

DIN 18009-2

ICS 13.220.01

Einsprüche bis 2021-09-21

Entwurf**Brandschutzingenieurwesen –
Teil 2: Räumungssimulation und Personensicherheit**

Fire safety engineering –
Part 2: Simulation of evacuation and personal safety

Ingénierie de la sécurité incendie –
Partie 2: Simulation d'évacuation et sécurité des personnes

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-05-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 60 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	10
5 Grundzüge der Nachweisführung	11
5.1 Ingenieurtechnische Verfahren	11
5.1.1 Argumentative ingenieurgemäße Nachweisführung	11
5.1.2 Leistungsbezogene Nachweisführung	12
5.2 Abgleich der Räumungszeiten	13
5.2.1 Verfügbare Räumungszeit	13
5.2.2 Erforderliche Räumungszeit	14
5.2.3 Räumungszeitdifferenz	15
5.3 Beurteilung der Staubildung	15
6 Räumungsszenarien zum Nachweis der Personensicherheit	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Charakteristische Eigenschaften von Räumungsszenarien	16
6.2.1 Gebäude	16
6.2.2 Nutzung und Nutzer	16
6.2.3 Räumungsanlass	17
6.2.4 Brandschutz- und Sicherheitsmaßnahmen	17
6.3 Festlegung der charakteristischen Eigenschaften und Definition von Szenarien	17
6.4 Auswahl von maßgeblichen Szenarien	18
6.5 Bestimmung von Bemessungsszenarien	18
6.6 Sicherheitskonzept	19
6.6.1 Allgemeines	19
6.6.2 Anwendung des Sicherheitskonzepts für die erforderliche Räumungszeit	20
7 Anforderungen und Leistungskriterien	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Kriterien für die Festlegung der verfügbaren Räumungszeit	21
7.2.1 Ortsbezogene Betrachtung	21
7.2.2 Dosisbezogene Betrachtung	22
7.3 Staumerkmale und Staukenngößen	23
8 Modelle	24
8.1 Allgemeines	24
8.2 Makroskopische Rechenmodelle	24
8.2.1 Kapazitätsanalyse	25
8.2.2 Dynamische Strömungsmodelle	25
8.3 Mikroskopische Rechenmodelle	25
8.3.1 Raumdiskrete Modelle	26
8.3.2 Raumkontinuierliche Modelle	26
8.4 Experimentelle Modelle (Versuche)	26
8.5 Modellauswahl und Abstraktion der Szenarien	26
8.6 Verifikation und Validierung	27
9 Dokumentation und Schlussfolgerungen	28
9.1 Allgemeines	28
9.2 Dokumentation der Annahmen	28
9.3 Dokumentation der Modellauswahl	28
9.4 Dokumentation der Ergebnisse	28
9.5 Interpretationen und Schlussfolgerungen	29

Anhang A (informativ) Angaben zur Ermittlung von Detektions- und Alarmierungszeiten	30
A.1 Allgemeines	30
A.2 Detektionszeit	30
A.2.1 Nichtautomatische Branddetektion	30
A.2.2 Automatische Branddetektion	30
A.3 Alarmierungszeit	31
A.3.1 Nichtautomatische Alarmierung	31
A.3.2 Automatische Alarmierung	31
Anhang B (normativ) Ermittlung der Reaktionszeit	32
B.1 Allgemeines	32
B.2 Verfahren zur Ermittlung der Reaktionszeit nach Purser	32
Anhang C (normativ) Fundamentaldiagramme sowie Rechenwerte für makroskopische Modelle	35
C.1 Allgemeines	35
C.2 Fundamentaldiagramme	35
C.3 Predtetschenski und Milinski	35
C.4 Rechenwerte	37
C.4.1 Kapazitätsanalyse	37
C.4.2 Vereinfachtes dynamisches Rechenmodell	37
Anhang D (informativ) Weitere Fundamentaldiagramme und Rechenwerte für makroskopische Modelle	41
D.1 Fundamentaldiagramme	41
D.1.1 Fundamentaldiagramm nach Weidmann	41
D.1.2 Fundamentaldiagramm nach Nelson und Mowrer	41
D.2 Rechenwerte	42
D.2.1 Rechenwerte für Fundamentaldiagramm nach Weidmann	42
D.2.2 Rechenwerte für Fundamentaldiagramm nach Nelson und Mowrer	43
Anhang E (informativ) Weitere Grunddaten	45
E.1 Allgemeines	45
E.2 Leistungskriterien für Stau	45
E.3 Personendichten der Anfangsverteilung	45
E.4 Personenflüsse durch Engstellen	46
Anhang F (normativ) Makroskopische Modelle zur Berechnung der erforderlichen Räumungszeit	48
F.1 Allgemeines	48
F.2 Kapazitätsanalyse	48
F.3 Vereinfachtes dynamisches Rechenmodell	49
Anhang G (informativ) Mikroskopische Modelle	52
G.1 Allgemeines	52
G.2 Geschlechts- und Altersverteilung	52
G.3 Reaktionszeit	52
G.4 Geschwindigkeiten	53
G.4.1 Ebene	53
G.4.2 Treppen	54
Anhang H (informativ) Dokumentation	56
H.1 Allgemeines	56
H.2 Mustergliederung	56
H.3 Diagramme und Darstellungsformen	57
Literaturhinweise	58

Bilder

Bild 1 — Prozess der leistungsbezogenen Nachweisführung zur Personensicherheit	13
Bild 2 — Zeitschema zum Abgleich der Räumungszeiten	14
Bild 3 — Systematik Rechenmodelle und Experimentelle Modelle	24
Bild E.1 — Experimentell bestimmte Personenflüsse für Engstellenbreiten von 40 cm bis 500 cm	47
Bild F.1 — Notwendige Größen für die Kapazitätsanalyse	48

Bild G.1 — Altersverteilung der RiMEA-Standardpopulation, die zu jeweils 50 % aus Männern und Frauen besteht	52
Bild G.2 — Geschwindigkeiten in der Ebene nach Weidmann [34]	54

Tabellen

Tabelle 1 — Beurteilungsgrößen und Anhaltswerte für quantitative Schutzziele	21
Tabelle 2 — Aussagefähigkeit und Abbildungseigenschaften von Modