International Co-operation on Fire Research“ von Friedmann eine Übersicht über Brandschutzsoftware erstellt. Olenick & Carpenter haben diese Übersicht im Jahre 2003 aktualisiert und kategorisiert. In dieser Arbeit wird eine auf Basis der Klassifizierung von Olenick & Carpenter überarbeitete Einteilung vorgenommen. Ebenfalls wird eine aktualisierte Liste von erhältlicher Software, mit Schwerpunkt auf kostenfrei zugänglicher Software erstellt. Es wurden Bewertungskriterien festgelegt, die dem Anwender helfen sollen die für ihn passende Software zu finden. Es wurden insgesamt 172 Programme gefunden, 27 davon waren kostenfrei.

1 EINLEITUNG

Das Ziel des Brandschutzingenieurwesens ist es, verlässliche Berechnungsverfahren zu entwickeln die nachweisen, dass ein Tragwerk im Brandfall nicht versagt. Um dieses Ziel zu erreichen ist sicherzustellen, dass über eine geforderte Feuerwiderstandsdauer hinaus die vorhandene Tragfähigkeit größer als die benötigte Tragfähigkeit ist (siehe Abbildung 1).

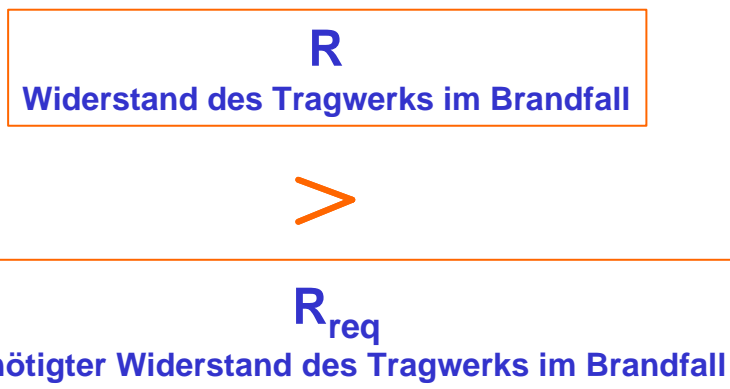


Abbildung 1: Anforderung für den Erhalt der Tragfähigkeit im Brandfall

In den letzten 15 Jahren wurden viele Projekte durchgeführt um Berechnungsmethoden zu entwickeln, die die Tragfähigkeit eines Tragwerks im Brandfall ermitteln. Viele dieser Methoden sind in den Eurocodes wiedergegeben und können einem bestimmten Ereignis während des Brandes zugeordnet werden (siehe Abbildung 2).

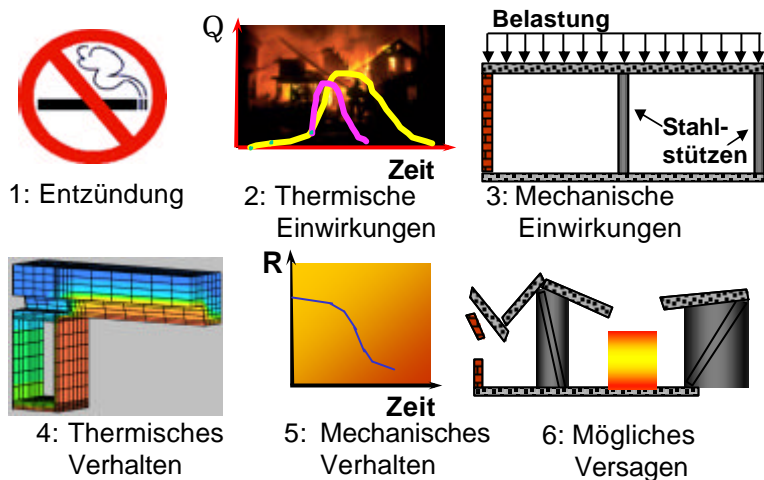


Abbildung 2: Folge von Ereignissen im Brandfall

Um den Feuerwiderstand eines Tragwerks zu bestimmen, müssen eindeutige Anforderungen gestellt werden, die dieses Tragwerk zu erfüllen hat. Üblicherweise sind diese Anforderungen als Funktion im Zeitbereich definiert, die in jedem Land in Richtlinien oder Verordnungen angegeben werden. Es wurden verschiedene Verfahren entwickelt um diese Anforderungen in realistischer Weise zu bestimmen (nutzungsabhängiger Ansatz; siehe Abbildung 3).

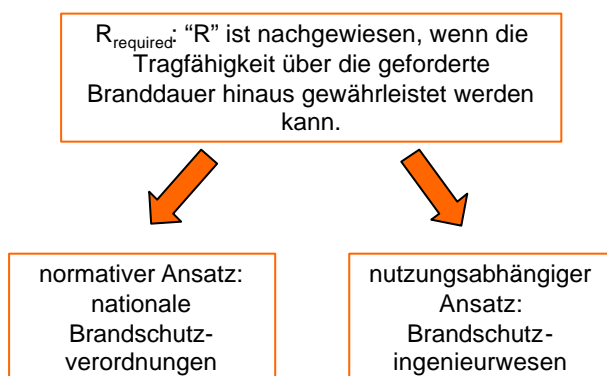


Abbildung 3: Anforderungen

Zur Ermittlung der Parameter R Widerstand des Tragwerks im Brandfall und $R_{\text{Erforderlich}}$ wurden eine Reihe von Programmen entwickelt. Insgesamt wurden 172 Brandschutzprogramme gefunden, von denen 27 kostenfrei erhältlich sind.

In dieser Arbeit soll diese Software nicht nur aufgelistet werden, sondern dem Anwender soll auch eine Hilfe gegeben werden, die für ihn und seiner Aufgabenstellung passende Software zu finden. Um Brandschutzsoftwares zu bewerten ist es wichtig zu wissen, was ein Brandmodell, eine Brandschutzsoftware und der Anwendungsbereich des Brandmodells ist.

Ein Brandmodell ist ein Hilfsmittel das ein Ereignis beschreibt, welches im Zusammenhang mit dem Brand steht, von der Verbrennung über die Evakuierung bis hin zum Versagen des Tragwerks. All diese Modelle können auf experimentelle oder mathematische Modelle reduziert werden. In dieser Arbeit werden nur die mathematischen Modelle betrachtet.

Die mathematischen Modelle sind in deterministische und statistische Modelle unterteilt. Die deterministischen Modelle folgen physikalischen, thermischen und chemischen Gesetzen, während die statistischen Modelle vorhersagen über ein Ereignis machen. Wegen der Komplexität und der großen Anzahl an Iterationsschritten, die erforderlich sind um genaue Ergebnisse zu erzielen, sind Computerprogramme nötig. Die Brandschutzprogramme sind ein Hilfsmittel um die deterministischen und statistischen Gleichungen zu lösen.

Es gibt eine Vielzahl an Ereignissen, die während eines Brandes eintreten. Um die Klassifizierung zu erleichtern, erfolgte diese anhand der Anwendungsgebiete der Software.

2 KLASSIFIZIERUNG DER BRANDSCHUTZSOFTWARE

Die bekanntesten Brandschutzprogramme beschäftigen sich mit dem Wärmetransport und der Rauchausbreitung in geschlossenen Räumen. Es gibt aber auch noch Programme mit anderen Anwendungsgebieten, wie Tragfähigkeitsmodelle für den Brandfall oder Branderkennungmodelle. Die Klassifizierung von Olenick & Carpenter ist unterteilt in sechs Anwendungsgebiete: Tragfähigkeitsmodelle im Brandfall, Zonenmodelle, Feldmodelle, Evakuierungsmodelle und Branderkennungmodelle. In dieser Arbeit werden die Anwendungsgebiete Zonenmodelle und Feldmodelle zu der Gruppe „Thermische Modelle“ zusammengefasst. Damit werden die Programme ausschließlich in die Anwendungsgebiete und nicht in die mathematischen Methoden unterteilt.

Bei dieser Klassifizierung kann in zwei Gruppen unterschieden werden (siehe Abbildung 4):

- Die erste Gruppe bezieht sich auf das thermische und mechanische Verhalten von Bauteilen im Brandfall (siehe Abbildung 2)
- Die zweite Gruppe bezieht sich auf die Bestimmung von Anforderungen, die ein Tragwerk im Brandfall erfüllen muss.

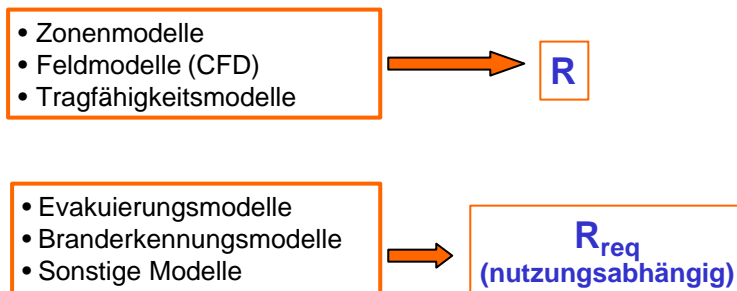


Abbildung 4: Gruppierung der Anwendungsgebiete

2.1 Thermische Modelle:

In diesem Anwendungsgebiet existieren verschiedene Arten, um das thermische Verhalten von Bauteilen im Brandfall zu beschreiben. Eine Gliederung erfolgt nach EN 1991-1-2:2002 (siehe Abbildung 5).

Thermische Modelle		
Nominelle Temperaturzeitkurven (normative Regelung)	Einheits-Temperaturzeitkurve	
	Außenbrandkurve	
	Hydrokarbon-Brandkurve	
Naturbrände (nutzungsabhängige Regelung)	vereinfachte Brandmodelle	Vollbrand
		lokaler Brand
	allgemeine Brandmodelle	Zonenmodell
		Feldmodell

Abbildung 5: Einwirkungen für die thermische Analyse (Thermische Modelle)

Die thermischen Modelle lassen sich wie folgt unterteilen:

- vereinfachte Berechnungsverfahren: Unterteilt in „lokaler Brand“ und „Vollbrand“
- allgemeine Berechnungsverfahren: Unterteilt in Zonen- und Feldmodelle

2.1.1 Vereinfachte thermische Berechnungsverfahren

Diese Modelle basieren auf bestimmten physikalischen Parametern mit einem begrenzten Anwendungsgebiet. Für Vollbrände wird eine einheitliche Temperatur im Brandabschnitt angenommen, bei einem lokalen Brand nicht.

Anwendungsgebiet: vereinfachte thermische Modelle			
Modell	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
DIFISEK-CaPaFi	Luxemburg	1	Berechnung der Stahltemperatur, der von 1 bis 5 lokalen Brandquellen erhitzt wird. Basiert auf EN 1991-1-2, EN 1993-1-2 und den ECSC-Projekten "Large Compartment" und "Closed Car Parks".
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Luxemburg	2	Berechnung der parametrischen Temperaturzeitkurve in einem Brandabschnitt und der Temperatur eines geschützten oder ungeschützten Stahlbauteils. Basiert auf EN 1991-1-2 Anhang A und EN 1993-1-2.
DIFISEK-TEFINAF	Luxemburg	3	Berechnung des Temperaturfeldes in einem Stahlquerschnitts unter einer Decke als Funktion von der Zeit und des radialen Abstandes zum Feuer. Basiert auf dem Projekt EUR 18868 "Development of design rules for steel structures submitted to natural fires in large compartments".

Diese drei Programme wurden von ProfilARBED entwickelt und für dieses Projekt von Profile Arbed Researchers (PARE) überarbeitet.

2.1.2 Allgemeine thermische Modelle

2.1.2.1 Zonenmodelle

In einem Zonenmodell wird der zu untersuchende Brandabschnitt in verschiedene Zonen unterteilt. Der gängigste Fall ist eine horizontale Unterteilung in zwei Zonen, eine obere heiße Zone und eine untere kalte Zone. Ein spezieller Fall ist das Ein-Zonenmodell, welches auf der Annahme basiert, dass sich keine Schichten ausbilden und der Brandabschnitt als Brandraum mit homogenen Eigenschaften behandelt werden kann. Einige Zonenmodelle können beim Erreichen von bestimmten Bedingungen (z.B. Flash-Over) von einem Zwei-Zonenmodell zu einem Ein-Zonenmodell wechseln.

Um die maßgebenden Gleichungen, die dem Modell zugrunde liegen, richtig anzuwenden, muss der Brandschutzingenieur verschiedene Annahmen treffen. Viele dieser Annahmen sind von Versuchs- und Modellbeobachtungen abgeleitet worden. Die wichtigsten Annahmen sind:

- Der Rauch bildet eindeutige horizontale Schichten aus, wie in realen Bränden zu sehen ist. Die einzelnen Schichten werden als homogen angenommen. Dies ist zwar nicht richtig, aber verglichen mit den Unterschieden zwischen den Schichten sind die Unterschiede innerhalb einer Schicht vernachlässigbar klein.
- Der Plume befördert Rauchpartikel und Wärme in die obere Zone. Jedoch ist das Volumen des Plumes im Vergleich zu der oberen und unteren Schicht vernachlässigbar klein.

- Ein Grossteil des Rauminhalts bleibt unberücksichtigt. Die Wärme wird an die Umschließungsbauteile abgegeben, nicht an die Möbel. Einige Zonenmodelle können die Ausbreitung des Feuers bei einer kleinen Zahl von Möbeln simulieren.

Als Eingabedaten werden gewöhnlich die Raumgeometrie, die thermischen Eigenschaften der Umschließungsbauteile, Anzahl und Größe von Abzugsanlagen bzw. Öffnungen, Charakteristiken der Möbel so wie die Energiefreisetzungsrate gefordert.

Als Ergebnisse liefern die Zonenmodelle gewöhnlich Aktivierungszeiten von Sprinkler- und Brandmeldeanlagen, die Zeit bis es zum Flash Over kommt, die Temperaturen der oberen und unteren Schicht und die Höhe der Rauchgasschicht.

Zonenmodelle lassen die Reflektion der Strahlung von den Umschließungsbauteilen unberücksichtigt. Die Eingabe der Energiefreisetzungsrate kann sich als problematisch erweisen, da die Größe des Brandes häufig nur über Versuche ermittelt werden kann und die korrekte Modellierung Fachkenntnisse erfordert.

Anwendungsgebiet: Feldmodelle

Model	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
ARGOS	Dänemark	4	Zonenmodell für mehrere Räume
ASET/ASET-B	USA	5	Zonenmodell für ein Raum ohne Ventilation
ASMET	USA	6	Rauchabzug in Atrien
Branzfire	Neuseeland	7	Zonenmodell für mehrere Räume mit Modell für Brandausbreitung geeignet für Brandszenarien in Räumen
BRI-2	Japan/USA	8	Zonenmodell mit zwei Schichten für Rauchausbreitung über mehrere Etagen und Räume
CCFM/Vents	USA	9	Zonenmodell für mehrere Räume mit Ventilation
Cfire-X	Deutschland / Norwegen	10	Zonenmodell für Brandabschnitte mit Bränden aus Kohlenwasserstoff
CiFi	Frankreich	11	Zonenmodell für mehrere Räume
COMPBRN	USA	12	Zonenmodell für Brandabschnitte
COMPF2	USA	13	Zonenmodell für ein Raum nach dem Flash Over
DACFIR-3	USA	14	Zonenmodell für Flugzeugcockpits
DSLAYV	Schweden	15	Zonenmodell für ein Brandabschnitt
FAST/CAFAST	USA	16	Zonenmodell für Brandabschnitte
FASTLite	USA	17	Wie CFAST, nur mit eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten
FFM	USA	18	Zonenmodell für ein Brandabschnitt vor dem Flash Over
FIGARO II	Deutschland	19	Zonenmodell zur Bestimmung des Grenzzustandes
FIRAC	USA	20	Benutzt FIRIN, inklusive komplexer Entlüftungssysteme
FireMD	USA	21	Zwei-Zonenmodell für ein Raum
FireWalk	USA	22	Benutzt CFAST-Modell mit verbesserter Visualisierung
FireWind	Australien	23	Zonenmodell für mehrere Räume und mehreren Modellen
FIRIN	USA	24	Zonenmodell für mehrere Räume mit Luftkanälen, Lüftern und Filtern
FIRM	USA	25	Zwei-Zonenmodell für ein Raum
FIRST	USA	26	Zonenmodell für ein Raum mit Ventilation
FLAMME-S	Frankreich	27	Zwei-Zonenmodell
FMD	USA	28	Zonenmodell für Atrien
HarvardMarkVI	USA	29	Frühe Version von FIRST
HEMFAST	USA	30	Möbelbrand in einem Raum
HYSLAB	Schweden	31	Zonenmodell für ein Brandabschnitt vor dem Flash Over

IMFE	Polen	32	Zonenmodell für ein Brandabschnitt mit Ventilation
MAGIC	Frankreich	33	Zwei-Zonenmodell für Atomkraftwerke
MRFC	Deutschland	34	Zonenmodell für mehrere Räume mit Rauchausbreitung und thermischen Einwirkungen auf Tragwerken
NAT	Frankreich	35	Zonenmodell für ein Brandabschnitt mit Fokus auf das Verhalten des Tragwerks
NBS	USA	36	Zonenmodell für ein Brandabschnitt vor dem Flash Over
NRCC1	Kanada	37	Zonenmodell für ein Brandabschnitt
NRCC2	Kanada	38	Zonenmodell für große Büroräume
OSU	USA	39	Zonenmodell für ein Brandabschnitt
Ozone	Belgien	40	Zonenmodell für ein Brandabschnitt mit Fokus auf das Verhalten des Tragwerks
POGAR	Russland	41	Zonenmodell für ein Brandabschnitt
RADISM	Großbritannien	42	Zonenmodell mit Berücksichtigung der Einflüsse von Sprinklern und Ventilationsbedingungen auf den Ceiling Jet
RFIRES	USA	43	Zonenmodell für ein Brandabschnitt vor dem Flash Over
R-VENT	Norwegen	44	Zonenmodell für ein Raum mit Rauchabzug
SFIRE-4	Schweden	45	Zonenmodell für ein Brandabschnitt nach dem Flash Over
SICOM	Frankreich	46	Zonenmodell für ein Brandabschnitt
SMKFLW	Japan	47	Ein-Zonenmodell für Rauchausbreitung in Gebäuden
Smokepro	Australien	48	Zonenmodell für ein Brandabschnitt
SP	Großbritannien	49	Zonenmodell für ein Brandabschnitt nach dem Flash Over
WPI-2	USA	50	Zonenmodell für ein Brandabschnitt
WPIFIRE	USA	51	Zonenmodell für mehrere Räume
ZMFE	Polen	52	Zonenmodell für ein Brandabschnitt

Die meisten dieser Programme haben ihren Schwerpunkt in der Rauchausbreitung und dem Wärmetransport. Die Anwendung des Brandschutzingenieurs beschränkt sich auf die Ermittlung der Gastemperatur (um im Anschluss die Temperatur des Bauteils zu bestimmen). Während die fett gedruckten Softwares einen starken Bezug zur Tragwerksplanung im Brandfall haben, ist dieser Bezug bei den kursiv gedruckten Softwares eher klein. Es wurden weitere drei Programme gefunden, für die jedoch keine genaueren Informationen vorlagen: CISNV (Russland), FirePro (Großbritannien) und FireWalk (USA).

2.1.2.2 Feldmodelle:

Feldmodelle stellen den neuesten Stand des Brandschutzingenieurwesens dar. In einem CFD-Modell wird ein dreidimensionales Raster von Volumenelementen in den zu untersuchenden Raum gelegt. Diese sind denen der Zonenmodelle ähnlich, jedoch werden anstatt zwei oder drei Zonen (Zonenmodelle) hunderte oder tausende dieser Volumenelemente benutzt.

CFD-Modelle lösen zeitabhängige Differentialgleichungen (Navier-Stokes Gleichungen) für jedes Volumenelement. Dieser detaillierte Ansatz ist kompliziert und zeitaufwändig, aber die Navier-Stokes Gleichungen sind nur von den Randbedingungen abhängig. Dies erlaubt die Abbildung von komplexen Raumgeometrien.

Als Eingabedaten werden die Raumgeometrie, die thermischen Eigenschaften der Umschließungsbauteile, Anzahl und Größe der Abzugsanlagen, Eigenschaften der Möbel, Charakteristiken des Brandmaterials, so wie die Parameter für Verwirbelungen und Strahlung benötigt.

Als Ausgabe bekommt man die Rauch und Wärmeausbreitung und deren Geschwindigkeit, Vorhersagen für die Aktivierung von Sprinkler- und Brandmeldeanlagen, die Zeit bis zum Flash Over, die Temperaturen, Geschwindigkeiten und Höhe der Rauchgasschicht.

CFD-Programme benötigen eine hohe Rechnerleistung. Je mehr Volumenelemente vorhanden sind, desto größer ist die Rechenzeit. CFD-Modelle müssen zunächst validiert werden, bevor diese benutzt werden können, da bestimmte Parameter der Anpassung bedürfen.

In CFD-Modellen können komplexe Geometrien (z.B. gekrümmte Wände) modelliert werden. In anderen Gebieten wie in der Mechanik oder im Flugzeugbau werden CFD-Programme häufig eingesetzt, was bedeutet, dass viel mehr Ingenieure ein Programm entwickeln, testen und verifizieren können als bei Feldmodellen.

Anwendungsgebiet: Feldmodelle (CFD)

Modell	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
<i>ALOFT-FT</i>	USA	53	<i>Rauchausbreitung von Bränden im Freien</i>
CFX	Großbritannien	54	Universelle CFD-Software
FDS	USA	55	CFD-Programm speziell für brandabhängige Strömungen
FIRE	Australien	56	CFD-Modell mit Sprinklerung und gekoppelter fest/flüssig Phase des Brandmaterials um die Abbrandrate und den Löschprozess vorher zu sagen
FISCO-3L	Deutschland / Norwegen	57	Feldmodell für ein Raum um die Interaktion von Sprinklerung und Brandgasen mit Fremd- oder natürlicher Belüftung zu untersuchen
FLUENT	USA	58	Universelle CFD-Software
JASMINE	Großbritannien	59	CFD-Modell für Brand- und Rauchausbreitung
KAMALEON	Norwegen	60	CFD-Modell gekoppelt an ein FEM-Modell für das thermische Verhalten von Tragwerken
KOBRA-3D	Deutschland	61	CFD-Modell für Brand- und Rauchausbreitung
MEFE	Portugal	62	CFD-Modell für ein oder zwei Brandabschnitte, Berechnung der Auslösezeit von Thermoelemente
PHOENICS	Großbritannien	63	Universelle CFD-Software
RMFIRE	Kanada	64	Zweidimensionales Feldmodell für transiente Berechnung der Rauchausbreitung
SMARTFIRE	Großbritannien	65	Feldmodell für Brände
SmokeView	USA	66	Hilfsprogramm zur Visualisierung von FDS-Daten
SOFIE	Großbritannien / Schweden	67	CFD-Modell für Brand- und Rauchausbreitung
<i>SOLVENT</i>	<i>USA</i>	<i>68</i>	<i>CFD-Modell für Brand- und Rauchausbreitung in Tunnel</i>
SPLASH	Großbritannien	69	Feldmodell, um die Interaktion zwischen Sprinklerung und Brandgasen zu untersuchen
STAR-CD	Großbritannien	70	Universelle CFD-Software
<i>TUNFIRE</i>	<i>Großbritannien</i>	<i>71</i>	<i>CFD-Modell für Brand- und Rauchausbreitung in Tunnel</i>
UNSAFE	USA/Japan	72	Feldmodell für Brände im Freien und Inneren

Die meisten dieser Programme haben ihren Schwerpunkt in der Rauchausbreitung und dem Wärmetransport. Die Anwendung des Brandschutzingenieurs beschränkt sich auf die Ermittlung der Gastemperatur (um im Anschluss die Temperatur des Bauteils zu bestimmen). Während die fett gedruckten Softwares einen starken Bezug zur Tragwerksplanung im Brandfall haben, ist dieser Bezug bei den kursiv gedruckten Softwares eher klein. Es wurden drei weitere Programme gefunden, für die

jedoch keine weiteren Informationen vorhanden waren: STREAM (Japan), VESTA (Niederlande) und FLOTRAN (USA).

2.2 Tragfähigkeitsmodelle im Brandfall

Diese Modelle simulieren das Verhalten des Tragwerks im Brandfall. Der Hauptzweck dieser Programme besteht darin die Versagenszeit von Tragwerken bzw. Bauteilen im Brandfall unter Berücksichtigung von thermischen und mechanischen Gesetzmäßigkeiten zu ermitteln.

Wie bei den thermischen Modellen auch, konnten verschiedene Typen von Software gefunden werden. Die Unterschiede liegen meistens in der Verwendung von verschiedenen Rechenverfahren. Die Klassifizierung erfolgt nach der Einteilung in die Berechnungsverfahren der Eurocodes (EN 1991-1-2:2002 und EN 1993-1-2:2003) (siehe Abbildung 6). Es wird demnach zwischen vereinfachten und allgemeinen Berechnungsverfahren unterschieden.

Als Eingabedaten werden Materialeigenschaften, Randbedingungen, Belastung im Brandfall und Geometrie des Tragwerks bzw. des Bauteils gefordert.

Die Versagenszeit, die Spannungen und die Verschiebungen des Tragwerks bzw. des Bauteils werden ausgegeben.

Bemessungsverfahren			Tabellari- sches Verfahren	Ver- einfachte Berechnungs- verfahren	Allgemeine Berechnungs- verfahren
Normative Regeln	Bauteilanalyse	Berechnung der mechanischen Einwirkungen	JA	JA	JA
	Analyse eines Teiltragwerks	Einwirkungen und Rand- bedingungen	NEIN	JA (wenn verfügbar)	JA
	Analyse des gesamten Tragwerks	Wahl der mechanischen Einwirkungen	NEIN	JA	JA
Nutzungs- abhängige Regeln	Bauteilanalyse	Berechnung der mechanischen Einwirkungen	NEIN	JA (wenn verfügbar)	JA
	Analyse eines Teiltragwerks	Einwirkungen und Rand- bedingungen	NEIN	NEIN	JA
	Analyse des gesamten Tragwerks	Wahl der mechanischen Einwirkungen	NEIN	NEIN	JA

Abbildung 6: Klassifizierung der Tragfähigkeitsmodelle im Brandfall

2.2.1 Tragfähigkeitsmodelle auf der Grundlage vereinfachter Berechnungsverfahren

Diese Modelle berechnen das Verhalten von einzelnen Bauteilen, herausgeschnitten aus dem Tragwerk. Es werden die vereinfachten Berechnungsverfahren verwendet. Einige sind in Zonen- oder Feldmodellen implementiert.

Anwendungsfeld: Tragfähigkeitsmodelle mit vereinfachten Berechnungsverfahren			
Modell	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
AFCB	Luxemburg	73	Brandschutztechnische Bemessung von Verbundträgern nach Eurocode 4
AFCC	Luxemburg	74	Brandschutztechnische Bemessung von Verbundstützen nach Eurocode 4
CIRCON	Kanada	75	Brandschutztechnische Bemessung von kreisrunden Stahlbetonstützen
COFIL	Kanada	76	Feuerwiderstand von kreisrunden betongefüllten Hohlprofilen
Elefir	Belgien	77	Feuerwiderstand von Stahlbauteilen nach Eurocode 3
H-Fire	Deutschland	78	Brandschutztechnische Bemessung von Verbundbauteilen nach EN 1994-1-2

INSTAI	Kanada	79	Feuerwiderstand von geschützten kreisrunden Hohlprofilstützen
INSTCO	Kanada	80	Feuerwiderstand von kreisrunden betongefüllten Rohrquerschnitten
POTFIRE	Frankreich	81	Feuerwiderstand von betongefüllten Hohlprofilen, basierend auf EN 1994-1-2 Anhang G
<i>RCCON</i>	<i>Kanada</i>	<i>82</i>	<i>Brandschutztechnische Bemessung von rechteckigen Stahlbetonstützen</i>
RECTST	Kanada	83	Feuerwiderstand von geschützten rechteckigen Hohlprofilstützen
<i>SQCON</i>	<i>Kanada</i>	<i>84</i>	<i>Brandschutztechnische Bemessung von quadratischen Stahlbetonstützen</i>
WSHAPS	Kanada	85	Feuerwiderstand von geschützten W-förmigen Stahlprofilen

Die kursiven Programme sind ausschließlich für Bauteile aus Beton.

2.2.2 Tragfähigkeitsmodelle auf der Grundlage allgemeiner Berechnungsverfahren

Diese Modelle können das gesamte oder nur einen Teil eines Tragwerks sowohl statisch als auch dynamisch berechnen. Als Ergebnis wird die Versagenszeit des Tragwerks geliefert. Meistens basieren diese Programme auf FEM-Modelle.

Anwendungsfeld: Tragfähigkeitsmodelle mit allgemeinen Berechnungsverfahren			
Modell	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
ABAQUS	USA	86	Universelles Finite Elemente Modell
ALGOR	USA	87	Universelles Finite Elemente Modell
ANSYS	USA	88	Universelles Finite Elemente Modell
BoFire	Deutschland	89	BoFire ist ein transientes, nichtlineares, inkrementelles Modell, basierend auf der Finite Elemente Methode. Die thermischen und mechanischen Materialeigenschaften wurden den Definitionen aus dem ENV 1994-1-2 entnommen. Stahl-, Beton- und Verbundtragwerke können analysiert werden.
<i>BRANZ-TR8</i>	<i>Neuseeland</i>	<i>90</i>	<i>Feuerwiderstand von bewehrten oder vorgespannten Betondeckensystemen</i>
CEFICOSS	Belgien	91	Feuerwiderstandsmodell
CMPST	Frankreich	92	Tragfähigkeit von Stahlbauteilen im Brandfall
<i>COMPSL</i>	<i>Kanada</i>	<i>93</i>	<i>Temperaturen von mehrschichtigen Decken im Brandfall</i>
COSMOS	USA	94	Universelles Finite Elemente Modell
FASBUS	USA	95	Tragfähigkeit von Bauteilen im Brandfall
FIRES-T3	USA	96	FE Wärmeleitung in 1D, 2D oder 3D
HSLAB	Schweden	97	Transiente Temperaturentwicklung in einer erwärmten Platte bestehend aus einem oder mehreren Materialien
LENAS	Frankreich	98	Mechanisches Verhalten von Stahltragwerken im Brandfall
LUSAS	Großbritannien	99	Universelles ingenieurmäßiges Berechnungsprogramm
NASTRAN	USA	100	Universelles Finite Elemente Modell
SAFIR	Belgien	101	Transiente und mechanische Berechnung von Tragwerken im Brandfall
SAWTEF	USA	102	Berechnung von Metallplatten im Brandfall die an Holzstützen angeschlossen sind
SISMEF	Frankreich	103	Mechanisches Verhalten von Verbundtragwerken im Brandfall
STA	Großbritannien	104	Transiente Wärmeleitung in Festkörpern
STELA	Großbritannien	105	3D Finite Volumen Modell, eingebunden in JASMINE und SOFIE, zur Berechnung des thermischen Verhaltens von Bauteilen im Brandfall
TASEF	Schweden	106	Finite Elemente Modell zur Temperaturberechnung von Tragwerken im Brandfall
<i>TCSLBM</i>	<i>Kanada</i>	<i>107</i>	<i>2D Temperaturverteilung von Betondecken/-trägern im Brandfall</i>
THELMA	Großbritannien	108	Finite Elemente Modell zur Temperaturberechnung von Tragwerken im Brandfall
<i>TR8</i>	<i>Neuseeland</i>	<i>109</i>	<i>Feuerwiderstand von Betondecken und -deckensystemen</i>
VULCAN	Großbritannien	110	3D Modell zur Analyse von Rahmentragwerken aus Stahl- und/oder Verbundbauteilen im Brandfall
<i>WALL2D</i>	<i>Kanada</i>	<i>111</i>	<i>Modell zu Vorhersage der Wärmeübertragung von holzbekleideten Wänden im Brandfall</i>

Die Programme in kursiv sind nicht für Bauteile / Tragwerke aus Stahl geeignet. Die fettgedruckten Programme sind allgemeine FEM-Programme. Es wurden zwei weitere Programme entdeckt, für die aber keine weitere Informationen vorlagen: HEATING und TAS (USA).

2.3 Evakuierungsmodelle

Evakuierungsmodelle ermitteln die Zeit, in der ein Gebäude evakuiert werden kann. Sie werden normalerweise bei nutzungsabhängigen Bemessungen verwendet, um Engpässe während der Evakuierung zu ermitteln.

Einige dieser Programme sind an Feld- oder Zonenmodelle gekoppelt um den Beginn von unzumutbaren Verhältnissen im Gebäude zu bestimmen.

Technisch ausgefeiltere Programme beinhalten interessante Funktionen, wie den psychologischen Effekt von Feuer auf die Menschen, die Auswirkung von giftigem Rauch oder die Abnahme der Sichtweite. Einige dieser Programme können die Ergebnisse außerdem grafisch darstellen.

Als Eingabeparameter werden normalerweise die Art der Nutzung und die Geometrie des Gebäudes (Ausgänge, Treppenhäuser, Fahrstühle, Korridore, ...) gefordert.

Es werden die Evakuierungszeit und die Orte der Engpässe ausgegeben.

Diese Programme beruhen normalerweise auf statistischen Modellen.

Anwendungsfeld: Evakuierungsmodelle			
Modell	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
AEA EGRESS	USA	112	Analyse der Evakuierung des Gebäudenutzers
ALLSAFE	Norwegen	113	Evakuierungsmodell mit menschlichen Faktoren
ASERI	Deutschland	114	Bewegung von Menschen in komplexen Geometrien, inklusive Brand- und Rauchausbreitung
BGRAF	USA	115	Evakuierungsmodell mit stochastischem Modell für menschliche Entscheidungen
EESCAPE	Australien	116	Evakuierung von mehrstöckigen Gebäuden über Treppenhäuser
EGRESS	Großbritannien	117	Evakuierungsmodell für komplexe Gebäudegeometrien, inklusive Visualisierung
EGRESSPRO	Australien	118	Evakuierungsmodell mit Sprinkler- und Brandmeldeanlagen
ELVAC	USA	119	Evakuierung von mehrstöckigen Gebäuden über Fahrstühle
EVACNET	USA	120	Ermittlung eines optimalen Evakuierungsplans
EVACS	Japan	121	Ermittlung eines optimalen Evakuierungsplans
EXIT89	USA	122	Evakuierung von Hochhäusern
EXITT	USA	123	Evakuierungsmodell inklusive menschlichem Verhalten
EXODUS	Großbritannien	124	Evakuierungsmodell für die Sicherheitsindustrie
GRIDFLOW	Großbritannien	125	Evakuierungsmodell zur Ermittlung von Räumungszeiten von Fluren und gesamten Gebäuden
PATHFINDER	USA	126	Evakuierungsmodell
PEDROUTE	Großbritannien	127	Simulationsmodell für Fußgänger
SEVE_P	Frankreich	128	Evakuierungsmodell mit grafischer Ausgabe inklusive gegenseitiger Behinderungen von Passanten
SIMULEX	Großbritannien	129	Koordinationsbasiertes Evakuierungsmodell
STEPS	Großbritannien	130	3D Simulation von Bewegungen von Passanten
WAYOUT	Australien	131	Evakuierungsmodell des FireWind Softwarepaketes

Es wurden fünf weitere Programme entdeckt, für die aber keine weiteren Informationen vorlagen: BFIRE, ERM, Magnetic Simulation, Takashi's Fluid Model und VEGAS (Großbritannien).

2.4 Branderkennungsmodelle:

Branderkennungsmodelle bestimmen die Aktivierungszeit von aktiven Brandschutzmaßnahmen, wie Wärmesensoren, Sprinkleranlagen oder Rauchdetektoren.

Diese Modelle benutzen den Ansatz der Zonenmodelle, um die Wärme- und Rauchausbreitung zu berechnen, sowie andere Modelle, um die Reaktion der aktiven Brandschutzmaßnahmen auf die thermischen Veränderungen zu bestimmen. Kurz, ein vereinfachtes Modell berechnet die Wärmeübertragung zu den Detektoren und bestimmt deren Aktivierungszeit.

Als Eingabeparameter werden normalerweise die Charakteristiken der Detektoren, deren Lage und die Energiefreisetzungsrates des Feuers gefordert. Die komplexeren Programme benötigen noch die Raumgeometrie und deren Materialien.

Die Aktivierungszeit der aktiven Brandschutzmaßnahmen und (bei den umfangreicheren Programmen) die Wirkung der Maßnahmen werden ausgegeben.

Eine Auswahl des geeigneten Programms ist mit Sorgfalt zu führen, da einige dieser Programme nur für Flachdecken oder unbegrenzte Decken geeignet sind.

Anwendungsfeld: Branderkennungsmodelle			
Modell	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
ASCOS	USA	132	Analyse der Rauchkontrollsysteme
DETECT-QS	USA	133	Berechnung der Aktivierungszeit der Detektoren bei unendlichen Decken und beliebigem Brand
DETECT-T2	USA	134	Berechnung der Aktivierungszeit der Detektoren bei unendlichen Decken und t ₂ Brand
FPETOOL	USA	135	Gleichungen die bei der Vorhersage der Brandgefahr und der Reaktion der Brandschutzmaßnahmen
G-JET	Norwegen	136	Modell zur Rauchererkennung
JET	USA	137	Modell zur Vorhersage der Aktivierungszeit der Detektoren und der Gastemperatur in der Rauchschicht
LAVENT	USA	138	Reaktion von Sprinkleranlagen in Brandabschnitten mit Vorhängen und Rauchabzügen in der Decke
PALDET	Finnland	139	Reaktion von Sprinkleranlagen bei unendlichen Decken
SPARTA	Großbritannien	140	In JASMINE integriertes Sprinklerpartikelmodell, um die Wirkung der Sprinklerung beurteilen
SPRINK	USA	141	Verhalten von Sprinkleranlagen in Hochregallagern
TDISX	USA	142	Verhalten von Sprinkleranlagen in Warenhäusern

Es wurde ein weiteres Programm entdeckt, für das aber keine weiteren Informationen vorlagen: HAD.

2.5 Sonstige Modelle

Es existieren noch Modelle, die nicht in eine der o.g. Kategorien passen. Einige decken mehrere dieser Kategorien ab, andere behandeln Aspekte eines Brandes die in keine dieser Kategorien eingeordnet werden können. Diese Modelle werden mit „Sonstige Modelle“ bezeichnet.

Einige dieser Computerprogramme haben viele Unterprogramme und könnten somit in viele der o.g. Kategorien eingeordnet werden. Diese Softwarepakete beinhalten verschiedene Modelle, die jeweils einen anderen Aspekt des Brandes behandeln.

Anwendungsfeld: Sonstige Modelle			
Modell	Land	Id. Nummer	Kurzbeschreibung
ALARM	Großbritannien	143	wirtschaftliche Optimierung von normbedingten Maßnahmen
ASKFRS	Großbritannien	144	Softwarepaket inklusive Zonenmodell

BREAK1	USA	145	Verhalten von Glasscheiben im Brandfall
BREATH	Großbritannien	146	Verteilung von Fremdstoffen in einem Netzwerk von Brandabschnitten mit Zwangslüftung
Brilliant	Norwegen	147	CFD Modell kombiniert mit analytischen Modellen
COFRA	USA	148	Modell zur Bestimmung des Brandrisikos
CONTAMW	USA	149	Modell zur Luftbewegung
CRISP	Großbritannien	150	Brandabschnittsmodell mit Evakuierungsmodell und Risikobestimmung
FIERAsystem	Kanada	151	Modell zur Risikobestimmung mit Berücksichtigung von Zusammenhängen
FireCad	USA	152	Eingabeprogramm für CFAST
FIRECAM	Kanada	153	Risiko-Schadensanalyse
FIREDEMND	USA	154	Bestimmung der benötigten Wassermenge um einen Brand zu löschen
FIRESYS	Neuseeland	155	Programmpaket für nutzungsabhängige Regelungen
FIREX	Deutschland	156	Einfaches Zonenmodell in Kombination mit empirischen Zusammenhängen
FIVE	USA	157	Gefährdungsanalyse für den Brandfall
FRAME	Belgien	158	Bemessungsmodell für das Brandrisiko
FREM	Australien	159	Bemessungsmodell für das Brandrisiko
FriskMD	USA	160	Auf das Brandrisiko basierende Version von FireMD
HAZARD I	USA	161	Zonenmodell mit umfangreichem Evakuierungsmodell
JOSEFINE	Großbritannien	162	Integrierte Schnittstelle von CFD-, Evakuierungs- und Brandrisikomodellen
MFIRE	USA	163	Bemessung von Belüftungssystemen in Bergwerken
RadPro	Australien	164	Modell zur Berechnung von Wärmestrahlung
Risiko	Schweiz	165	Bemessungsmodell für das Brandrisiko
RISK-COST	Kanada	166	Modell zur Vorhersage von erwarteter Lebensgefahr und Kosten im Brandfall
RiskPro	Australien	167	Einordnung der Brandgefahr
SMACS	USA	168	Rauchbewegung in einer Klimaanlage
SPREAD	USA	169	Bestimmt die Abbrandrate und Ausbreitungsrate eines Brandes an einer Wand
ToxFED	Großbritannien	170	Berechnung der „Fractional Effective Dose“ (FED) von der Konzentration in einer Rauchschiicht
UFSG	USA	171	Bestimmt die Brandausbreitung nach oben bei verkohlten und unverkohlten Bauteilen
WALLEX	Kanada	172	Berechnung des Wärmeübergangs von Bränden aus Fensteröffnungen zu der darüber liegenden Wand

Es wurde ein weiteres Programm entdeckt, für das aber keine weiteren Informationen vorlagen: Dow indices (USA).

2.6 Kostenlose Brandschutzsoftware

Von all den gefundenen Programmen sind 27 kostenlos erhältlich.

Kostenlos verfügbare Brandschutzsoftware			
Modell	Anwendungsfeld	Id. Nummer	Internetadresse
DIFISEK-CaPaFi	Thermisches Modell – vereinfacht	1	www.sections.arcelor.com
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Thermisches Modell – vereinfacht	2	www.sections.arcelor.com
DIFISEK-TEFINAF	Thermisches Modell – vereinfacht	3	www.sections.arcelor.com
ASET/ASET-B	Thermisches Zonenmodell	5	www.fire.nist.gov
ASMET	Thermisches Zonenmodell	6	www.fire.nist.gov
CCFM/Vents	Thermisches Zonenmodell	9	www.fire.nist.gov

FAST/CAFAST	Thermisches Zonenmodell	16	www.fire.nist.gov
FIRST	Thermisches Zonenmodell	26	www.fire.nist.gov
OZONE	Thermisches Zonenmodell	40	www.ulg.ac.be www.sections.arcelor.com
ALOFT-FT	Thermisches Feldmodell	53	www.fire.nist.gov
FDS	Thermisches Feldmodell	55	www.fire.nist.gov
SmokeView	Thermisches Feldmodell	66	www.fire.nist.gov
AFCB	Tragfähigkeitsmodell – vereinfacht	73	www.sections.arcelor.com
AFCC	Tragfähigkeitsmodell – vereinfacht	74	www.sections.arcelor.com
ELEFIR	Tragfähigkeitsmodell – vereinfacht	77	www.ulg.ac.be
H-Fire	Tragfähigkeitsmodell – vereinfacht	78	www.stahlbau.uni-hannover.de
POTFIRE	Tragfähigkeitsmodell – vereinfacht	81	www.cidect.org
ELVAC	Evakuierungsmodell	119	www.fire.nist.gov
EVACNET	Evakuierungsmodell	120	http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet
ASCOS	Detector response	132	www.fire.nist.gov
DETECT-QS	Detector response	133	www.fire.nist.gov
DETECT-T2	Detector response	134	www.fire.nist.gov
FPETOOL	Detector response	135	www.fire.nist.gov
JET	Detector response	137	www.fire.nist.gov
LAVENT	Detector response	138	www.fire.nist.gov
BREAK1	Sonstige	145	www.fire.nist.gov
FIREDEMND	Sonstige	154	www.fire.nist.gov

3 BEWERTUNGSASPEKTE

Die wichtigsten Bewertungsaspekte der Brandschutzsoftware sind:

- Berechnungsmethode – verwendete physikalische und mathematische Modelle
- Programmdokumentation
- Benutzerfreundlichkeit

3.1 Berechnungsmethode – verwendete physikalische und mathematische Modelle

Der wichtigste Punkt der Berechnungsmethode sind die *verwendete Grundgleichungen*. Ein Berechnungsverfahren basiert normalerweise auf physikalische oder thermische Gesetzmäßigkeiten oder auf experimentell ermittelten Daten. Die Zuverlässigkeit des Programms ist stark von der Genauigkeit und Glaubhaftigkeit des verwendeten Berechnungsverfahrens abhängig.

Es ist unmöglich alle Variablen eines Ereignisses zu berücksichtigen. Wenn eine Berechnung durchgeführt werden soll, müssen Vereinfachungen getroffen werden. Diese *Annahmen* sind ein wichtiger Faktor, um die Genauigkeit des Programms zu bewerten.

Das verwendete Berechnungsverfahren und die getroffenen Annahmen schränken das Anwendungsgebiet ein. Die *Anwendungsgrenzen* des Programms werden aber nicht nur davon beeinflusst. Parameter wie die Modellgröße oder die Komplexität der Geometrie können ebenfalls das Anwendungsfeld des Programms einschränken. Die Anwendungsgrenzen zeigen, ob das jeweilige Programm für die Problemstellung geeignet ist oder nicht.

3.2 Programmdokumentation

Eine gute Dokumentation erleichtert den Einstieg in ein neues Programm. Die wichtigsten Dokumente sind dabei *Bedienungsanleitung, Technische Anleitung, Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele*.

Die Qualität und Übersichtlichkeit der Dokumentation ist für die korrekte Anwendung und somit für die Verlässlichkeit und Genauigkeit der Ergebnisse wichtig.

3.3 Benutzerfreundlichkeit

Dieser Aspekt ist unabhängig von der Genauigkeit und Verlässlichkeit, ist aber trotzdem wichtig für die Benutzung des Programms. Eine gute *Programmoberfläche* erlaubt eine einfache Eingabe und verringert die Fehleranfälligkeit. Ein gutes *Eingabe- und Ausgabeprotokoll* ist zur Überprüfung der Ergebnisse wichtig. Eine gute *Grafik* verbessert die Beurteilung der Berechnung und der Ergebnisse. Diese drei Aspekte machen ein Programm anwenderfreundlich und können die Zahl der Fehler und den Umfang des Ergebnisprotokolls reduzieren.

4 EVALUIERTE PROGRAMME

Während dieses Projektes wurde eine Vielzahl verschiedener Brandschutzprogramme gesammelt. Aus diesen wurden 14 Stück ausgewählt und bewertet (siehe Absatz 3) und werden in Anhang I vorgestellt. Zusätzlich wurde eine Datenbank mit sämtlichen Informationen der bewerteten und unbewerteten Programme (letztere nur mit allgemeinen Informationen) erstellt, die auf den Homepages der DIFISEK-Partner zu finden ist.

4.1 Allgemeine Informationen der Software

- Allgemeine Angaben: Name, Version, Jahr, Anwendungsfeld, Land, Autor/en, Organisation/en, Systemvoraussetzungen, Computersprache, Größe, erhältlich in, Kontakt und Beschreibung.
- BEWERTUNGSASPEKTE
 - Berechnungsmethode: Verfahren, Annahmen und Anwendungsgrenzen
 - Dokumentation: Bedienungsanleitung, Technische Anleitung, Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele
 - Benutzerfreundlichkeit: Bedieneroberfläche, Eingabe- und Ausgabeanzeige, Grafik
- Zusammenfassung: Bewertung der o.g. Aspekte und Anforderungen an den Anwender

4.2 Bewertete Programme

- Thermische Modelle (4):
 - vereinfachte thermische Modelle (1): DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A
 - allgemeine thermische Modelle (3): FAST/CFAST (Zone), OZONE (Zone) und FDS (Feld)
- Tragfähigkeitsmodelle (7):
 - vereinfachte Tragfähigkeitsmodelle (5): AFCEB, AFCC, Elefir, H-Fire und Potfire
 - allgemeine Tragfähigkeitsmodelle (2): Abaqus und BoFire
- Evakuierungsmodelle (1): Evacnet4
- Branderkennungsmodelle (2): Detact-Qs und Jet

Siehe Anhang I und Datenbank.

5 ANHANG I: BEWERTETE SOFTWARES

5.1 *DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A*

5.1.1 *Allgemeine Informationen (ID Nummer: 2)*

- Name: Difisek-EN 1991-1-2 Annex A
- Version: 1
- Jahr: 2004
- Anwendungsfeld: vereinfachtes thermisches Modell
- Land: Luxemburg
- Autor/en: L.G. Cajot; M. Haller
- Organisation/en: Arcelor LCS Research Centre
- Sprache: Englisch
- Systemvoraussetzungen: Windows
- Größe: 2.26 MB
- Kosten: kostenlos
- Verfügbar unter: www.sections.arcelor.com

Beschreibung

Berechnung von parametrischen Temperaturzeitkurven in Brandabschnitten und von geschützten bzw. ungeschützten Stahlbauteilen die der parametrischen Temperaturzeitkurve ausgesetzt sind. Basiert auf EN 1991-1-2 Anhang A und EN 1993-1-2.

5.1.2 *BEWERTUNGSASPEKTE*

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: Siehe EN 1991-1-2 Anhang A und EN 1993-1-2
- Annahmen: Es wird angenommen, dass das gesamte Brandgut abbrennt. Wenn die Brandlastdichten ohne Berücksichtigung des Abbrandverhaltens ermittelt werden, darf dieser Ansatz nur für Brandabschnitte mit überwiegend zellulösen Brandlasten benutzt werden.
- Anwendungsgrenzen: Die Temperaturzeitkurve gilt nur für Brandabschnitte mit einer Grundfläche von maximal 500 m² und einer maximalen Höhe von 4 m.

Dokumentation

Siehe EN 1991-1-2 Anhang A und EN 1993-1-2

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows, Excel
- Ein- und Ausgabe erfolgen über einfache Exceldateien.
- Grafik: Excelgrafik

5.1.3 *Zusammenfassung*

- verlässliche Berechnungsmethode
- Dokumentation: EN 1991-1-2 Anhang A und EN 1993-1-2
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Niedrig

5.2 FAST/CFAST

5.2.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer 16)

- Name: FAST/CFAST
- Version: FAST 3.1.7/CFAST 5.1.1
- Jahr: 2004
- Anwendungsfeld: Zonenmodell
- Land: USA
- Autor/en: Walter W. Jones
- Organisation/en: NIST – National Institute of Standards and Technology
- Systemvoraussetzungen: Ein 386 oder neuerer kompatibler PC; 4 MB Arbeitsspeicher; VGA kompatible Grafikkarte.
- Computersprache: FORTRAN/C
- Größe: FAST 11.1 MB / CFAST 6.73 MB
- Verfügbar unter: www.fast.nist.gov oder www.nfpa.org
- Kontaktinformationen: www.fast.nist.gov oder Walter W. Jones über E-Mail wwj@nist.gov

Beschreibung

FAST beinhaltet Verfahren, die auf dem Computermodell CFAST aufbauen. Es liefert eine Voraussage zum Brandrisiko in einem Brandabschnitt. Folgende Berechnungen werden hauptsächlich durchgeführt:

- Die Erzeugung von Enthalpie und Masse (Rauch und Gas) von einer oder mehreren Brandquellen in einem Raum, basierend auf Messungen im kleinen oder großen Maßstab.
- Der Auftrieb so wie der erzwungene Transport von Energie und Masse durch eine Reihe von Räumen und Verbindungen (Türen, Fenster, Kanälen, ...)
- Die resultierenden Temperaturen, Raumdichte und Gaskonzentration nach Berücksichtigung der Wärmeübertragung zu den Oberflächen und Abschwächung durch Zufuhr von frischer Luft.

CFAST ist ein Zwei-Zonen-Modell zur Berechnung der entstehenden Rauchverteilung, des Brandgases und der Temperatur im Brandfall in einem Gebäude. In Version 3.1.6 können implementiert werden: Bis zu 30 Brandabschnitte, ein Rauchabzugssystem für jeden Brandabschnitt, 31 unabhängige Brandherde, ein „flame spread object“, mehrere Plume- und Brandmodelle, mehrere Sprinkler und Brandmelder und die zehn wichtigsten toxischen Bestandteile des Feuers und ihre tödlichen Konzentrationen. Die Raumgeometrie ermöglicht unterschiedliche Raumhöhen, Entzündung verschiedener Objekte wie z.B. Möbel, thermophysische und pyrolyse Datenbanken, mehrschichtige Wände, Entzündung durch Barrieren und Öffnungen, Wind, dem Kamineffekt, Gebäudeundichtigkeit und Durchströmen von Löchern in Verbindungen zwischen Decke und Boden.

5.2.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: CFAST basiert auf der Lösung von Gleichungen, die die Zustandsgrößen (Druck, Temperatur, ...) bestimmen. Die Grundlagen sind Enthalpie und Massenfluss in kleinen Zeitinkrementen. Diese Gleichungen werden von dem Energieerhaltungssatz, dem Impulserhaltungssatz und den idealisierten Gasgesetzen abgeleitet. Die auftretenden Fehler kommen nicht von den Gleichungen, sondern von den numerischen Abbildungen der Gleichungen oder von deren vereinfachten Annahmen.
- Annahmen: Die grundlegende Annahme für alle Zonenmodelle ist, dass jeder Raum in kleine Volumenelemente unterteilt werden kann, wobei jeder eine einheitliche Temperatur und eine homogene Beschaffenheit hat. Bei CFAST haben alle Räume zwei Zonen. Eine Ausnahme bildet der Brandraum. Dieser hat zusätzlich eine Zone für den Plume und eine für den Luftstrom an der Decke. Um die Wachstumsrate zu simulieren verwendet das Modell ein vom Nutzer eingegebenen Brand. Dies wird eingegeben, indem Energie- und Massenfreisetzung in Abhängigkeit von der Zeit angegeben wird. Zusätzlich müssen Annahmen getroffen werden, ab wann die Temperatur bzw. Gifte für Personen schädlich werden.

- Anwendungsgrenzen: CFAST beinhaltet kein Modell zum Brandausbreitung. Eine Interaktion zwischen Temperatur und Gift wurde noch nicht implementiert.

Dokumentation

- Bedienungsanleitung:
Anleitung für FAST: Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport NIST-SP-921; 200 p. März 2000.
Peacock, R. D.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Bukowski, R. W.; Forney, G. P.
Verfügbar unter: www.fire.nist.gov
Anleitung für CFAST Version 1.6.
NISTIR-4985; 106 p. Dezember 1992.
Portier, R. W.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Peacock, R. D.
Verfügbar unter: www.fire.nist.gov
- Technische Anleitung:
Technische Anleitung für CFAST: an engineering tool for estimating fire and smoke transport. NIST TN 1431; 190 p. März 2000.
Jones, W. W.; Forney, G. P.; Peacock, R. D.; Reneke, P. A.
Verfügbar unter: www.fire.nist.gov
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele:
“A review of four compartment fires with four compartment fire models”, Deal, S. Fire safety Developments and Testing, Sitzungsbericht des Meetings der Fire Retardant Chemicals Association. 21.- 24. Oktober, 1990, Ponte Verde Beach, Florida, 33-51.
“Verification of a model of fire and smoke transport”, Peacock, R. D.; Jones, W. W.; Bukowsky, R. W. Fire Safety Journal., 21 89-129 (1993).
“The accuracy of computer fire models: some comparisons with experimental data from Australia”, Duong, D. Q. Fire Safety Journal 1990, 16(6), 415-431.
“Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling”, Davis, W. D.; Notarianni, K. A.; McGrattan, K. B. NIST, NISTIR 5927 (1996).

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: MS-DOS
- Ein- und Ausgabe: Enthält einen Textgenerator
- Grafik: Enthält einen Grafikgenerator

5.2.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Mittel

5.3 OZONE

5.3.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer 40)

- Name: OZONE
- Version: V2.2.2
- Jahr: 2002
- Anwendungsfeld: Zonenmodell
- Land: Belgien
- Autor/en: J. F. Cadorin and J. M. Franssen from ULG and L. G. Cajot; M. Haller and J. B. Schleich from Arcelor
- Organisation/en: Universität Lüttich, Inst. de Mécanique el Génie Civil, 1, Chemin des Chevreuils, 4000 Lüttich 1, Belgien und Arcelor LCS research centre
- Systemvoraussetzungen: auf Windows basierender PC.

- Computersprache: FORTRAN – Visual Basic
- Größe: 5 MB
- Verfügbar unter: www.ulg.ac.be, www.sections.arcelor.com
- Kontaktinformationen: www.ulg.ac.be oder E-Mail an Jean Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be) oder J. F. Cadorin (jf.cadorin@ulg.ac.be)

Beschreibung

Das Programm Ozone V2 wurde entwickelt, um Ingenieuren bei der Bemessung von Tragwerkselementen in einem Vollbrand zu unterstützen. Das Modell basiert auf neuesten Erkenntnissen bei Vollbränden einerseits und die Wirkung eines lokalen Brandes auf einem Bauteil andererseits. Es beinhaltet ein einfaches Vollbrandmodell, das ein Zwei-Zonenmodell mit einem Ein-Zonenmodell kombiniert. Zusätzlich berücksichtigt Ozone den Effekt eines lokalen Brandes mit Hilfe des Hasemi Modells, es ist also für Brände vor und nach dem Flash Over geeignet. Es berechnet die Temperatur von Stahlbauteilen im Brandabschnitt und weist diese nach EN1993-1-2 nach. Das Programm wurde im Zuge der zwei europäischen Forschungsvorhaben „Competitive Steel Building through Natural Fire Safety Concept“ und „Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly Design Tool“ entwickelt. Verschiedene Neuerungen wurden in Ozone implementiert: Die Wände werden mit finiten Elementen modelliert (ist impliziert), und zwei unterschiedliche Abbrandmodelle wurden entwickelt, um die verschiedenen Modelle im Eurocode nutzen zu können.

5.3.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: Numerische Zwei-Zonenmodelle basierend auf elf physikalischen Variablen, die an sechs Randbedingungen und vier Differentialgleichungen (Energie- und Massenbilanz in jeder Zone) geknüpft sind. Die Massenbilanz beschreibt die Veränderung der Masse des Gases in jeder Zone. Sie ist gleich der Masse des Verbrennungsgases des Feuers plus der Masse, die durch die Belüftung des Brandraumes eindringt, minus der Masse, die durch die Belüftung entweicht. Die Energiebilanzgleichung beschreibt ein Gleichgewicht der Energie, die durch dem Brand entsteht, minus umgewandelte Energie in Wärme, plus / minus Luftaustausch durch Öffnungen, minus Strahlung durch die Umfassungsbauteile. Im Falle eines Ein-Zonenmodell reduziert sich das Problem auf sechs Freiheitsgrade (vier Randbedingungen, zwei Differentialgleichungen).
- Annahmen: Die Haupthypothese von Zonenmodellen ist, dass ein Brandabschnitt in Zonen mit jeweils homogener Temperatur aufgeteilt ist. Bei Ein-Zonenmodellen ist die Temperatur im gesamten Abschnitt gleich. Das Ein-Zonenmodell ist bei Vollbränden gültig, während das Zwei-Zonenmodell für lokale Brände zulässig ist. Bei letzterem existieren eine Heißgasschicht an der Decke und eine Kaltgasschicht in der Nähe des Bodens.
- Anwendungsgrenzen: Ein Modell für die Pyrolyse ist nicht vorhanden, aber Ozone enthält zwei Verbrennungsmodelle (externes und erweitertes Brandmodell), die die Entwicklung der Energiefreisetzungsrates (RHR wird vom Nutzer angegeben) als Funktion der Sauerstoffmassenbilanz beeinflusst. Die Raumgeometrie ist beschränkt auf vier Wände und drei Öffnungen.

Dokumentation

- Bedienungsanleitung:
“The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On Experimental Fire Tests”
Rapport interne SPEC/2001_01 Universität Lüttich, Belgien, Juni 2001.
J. F. Cadorin; J. M. Franssen; D. Pintea.
Verfügbar unter: www.ulg.ac.be
- Technische Anleitung:
Ist in der Bedienungsanleitung enthalten.
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele:
“Competitive steel buildings through natural fire safety concepts”
Teil 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report
CEC Vereinbarung 7210-SA/125/126/213/214/323/423/522/623/839/937.

ProfilA RBED, März 1999.

Verfügbar unter: ecsc-steel@cec.eu.int

“Natural Fire Safety Concepts- Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly design tool”

Teil 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report

CEC Vereinbarung 7210-PA/PB/PC/PE/PF/PR-060.

Entwurf des Abschlußberichts, Dezember 2000.

Verfügbar unter: ecsc-steel@cec.eu.int

“On the application field of Ozone V2”

Interner Bericht N°M&S/2002-003 Universität Lüttich, Belgien, 2002.

J. F. Cadorin

“Compartment fire models for structural engineering”

Dissertation von J. F. Cadorin Universität Lüttich.

J. F. Cadorin

Verfübar bei: www.ulg.ac.be

Für weitere Informationen wenden sie sich an die Kontakte.

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Visual Basic
- Ein- und Ausgabe: Enthält einen Textgenerator
- Grafik: Enthält einen Grafikgenerator

5.3.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Mittel

5.4 FDS - Fire Dynamics Simulator & Smokeview:

5.4.1 Allgemeine Informationen (FDS - ID Nummer: 55 – ID Nummer: 66):

- Name: FDS – Fire Dynamics Simulator / Smokeview
- Version: FDS Version 3 / Smokeview Version 3.1
- Jahr: 2002
- Anwendungsfeld: Feldmodell (CFD)
- Land: USA
- Autor/en: FDS - Kevin McGrattan, Glenn Forney. / Smokeview – Glenn Forney
- Organisation/en: NIST – National Institute of Standards and Technology
- Systemvoraussetzungen: UNIX oder PC PentiumII 450 oder besser.
- Computersprache: FORTRAN 90
- Größe: 5.48 MB + 24 MB für Beispiele und Dokumentation
- Verfübar bei: www.fire.nist.gov
- Kontaktinformationen: www.fire.nist.gov oder E-Mail an Kevin McGrattan kevin.mcgrattan@nist.com

Beschreibung

Fire Dynamics Simulator (FDS) ist ein Computational Fluid Dynamics (CFD) Modell mit brandinduzierten Flüssigkeitsströmungen. Das Programm löst numerisch eine Form der Navier-Stokes-Gleichung für langsame thermisch induzierte Geschwindigkeiten mit Schwerpunkt auf Rauchausbreitung und Wärmetransport von Bränden. Das Ziel des Programms ist, praktikable Lösungen im Brandschutzingenieurwesen zu liefern und gleichzeitig eine Software zum Studium dynamischer Brände und Verbrennungen zu liefern.

Smokeview ist ein Visualisierungsprogramm, das die Ergebnisse von FDS darstellen kann. Es visualisiert folgende Ergebnisse eines FDS-Modells: Teilchenfluss, 2D oder 3D Darstellungen der Gasströmungen, Temperaturen und Strömungsvektoren (Richtung und Größe).

5.4.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- **Berechnungsverfahren:** Das Modell verwendet eine angenäherte Form der Navier-Stokes-Gleichung für geringe Geschwindigkeiten. Durch die Näherung werden akustische Wellen herausgefiltert und große Variationen der Temperatur und der Dichte erlaubt. Dies gibt der Gleichung einen elliptischen Charakter in Übereinstimmung mit der langsamen thermischen Konvektion. Die Berechnung kann entweder als Direct Numerical Simulation (DNS) behandelt werden, in dem die Terme der Dissipation direkt berechnet werden, oder als Large Eddy Simulation (LES). Dort werden die großen Wirbel direkt berechnet und der Dissipationsprozess untergeordnet. Die Wahl zwischen DNS und LES hängt von dem Ziel der Berechnung und der Auflösung des Rasters ab. Bei einer Berechnung mit DNS kann die Diffusion des Brennstoffs und Sauerstoffs direkt modelliert werden. Bei dem LES ist das Raster nicht fein genug, um die Diffusion des Brennstoffs und Sauerstoffs direkt angeben zu können, Deshalb wird ein „mixture friction-based combustion“-Modell verwendet.
- **Annahmen:** Die Gleichungen für die niedrigen Geschwindigkeiten werden numerisch gelöst, indem der physikalische Raum, in dem der Brand simuliert wird, in eine Vielzahl von rechteckigen Zellen unterteilt wird. Innerhalb einer jeden Zelle wird angenommen, dass die Gasgeschwindigkeit, Temperatur usw. homogen sind und sich nur in Abhängigkeit der Zeit ändern. Die Genauigkeit mit der der dynamische Brand simuliert werden kann hängt von der Anzahl der implementierten Zellen ab.
- **Anwendungsgrenzen:** Die Zellen müssen rechteckig sein und in einem rechteckigen Raster angeordnet werden. Andere Formen können nicht implementiert werden. FDS hat keinen pre-processor, also muss die Eingabedatei von Hand als Textdokument erstellt werden (nicht benutzerfreundlich).

Dokumentation

- **Bedienungsanleitung:**
“Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User’s Guide”
NISTIR 6784 2002.
McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K.
Verfügbar unter: www.fire.nist.gov
“User’s Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualising Fire Dynamics Simulation Data”
NISTIR 6980 2003.
Forney G. P. und McGrattan K. B.
Verfügbar unter: www.fire.nist.gov
- **Technische Anleitung:**
“Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical reference Guide”
NISTIR 6783 2002.
McGrattan K. B., Baum H. R., Rehm R. G., Hamins A., Forney G P., Floyd J. E., Hostikka S. und Prasad K.
Verfügbar unter: www.fire.nist.gov
- **Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele:**
Verfügbar unter www.fire.nist.gov

Benutzerfreundlichkeit

- **Bedienoberfläche:** FDS MS-DOS / Smokeview – Windows Open GL view
- **Ein- und Ausgabe:** Smokeview-Programm
- **Grafik:** Smokeview-Programm

5.4.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- FDS: nicht Benutzerfreundlich
Smokeview: Benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Hoch

5.5 AFCB (Composite Beam Fire Design)

5.5.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer 73)

- Name: AFCB (Composite Beam Fire Design)
- Version: 3.07
- Jahr: 2003
- Anwendungsfeld: Tragfähigkeitsmodell im Brandfall
- Land: Luxemburg
- Autor/en: Henri Colbach
- Organisation/en: Arcelor LCS research centre
- Systemvoraussetzungen: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Größe: 3 MB
- Verfügbar unter: Die Software kann kostenlos bei www.sections.arcelor.com heruntergeladen werden.
- Kontaktinformationen:
 - Arcelor LCS research centre
 - 66, rue de Luxembourg
 - L-4221 Esch-sur-Alzette
 - Phone (+352) 5313-3007
 - Fax (+352) 5313-3095
 - E-mail: europrofil.dsm@profilarbed.lu
 - Internet: www.sections.arcelor.com

Beschreibung

Das Programm AFCB berechnet die Biegemomenten Tragfähigkeit von Verbundträgern bei Raumtemperatur nach EN 1994-1-1 und für die Feuerwiderstandsklassen R 30, R 60, R 90, R 120 und R 180 nach EN 1994-1-2.

Das Programm ist wie folgt strukturiert:

- **EINGABEDATEN:**
 - **Projekt:** Allgemeine Informationen über das Projekt.
 - **Stahlquerschnitt:** es gibt drei verschiedenen Möglichkeiten einen Querschnitt zu definieren:
 - a) Eingabe der vollständigen Profilbezeichnung in Großbuchstaben (z.B. HE 300 A).
 - b) Eingabe der Bezeichnung der Baureihe (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB oder UC), dann das Profil aus einer Liste auswählen.
 - c) Wahl des Profils direkt aus der Liste.
 - **Decke:** Obwohl das Programm keine Berechnungen an der Decke durchführt, werden Informationen über sie benötigt um das Mitwirken der Platte im Brandfall zu bestimmen.
 - **Bewehrung:** Die Bewehrungen in der Decke und im Kammerbeton sind zu definieren.
 - **Materialien:** Die mechanischen Eigenschaften für die Materialien sind zu definieren: die Streckgrenze für das Stahlprofil, die Druckfestigkeit für den Beton und die Streckgrenze der Bewehrung.
 - **Sicherheitsbeiwerte der Materialien:** Für jedes Material können zwei verschiedene Sicherheitsbeiwerte gewählt werden, für den Gebrauchszustand und im Brandfall.
 - **System:** Es kann zwischen drei verschiedenen Berechnungsarten gewählt werden:
 - a) Berechnung der Tragfähigkeit eines Querschnitts: Berechnung der plastischen Tragfähigkeit eines gegebenen Querschnitts.

- b) Dimensionierung unter gegebener Last: Der Nutzer gibt die Belastung vor. Der Träger wird zunächst im Kaltfall überprüft und wenn der Nachweis nicht erfüllt ist, muss der Nutzer den Querschnitt ändern. Ist der Nachweis erfüllt, wird eine Berechnung im Heißfall durchgeführt. Schlägt der Nachweis fehl, wird das Programm die Bewehrung überarbeiten bis der Nachweis stimmt. Die Bewehrungskombinationen sind in der Datei „rebars.reb“ angegeben. Diese Datei kann modifiziert werden
- c) Dimensionierung unter gegebenen minimalen Tragfähigkeiten: ähnlich wie b). Der größte Unterschied liegt darin, dass eine minimal geforderte Tragfähigkeit statt einer Last eingegeben wird. Diese Art der Berechnung ist geeignet für Vergleichsrechnungen (z.B. zur Handrechnung oder Berechnungen mit einem anderen Programm).
- ERGEBNIS: Sowohl für den Kalt- als auch für den Heißfall werden folgende Ergebnisse ausgegeben:
 - maximales positives Biegemoment, M+
 - maximales negatives Biegemoment, M-
 - maximale Querkraft
 - Für die Berechnungsarten b) und c) liefert das Programm den Ausnutzungsgrad und die erforderlich Brandschutzbewehrung.
 - Details: Die komplette Berechnung im Gebrauchszustand und für die gewählte Feuerwiderstandsklasse werden in diese Datei geschrieben. Zusätzlich enthält es die reduzierten Werte der positiven und negativen Momente.
 - Grafik: In Abhängigkeit der Berechnungsmethode können folgende Grafiken abgebildet werden: Querschnitt, Momentenkurve, Grafik für die Berechnung der Tragfähigkeit des Querschnitts.

5.5.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: Berechnung erfolgt nach EN 1994 Teile 1.1 und 1.2.
- Annahmen:
 - Es können Einfeld- oder Durchlaufträger berechnet werden.
 - Anhang H des ENV 1994-1-1 bleibt unberücksichtigt.
 - Die gezeigten Verstärkungen der Bewehrung im Querschnitt bilden nur die eingegebenen Bewehrungsdefinitionen ab. Diese können von den in der Berechnung benutzten abweichen und sind in „Details“ zu überprüfen.
- Anwendungsgrenzen:
 - Der Nachweis der Querkräfte ist nicht implementiert und muss separat geführt werden.
 - Es sind nur offene Querschnitte in dem Programm verfügbar.

Dokumentation

- Bedienungsanleitung: Die Anleitung ist in der Hilfe des Programms enthalten.
- Technische Anleitung: EN 1994 Teile 1.1 und 1.2.
- Verfügbar unter: Die Software kann bei www.sections.arcelor.com kostenlos herunter geladen werden.
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: Da die Berechnungen auf den EC-4-Normen basieren, braucht diese keine weitere Validierung.

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows
- Ein- und Ausgabe: Es können die Ergebnisse in vollständiger oder gekürzter Form ausgedruckt werden. In vollständiger Form werden alle Ausgabedaten (Ergebnisse der maximalen positiven und negativen Momente, der maximalen Querkraft und der positiven und negativen Grenztragfähigkeit im Kalt- und Heißfall) ausgegeben.
- Grafik: Das Programm zeigt eine Querschnittsskizze sowie die Verteilung der positiven und negativen Biegemomenten- und Tragfähigkeit im Kalt- und Heißfall.

5.5.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Mittel

5.6 AFCC (Composite Column Fire Design)

5.6.1 Software identification (ID Number 74)

- Name: AFCC (Composite Column Fire Design)
- Version: 3.05
- Jahr: 2003
- Anwendungsfeld: Tragfähigkeitsmodell im Brandfall
- Land: Luxemburg
- Autor/en: Henri Colbach
- Organisation/en: Arcelor LCS research centre
- Systemvoraussetzungen: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Größe: 2,5 MB
- Verfügbar unter: Die Software kann kostenlos bei www.sections.arcelor.com heruntergeladen werden.
- Kontaktinformationen:
 - Arcelor LCS research centre
 - 66, rue de Luxembourg
 - L-4221 Esch-sur-Alzette
 - Phone (+352) 5313-3007
 - Fax (+352) 5313-3095
 - E-mail: europrofil.dsm@profilarbed.lu
 - Internet: www.sections.arcelor.com

Beschreibung

Das Programm AFCC berechnet die Tragfähigkeit von Verbundstützen mit Durchmessern von 30 cm bis 120 cm bei Raumtemperatur nach EN 1994 Teil 1.1 und für die Feuerwiderstandsklassen R 30, R 60, R 90 und R 120 nach EN 1994 Teil 1.2.

Das Programm ist wie folgt strukturiert:

- **EINGABEDATEN:**
 - Projekt: Allgemeine Informationen über das Projekt.
 - Stahlquerschnitt: es gibt drei verschiedenen Möglichkeiten einen Querschnitt zu definieren:
 - a) Eingabe der vollständigen Profilbezeichnung in Großbuchstaben (z.B. HE 300 A).
 - b) Eingabe der Bezeichnung der Baureihe (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB oder UC), dann das Profil aus einer Liste auswählen.
 - c) Wahl des Profils direkt aus der Liste.
 - Bewehrung: Die Größe und Lage der Bewehrung sind zu definieren.
 - Material: Die mechanischen Eigenschaften für die Materialien sind zu definieren: die Streckgrenze für das Stahlprofil, die Druckfestigkeit für den Beton und die Streckgrenze der Bewehrung.
 - Sicherheitsbeiwerte der Materialien: Für jedes Material können zwei verschiedene Sicherheitsbeiwerte gewählt werden: Für den Gebrauchszustand und für den Brandfall.
 - Knicklängen: die Knicklängen für die starke und schwache Achse sind für den Gebrauchszustand und für den Brandfall festzulegen.
 - Exzentrizitäten: vorhandene Exzentrizitäten sind ebenfalls für beide Achsen anzugeben (beide in mm).

- **ERGEBNISSE:** Das Programm berechnet die folgenden Lasten im Zustand der Gebrauchstauglichkeit bei Raumtemperatur und für die Feuerwiderstandsklassen R 30, R 60, R 90 und R120:
 - zentrische Grenznormalkraft für Knicken um die schwache Achse des Profils (erste Stütze)
 - zentrische Grenznormalkraft für Knicken um die starke Achse des Profils (zweite Stütze)
 - exzentrische Grenznormalkraft für Knicken um die schwache Achse (dritte Stütze)
 - exzentrische Grenznormalkraft für Knicken um die starke Achse (vierte Stütze)
 - exzentrische Grenznormalkraft für Knicken um beide Achsen (fünfte Stütze)
 - Details: Alle Berechnungsdetails (Knicklänge, plastische Grenzlast, Euler-Knicklast, relative Schlankheit, Abminderungsfaktor für Biegeknicken) im Gebrauchszustand und den Feuerwiderstandsklassen R 30, R 60, R 90 und R120 werden in diese Datei geschrieben. Das Eigengewicht pro Meter, sowie einige Details über die Materialien werden dort ebenfalls angegeben.
 - Grafik: Dieser Teil des Programms gibt eine Übersicht des eingegebenen Querschnitts aus (Geometrie des Stahlprofils, Lage der Bewehrung...)

5.6.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: Berechnung erfolgt nach EN 1994 Teile 1.1 und 1.2.
- Annahmen:
 - Das Programm berechnet Stützen mit kleinen konstanten Lastexzentrizitäten.
 - Es werden nur doppelsymmetrische kammerbetonierte Stützen mit einheitlichem Querschnitt über die gesamte Höhe behandelt.
 - Anhang H des EN 1994-1-1 bleibt unberücksichtigt.
 - Der Bewehrungsgrad sollte folgende Grenzwerte einhalten: ENV 1994-1-1, 4.8.3.1(3e) und 4.8.2.5(3) und ENV 1994-1-2, 4.3.6.2(2).
- Anwendungsgrenzen:
 - Es sind nur offene Querschnitte in dem Programm verfügbar.

Dokumentation

- Bedienungsanleitung: Die Anleitung ist in der Hilfe des Programms enthalten.
- Technische Anleitung: EN 1994 Teile 1.1 und 1.2.
- Verfügbar unter: Die Software kann bei www.sections.arcelor.com kostenlos herunter geladen werden.
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: Da die Berechnungen auf den EC-4-Normen basieren, braucht dieses Programm keine weitere Validierung.

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows
- Ein- und Ausgabe: Es können die Ergebnisse in vollständiger oder gekürzter Form ausgedruckt werden. In vollständiger Form werden alle Ausgabedaten (Gebrauchstauglichkeitsnachweis um starke und schwache Achse, Tragfähigkeitsnachweis bei Feuerwiderstandsklassen R 30, R 60, R 90 und R 120 um starke und schwache Achse, sowie Eigengewicht des Stahlprofils, Betons, Bewehrung und Gesamtgewicht) ausgegeben.
- Grafik: Das Programm zeigt eine Skizze des Querschnitts.

5.6.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Mittel

5.7 Elefir

5.7.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer 77):

- Name: Elefir
- Version: 2.1
- Jahr: 1998
- Anwendungsfeld: Tragfähigkeitsmodell im Brandfall
- Land: Belgien
- Autor/en: Dan Pintea, Laurent Miévis, Gilles Gustin, Jean-Marc Franssen
- Organisation/en: Universität Lüttich
- Systemvoraussetzungen: Windows 95 oder höher.
- Größe: 8 MB
- Verfügbar unter: Homepage Universität Lüttich (<http://www.ulg.ac.be/matstruc/Download.html>)
- Kontaktinformationen: Jean-Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be)

Beschreibung

ELEFIR ist ein Programm, das die Feuerwiderstandsklasse von einfachen I-förmigen Stahlprofilen mit Belastung über die starke Achse berechnet.

- Es sind allgemein erhältliche Querschnitte verfügbar: HD, HE, HL, HP, IPE, UB, UC, W, L.
- Der Querschnitt kann an drei oder vier Seiten beflammt sein.
- Der Querschnitt kann ohne, mit profilfolgender oder mit kastenförmiger Brandschutzbekleidung ausgeführt sein.
- Verschiedene Brandschutzmaterialien und deren Eigenschaften sind vorhanden (Stein-/Glaswolle, Gips, ...) und es besteht die Möglichkeit neue Materialien zu implementieren.
- Verschiedene Brandkurven sind vorhanden (Einheits-Temperaturzeitkurve, Außenbrandkurve, Hydrokarbon-Brandkurve, ...) und es besteht die Möglichkeit andere Brandkurven zu implementieren.

Folgende Berechnungen können durchgeführt werden:

- Berechnung der Zeit, bei der die kritische Temperatur im Querschnitt erreicht wird.
- Berechnung der Temperatur bei der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer.
- Berechnung der kritischen Temperatur und der kritischen Zeit bei Bauteilen unter Druck-, Zug- und Biegebeanspruchung.

5.7.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren:
 - Die Berechnungen basieren auf den ENV 1993-1-2.
 - Das belgische Nationale Anwendungsdokument (NBN ENV 1993-1-2) kann ebenfalls verwendet werden.
- Annahmen:
 - Es wird eine konstante Temperatur über den gesamten Querschnitt angenommen
- Anwendungsgrenzen:
 - Es sind nur offene Querschnitte verfügbar.
 - Die Beflammung ist nur von drei oder vier Seiten möglich.
 - Das Verfahren ist nur für doppelsymmetrische Querschnitte gültig.
 - Wenn der Querschnitt während der Erwärmung zur Querschnittsklasse 4 wechselt, bricht die Berechnung ab, da die letzten Änderungen des EN 1993-1-2 noch nicht berücksichtigt sind (Übernahme der Querschnittsklasse aus der Kaltbemessung).

Dokumentation

- Bedienungsanleitung: nicht vorhanden aber auch nicht nötig, da einfach zu erlernen
- Technische Anleitung: ENV 1993 1-2 (Eurocode 3)
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: nicht vorhanden

Benutzerfreundlichkeit

- Programmoberfläche: Windows
- Ein- und Ausgabe: Textdatei mit Graphen wird erstellt.
- Grafik: Das Programm stellt die Temperaturzeitkurven dar.

5.7.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- Dokumentation: ENV 1993-1-2 (EC3)
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Mittel

5.8 H-Fire

5.8.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer: 78)

- Name: H-Fire
- Version: 04.1
- Jahr: 2004
- Anwendungsfeld: Tragfähigkeitsmodell im Brandfall
- Land: Deutschland
- Autor/en: P.Schaumann, S.Hothan
- Organisation/en: Universität Hannover, Institut für Stahlbau
- Sprache: Deutsch, Englisch
- Systemvoraussetzungen: Pentium PC, Microsoft Windows, Microsoft Office
- Größe: 12.6 MB
- Kosten: kostenlos
- Verfügbar unter: Universität Hannover, Institut für Stahlbau
- Kontaktinformationen: www.stahlbau.uni-hannover.de

Beschreibung

Berechnung der Tragfähigkeit von Verbundbauteilen im Brandfall nach den vereinfachten Berechnungsverfahren der ENV 1994-1-2

5.8.2 BEWERTUNGSASPEKTE:

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: Die Berechnungen erfolgen nach den vereinfachten Berechnungsverfahren des ENV 1994-1-2 (Eurocode 4), mit Ausnahme des vereinfachten Berechnungsverfahrens der Verbunddecke. Dies basiert auf der EN 1994-1-2
- Annahmen: siehe vereinfachte Berechnungsverfahren
- Anwendungsgrenzen: siehe vereinfachte Berechnungsverfahren

Dokumentation

- Bedienungsanleitung: Kurzbeschreibung bei www.stahlbau.uni-hannover.de verfügbar

- Technische Anleitung: Die Berechnungen erfolgen nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren des ENV 1994-1-2 (Eurocode 4), mit Ausnahme des vereinfachten Berechnungsverfahrens der Verbunddecke. Dies basiert auf den EN 1994-1-2
- Verfügbar unter: Version ist Verfügbar unter www.stahlbau.uni-hannover.de
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: nicht vorhanden

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows; Microsoft Excel und Microsoft Access
- Ein- und Ausgabe: Das Programm gibt die meisten Eingabeparameter und alle Ausgabeparameter aus.
- Grafik: Wo es erforderlich ist, gibt das Programm Diagramme aus.

5.8.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Mittel

5.9 Potfire (ID Nummer 81):

5.9.1 Allgemeine Informationen

- Name: Potfire
- Version: 1.11
- Jahr: 2001
- Anwendungsfeld: Tragfähigkeitsmodell im Brandfall
- Land: Frankreich
- Autor/en: Geneviève Fouquet, George Tabet, Bin Zhao, Julien Kruppa
- Organisation/en: CTICM, TNO, CIDECT
- Systemvoraussetzungen: Pentium 200 Mhz, W95, CD-Rom, und 24 MB RAM
- Größe: 15 MB
- Verfügbar unter: www.cidect.org
- Kontaktinformationen: www.cidect.org

Beschreibung

POTFIRE ist ein Bemessungsprogramm, das auf dem EN 1994-1-2 Anhang G basiert.

Dieses Programm kann die Feuerwiderstandsdauer eines ungeschützten betongefüllten Hohlprofils mit gegebener Belastung ermitteln, oder unter gegebener Feuerwiderstandsdauer die Tragfähigkeit ermitteln. Dabei ist als Brandkurve die Einheits-Temperaturzeitkurve vorgegeben.

5.9.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: Es werden alle allgemeingültigen Gleichungen zur Beschreibung des thermischen, mechanischen und strukturellen Verhaltens im Modell verwendet. Für genauere Informationen siehe Anhang 2 des „POTFIRE User's Manual“, welches in der Software enthalten ist.
- Annahmen: Es muss darauf geachtet werden, dass an den Enden der Stütze durch sorgfältige Konstruktion der Details die Lasten eingeleitet werden können und im Brandfall immer noch brauchbar sind.

- Anwendungsgrenzen: Der ENV 1994 Teil 1.2 Anhang G darf unter Einhaltung bestimmter maximaler geometrischen Parameter (Durchmesser und Länge) angewendet werden.

Dokumentation

- Bedienungsanleitung: ist in der Software enthalten
- Technische Anleitung: Vorschläge für eine sinnvolle Bemessung sind im ENV 1994-1-2 und in der CIDECT Bemessungshilfe 4 "Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire" vorhanden.
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: nicht vorhanden

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows
- Ein- und Ausgabe: Die Software gibt alle Eingabe- und Ausgabedaten aus.
- Grafik: nicht vorhanden

5.9.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Niedrig

5.10 ABAQUS

5.10.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer: 86)

- Name: Abaqus
- Version: 6.4
- Jahr: 2003
- Anwendungsfeld: allgemeines Tragfähigkeitsmodell im Brandfall
- Land: USA
- Autor/en: David Hibbit, Bengt Karlsson, Paul Sorensen
- Organisation/en: Abaqus Inc.
- Sprache: Englisch
- Systemvoraussetzungen: Für Windowsrechner:
 - Windows 2000 Professional (SP3 wird benötigt)
 - Pentium III (oder besser) Prozessor mit 2 GHz oder höher empfohlen
 - Compaq Visual Fortran 6.0 (Update A)
 - Microsoft Visual C/C++ 6.0 (12.00.8804)
 - Internet Explorer 5.5 oder Netscape 6 (benötigt für Online-Dokumentation)
- Größe: -
- Kosten: Informationen bei den Abaqus-Händlern
- Verfügbar unter: www.abaqus.com
 - Abaqus Inc
 - 1080 Main Street
 - Pawtucket, RI 02860-4847
 - Tel: +1 401 727 4200
 - Fax: +1 401 727 4208
- Kontaktinformationen: www.abaqus.com

Beschreibung

Abaqus ist ein Programmpaket zur Finiten Elemente Analyse. Mit diesem Programm sind Analysen und digitale Versuche von Tragwerken und Bauteilen möglich.

5.10.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethoden

- ABAQUS/Standard: Mit diesem Programm können Analysen effizient und stabil durchgeführt werden, von linearen bis hin zu mehrfach nichtlinearen Analysen. Es kann zusätzlich zur Spannungs-Dehnungsanalyse noch physikalische Phänomene wie Wärmeleitung, Massendiffusion und Akustik berücksichtigen.
- ABAQUS/Explicit: Dieses Programm kann dynamische und quasi-statische Probleme effizient, stabil und exakt analysieren (insbesondere solche wie Anprall oder andere diskontinuierlichen Ereignisse). Es kann zusätzlich zur Spannungs-Dehnungsanalyse noch vollständig gekoppelte transiente dynamische Verschiebungen durch Temperatureinfluss, akustische und gekoppelte akustisch-strukturelle Phänomene analysieren.
- ABAQUS/CAE: Programm zur Modellierung des zu untersuchenden Systems mit nach Funktionalität sortierten hilfreichen Modulen und Tools.

Dokumentation

- Bedienungsanleitung:
 - Training:
 - Getting started with Abaqus
 - Getting started with Abaqus/Standard: Keywords version
 - Getting started with Abaqus/Explicit: Keywords version
 - Lecture notes
 - Analyse:
 - Abaqus analysis user's manual
 - Modellierung und Visualisierung:
 - Abaqus/CAE user's manual
 - Beispiele:
 - Abaqus example problems manual
 - Abaqus benchmarks manual
 - Referenzen:
 - Abaqus theory manual

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows
- Ein- und Ausgabe: Eingabe wird in einer "Input" Datei (*.inp) und die Ergebnisse werden in einer Ausgabedatei (*.odb) abgespeichert.
- Grafik: 2D/3D-Darstellung des Modells und der Ergebnisse.

5.10.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- nicht benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Hoch

5.11 *BoFire*

5.11.1 *Allgemeine Information (ID Number: 89)*

- Name: BoFire
- Version: 7
- Jahr: 2004
- Anwendungsfeld: allgemeines Tragfähigkeitsmodell im Brandfall
- Land: Deutschland
- Autor/en: Peter Schaumann, Jens Upmeyer, Florian Kettner
- Organisation/en: Universität Hannover, Institut für Stahlbau
- Sprache: Deutsch
- Systemvoraussetzungen: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM
- Größe: 200 kB
- Die Software ist im Moment nicht erhältlich.

Beschreibung

BoFire ist ein transientes, nichtlineares, inkrementelles Programm basierend auf der Finite Elemente Methode. Die thermischen und mechanischen Materialeigenschaften wurden der ENV 1994-1-2 entnommen. Stahl-, Beton- und Verbundtragwerke können untersucht werden.

5.11.2 *BEWERTUNGSASPEKTE*

Berechnungsmethoden

- Berechnungsverfahren: transientes, nichtlineares, inkrementelles Programm basierend auf der Finite Elemente Methode
- Annahmen:
 - Das Programm behandelt Träger Stützen oder ebene Rahmen mit beliebigen Querschnitten.
 - Die thermischen und mechanischen Materialeigenschaften wurden der ENV 1994-1-2 (1994) entnommen.
- Anwendungsgrenzen:
 - keine dreidimensionale Tragwerke
 - keine zweiachsig gespannte Platten
 - Keine Schubverformung des Querschnitts (Bernoulli-Hypothese)

Dokumentation

Es gibt derzeit keine Dokumentation des Programms.

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows
- Ein- und Ausgabe: Diese wird in einer Textdatei (*.txt) abgespeichert. Eine auf Windows basierende Eingabeoberfläche kann zur Erstellung der Input-Datei genutzt werden.
- Grafik: Das Programm beinhaltet die Bibliothek DISLIN. Diese kann farbige Darstellungen der Temperaturverteilung oder dreidimensionale Grafiken der Spannungen oder Dehnungen erzeugen.

5.11.3 *Zusammenfassung*

- verlässliche Berechnungsmethode
- Dokumentation im Moment nicht erhältlich
- benutzerfreundlich

- benötigtes Vorwissen: Mittel

5.12 Evacnet4:

5.12.1 Allgemeine Informationen (ID Number 120)

- Name: Evacnet4
- Version: 1.4
- Jahr: 1998
- Anwendungsfeld: Evakuierungsmodell
- Land: USA
- Autor/en: T.M. Kisko, R.L. Francis, C.R. Nobel
- Organisation/en: Universität Florida
- Systemvoraussetzungen: Windows 95 oder höher
- Größe: Kleiner als 1 MB
- Verfügbar unter: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>
- Kontaktinformationen: Thomas Kisko, 352-392-1293, kisko@ise.ufl.edu

Beschreibung

EVACNET4 ist ein interaktives Programm, das Gebäudeevakuierungen simuliert. Das Programm benötigt die Netzdarstellung eines Gebäudes und Informationen über die Ausgangssituation vor der Evakuierung. Mit diesen Informationen simuliert das Programm eine optimale Evakuierung des Gebäudes. Sie ist in dem Sinne optimiert, als dass die Evakuierung der Menschen so schnell wie möglich verläuft.

5.12.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: EVACNET benutzt ein Netzmodell, das eine optimale Evakuierung eines Gebäudes in kürzester Zeit simuliert. Dies wird durch einen „capacitated network flow transshipment“-Algorithmus ermöglicht. Dies ist ein spezieller Algorithmus der lineare Probleme mit Netzstrukturen löst.
- Annahmen: Die Programmierung eines EVACNET-Modells erfordert spezielle Annahmen. Diese können die Ergebnisse verfälschen. Je besser diese Annahmen bekannt sind, desto größer ist die Chance, dass das Programm gute Ergebnisse liefert. Die wichtigsten Annahmen sind:
 - EVACNET beinhaltet ein lineares Modellierungssystem. Die „Dynamic arc capacities“ und die „arc traversal times“ bleiben über die Zeit konstant.
 - EVACNET lässt das menschliche Verhalten unberücksichtigt. Das einzige implementierte „Verhalten“ ist das Bestreben innerhalb kürzester Zeit den Ausgang zu erreichen.
 - EVACNET basiert auf eine globale und nicht auf einer individuellen Sichtweise. Das bedeutet, dass die einzelne Person „alles sehen“ kann und den optimalen Fluchtweg kennt. In anderen Evakuierungsmodellen versucht jede einzelne Person unabhängig von den anderen den optimalen Fluchtweg zu finden. EVACNET kann dazu verwendet werden die Gebäudenutzer zu schulen oder optimale Evakuierungspläne zu erzeugen.
- Anwendungsgrenzen:

Dokumentation

- Bedienungsanleitung: Ja (Verfügbar unter: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Technische Anleitung: Ja (Verfügbar unter: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: Siehe <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: MS-DOS

- Ein- und Ausgabe: das Programm liefert Informationen über Engpässe in Fluchtwegen und die Anzahl der Menschen im Gebäude wenn die kritische Zeit erreicht wird.
- Grafik: das Programm beinhaltet keine grafischen Darstellungen

5.12.3 Zusammenfassung

- weniger zuverlässige Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- nicht benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Niedrig

5.13 Detact-QS:

5.13.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer 133)

- Name: Detact-QS
- Version: 1.3
- Jahr: -
- Anwendungsfeld: Branderkennung
- Land: USA
- Autor/en: D.D. Evans
- Organisation/en: NIST (National Institute of Standards and Technology)
- Systemvoraussetzungen: PC 286
- Größe: 64K freier Speicher
- Verfügbar unter: kostenfrei bei www.fire.nist.gov
- Kontaktinformationen: www.fire.nist.gov

Beschreibung

DETECT-QS ist ein Programm zur Ermittlung der Aktivierungszeit von thermischen Detektoren, die unter einer „unendlichen“ Decke platziert sind. Es kann benutzt werden, um die Aktivierungszeit von Brandmelde- oder Sprinkleranlagen während eines Brandes vorherzusagen. Die erforderlichen Eingabeparameter sind die Distanz zwischen Decke und Feuer, der Abstand zwischen thermischem Detektor und Flammenachse, die Aktivierungstemperatur und der Ansprechzeitindex („response time index“ RTI) des Gerätes so wie die Energiefreisetzungsrate des Brandes. Als Ergebnis liefert das Programm die Gastemperatur an der Decke, die Temperatur am thermischen Detektor (beide als Funktion der Zeit) und die benötigte Zeit zur Aktivierung des Detektors.

5.13.2 BEWERTUNGSASPEKTE

Berechnungsmethoden

- Berechnungsverfahren: DETACT-QS ist ein empirisches Modell, das auf Daten aus Großbrandversuchen aufbaut. Das Modell verwendet ein bestimmtes Integral, welches einen quasi stationären Zustand annimmt. Es löst verschiedene algebraische Gleichungen, um die Vorhersage zu liefern. DETACT-QS basiert auf einem Algorithmus, der die maximale Temperatur und Geschwindigkeit der Strömung unter einer „unendlichen“, glatten, horizontalen Decke errechnet. Zusätzlich wird ein Algorithmus auf der Grundlage von konzentrierter Masse und konvektiver Wärmeübertragung verwendet, um die Zeit bis zur Aktivierung des Detektors vorauszusagen. Die benutzten Korrelationen in DETACT-QS wurden von Alpert entwickelt und verwenden einen Ansprechzeitindex von Heskestad.
- Annahmen: Es wird angenommen, dass der thermische Detektor in einem relativ großen Raum angebracht ist. Deswegen wird der Detektor nur von den heißen Gasen des Feuers direkt erhitzt und nicht von den akkumulierten heißen Gasen im Raum beeinflusst.
Eine weitere Annahme ist, dass sich der Detektor an einer unendlichen, hindernisfreien, glatten und horizontalen Decke und an dem Ort der maximalen Temperatur und Geschwindigkeit des Ceiling Jet befindet. Zwischen dem Ceiling Jet und dem Detektor wird nur die konvektive Wärmeübertragung

berücksichtigt. Der Detektor wird als konzentrierte Masse behandelt. Temperaturen und Geschwindigkeiten des Plumes und des Ceiling Jets sind gleichmäßig und werden als Maximalwerte betrachtet. Weiterhin wird angenommen, dass das Brandmaterial und der Plume sich in einer vertikalen Achse befinden. Belüftungs- und Schichtbildungseffekte bleiben unberücksichtigt. Eine „Transportzeit“ des Gases vom Brandmaterial zum Detektor bleibt unberücksichtigt. Für jedes Eingabeintervall der Wärmefreisetzungsrate wird dieser Wert gemittelt und als konstant angenommen.

- Anwendungsgrenzen:
 - DETACT-QS berechnet zu niedrige Temperaturen bei niedrigen Decken und wenn der Detektor nah am Brand ist. Je größer der radiale Abstand zwischen Detektor und Brand ist und / oder die Deckenhöhe ansteigt, desto genauer stimmen die gemessenen Temperaturen mit denen aus Versuchen überein.
 - Bei Detektoren mit großen RTIs stimmen die Vorhersagen mit den Versuchdaten besser überein, als bei Geräten mit kleinen RTIs.
 - Bei kleinen Räumen ist das Programm ungeeignet, da sich dort eine Gasschicht vor der Detektoraktivierung ausbildet.

Dokumentation

- Bedieneranleitung: Nein
- Technische Anleitung: "Evaluation of the computer fire model DETACT-QS" Morgan J. Hurley, Daniel Madrzykowski
- Verfügbar unter: NIST Veröffentlichungen auf der NIST Homepage www.fire.nist.gov
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: Ein Vergleich zwischen experimentellen und berechneten Daten ist in der technischen Anleitung vorhanden.

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: MS-DOS
- Ein- und Ausgabe: Das Programm gibt die Gastemperatur an der Decke und am Detektor als Funktion der Zeit aus. Zusätzlich wird die Aktivierungszeit des Detektors ausgegeben.
- Grafik: Es werden keine Grafiken ausgegeben.

5.13.3 Zusammenfassung

- wenig zuverlässige Berechnungsmethode
- schlechte Dokumentation
- nicht benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Niedrig

5.14 Jet

5.14.1 Allgemeine Informationen (ID Nummer 137)

- Name: Jet
- Version: 1.0
- Jahr: 1999
- Anwendungsfeld: Branderkennung
- Land: USA
- Autor/en: William D. Davis
- Organisation/en: NIST (National Institute of Standards and Technology)
- Systemvoraussetzungen: W95/98/2000. Pentium 166 MHz oder höher, 32 MB RAM
- Größe: 4 MB
- Verfügbar unter: Computerprogramm kostenlos verfügbar unter NIST (<http://fire.nist.gov>). Die Softwaredokumentation kann unter Fire Modelling Software Online gefunden werden.
- Kontaktinformationen:
 - William D. Davis

National Institute of Standards and Technology
100 Bureau Dr. Stop 8642
Gaithersburg, Md., 20899-8642
301-975-6884
william.davis@nist.gov

Beschreibung

JET ist ein Zwei-Zonenmodell, das die Energie- und Massenbilanzgleichung zur Ermittlung der Temperatur der oberen Schicht und deren Höhe verwendet. Konvektive Verluste an die Decke durch den Ceiling Jet und die Strahlungsverluste des Feuers werden benutzt um die Deckentemperatur als Funktion des Abstandes zur Plumeachse zu berechnen. Zusammenhänge, die auf die Deckentemperatur und der oberen Schichthöhe reagieren, ergeben die Temperatur an der Decke der Plumeachse und die maximale Temperatur im Ceiling Jet als Funktion des Radius.

Die Geometrie des Brandabschnitts kann unter Verwendung von Rauchschürzten und Wänden modelliert werden. Ein Brandabschnitt bestehend aus einem Raum mit einer Tür kann mit einer einfachen Rauchschürzte mit einer Länge gleich der Türbreite modelliert werden. Das Gas der oberen Schicht kann unter den Rauchschürzten durch den Ceiling Jet oder mit erzwungener Entlüftung entweichen. Durch eine erzwungene Entlüftung kann das Gas aus dem Brandabschnitt aus- oder einströmen.

Um die Öffnungen in der Decke zu steuern, können schmelzbare Elemente modelliert werden. Die Berechnung der Erwärmung dieser Elemente berücksichtigt die konvektive Erwärmung durch den Ceiling Jet und die Kühlung durch Kontakt des Elementes an benachbarte Bauteile, indem die Wärme an die angrenzenden Bauteile abfließt.

Mögliche Anwendungsgebiete für JET sind:

- a) Bestimmung des Aktivierungszeitpunktes der schmelzbaren Öffnungen und Sprinkleranlagen in Brandabschnitten, die durch Wände und / oder Rauchschürzten begrenzt und durch benutzerdefinierte Brände erhitzt werden. Es können auch Brandabschnitte mit einer oder mehreren offenen Seiten modelliert werden.
- b) Bestimmung der Auswirkung von Rauchschürzten, erzwungener Entlüftung und Dachöffnungen auf die Höhe der Rauchsicht und die Aktivierung der schmelzbaren Öffnungen.
- c) Bestimmung der Deckentemperatur als Funktion der Höhe und Temperatur der oberen Schicht und des radialen Abstandes zur Plumeachse mit oder ohne Dachöffnungen und erzwungener Entlüftung.
- d) Bestimmung der Temperatur und Geschwindigkeit der Deckenströmung als Funktion der Höhe der oberen Schicht und des radialen Abstandes zur Achse der Plume mit oder ohne Dachöffnungen und erzwungener Entlüftung.

5.14.2 *BEWERTUNGSASPEKTE*

Berechnungsmethode

- Berechnungsverfahren: Das Berechnungsverfahren ist im Benutzerhandbuch beschrieben.
- Annahmen:
 - Der Grundriss des Brandabschnitts ist rechteckig.
 - Beide Zonen haben eine homogene Dichte und Temperatur. Die obere Schicht reagiert auf den Brand, die untere bleibt bei Raumtemperatur und -druck. Eine vom Feuer angetriebene Deckenströmung fließt entlang der flachen Decke.
 - Der Brand wird über die zeitabhängige Energiefreisetzungsrates RHR charakterisiert. Der Durchmesser des Feuers bleibt entweder konstant oder (bei einem sich ausbreitenden Feuer) die RHR wird pro Flächeneinheit des Feuers angegeben.
 - Die Flamme berührt nie die Decke und das Feuer ist immer in der Mitte des Brandabschnitts angeordnet.

- Anwendungsgrenzen:
 - Der Einfluss der Dachöffnungen auf die lokale Temperatur und Geschwindigkeit der Deckenströmung wird vernachlässigt.
 - Basierend auf einem Vergleich mit Versuchen, liefern die Vorhersagen von JET laut Bedienungsanleitung eine gute Übereinstimmung mit den Versuchen bei Deckenhöhen bis zu 22 m. Ab dieser Höhe fehlen experimentelle Vergleichsdaten.

Dokumentation

- Bedienungsanleitung: “The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer” National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).
- Technische Anleitung: “The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer” National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).
- Verfügbar unter: Programm kann kostenlos NIST bei <http://fire.nist.gov> herunter geladen werden. Die Software und Dokumentation kann unter Fire Modelling Software Online gefunden werden.
- Veröffentlichungen und Berechnungsbeispiele: Vergleich zwischen experimentellen und berechneten Daten sind in der technischen Anleitung vorhanden.

Benutzerfreundlichkeit

- Bedieneroberfläche: Windows
- Ein- und Ausgabe: Die gesamte Ausgabe wird in eine Textdatei geschrieben.
- Grafik: Für die Ausgabedatei werden keine Darstellungen oder Grafiken erzeugt.

5.14.3 Zusammenfassung

- verlässliche Berechnungsmethode
- sehr detaillierte Dokumentation
- benutzerfreundlich
- benötigtes Vorwissen: Mittel

REFERENZEN:

- [1] Olenick S. M. And Carpenter D. J., May 2003, "An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke", Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [2] Friedman R., 1992, "An International Survey of Computer Models for Fire and Smoke", Journal of Fire Engineering Vol. 4
- [3] Janssens M. L., 2002, "Evaluating Computer Fire Models", Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [4] ASTM E 1355; ASTM E 1472; ASTM E 1591; ASTM E 1895
- [5] EC3 – Eurocode 3 Teil 1.2 (ENV 1993-1-2).
- [6] EC4 – Eurocode 4 Teil 1.1 (ENV 1994-1-1) und Teil 1.2 (ENV 1994-1-2).
- [7] Twilt L., Hass R., Klingsch W., Edwards M. and Dutta D., 1996, "Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire", CIDECT Bemessungshilfen 4
- [8] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W., Bukowski R. W. And Forney G. P., 2000, "User's Guide for Fast: Engineering Tools for Stimating Fire Growth and Smoke Transport", NIST -SP-921
- [9] Portier R. W., Reneke P. A., Jones W. W and Peacock R. D, 1992, "User's Guide for Cfast Version 1.6", NISTIR-4985
- [10] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W. and Forney G. P, 2000, "Tecnical References for Cfast: An Engineering Tool for Stimating Fire Growth and Smoke Transport", NIST -TON-1431
- [11] Peacock R. D., Jones W. W. and Bukowski R. W., 1993, "Verification of a model of fire and smoke transport", Fire Safety Journal Vol. 21"
- [12] Deal S., 1990, "A review of four compartment fires with four compartment fire models", Fire Safety Developments and Safety, Bericht vom jährlichen Meeting der Fire Retardant Chemicals Association
- [13] Duong D. Q., 1990, "The accuracy of Computer Fire models: some comparison with experimental data from Australia", Fire safety Journal Vol. 16
- [14] Davis W. D., Notarianni K. A., and McGrattan K.B., 1996, "Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling", NISTIR-5927
- [15] Cadorin J. F., Franssen J. M., and Pintea D., 2001, "The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On experimental Fire tests", interner Report SPEC/2001_01 Universität Lüttich
- [16] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Aurtenetxe G., Unanua J., Pustorino S., Heise F. J., Salomon R., Twilt L. and Van Oerle J., 2002, "Competitive steel buildings through natural fire safety concepts" Abschlussbericht EUR 20360 EN
- [17] Cadorin J. F., 2002, "On the application field of Ozone V2", interner Bericht N° M&S/2002-003 Universität Lüttich
- [18] Cadorin J. F., 2003, "Compartment fire models for structural engineering", Dissertation von J. F. Cadorin, Universit ät Lüttich
- [19] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Moore D., Lennon T., Kruppa J., Hüller V., Hosser D., Dobbernack R., Kirchner U., Eger U., Twilt L., Van Oerle J., Kokkala M. And Hostikka S., 2002, "Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Tests, Implementation in the Eurocodes and Development of an user friendly design tool" Abschlussbericht EUR 20580 EN
- [20] McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User's Guide", NISTIR-6784
- [21] Forney G. P. and McGrattan K. B., 2003, "User's Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data", NISTIR-6980
- [22] McGrattan K. B., Baum H. R., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical Reference Guide", NISTIR-6783
- [23] Hurley M. J. and Madrzykowski D., 2002, "Evaluation of the computer fire model DETECT -QS", Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, 4. internationale Konferenz. Tagungsband
- [24] Davis W. D., 1999, "The Zone Fire model JET: A Model for the prediction of detector activation and gas temperature in presence of a smoke layer", NISTIR-6324

INTERNET LINKS:

www.arcelor.com
www.branz.co.nz/main.php?page=Fire%20Software
www.bre.co.uk/frs/software.jsp
www.cidect.org
www.cticm.com
www.doctorfire.com
www.europofil.lu
www.fire.nist.gov
www.fire.org
www.firemodelsurvey.com
www.fpe.umd.edu/department/modeling/index.html
www.framemethod.be/modeling.html
www.fseg.gre.ac.uk
www.irc.nrc-cnrc.gc.ca
www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet
www.labein.es
www.nfpa.org
www.rautarukii.com
www.tno.nl
www.ulg.ac.be
www.uni-hannover.de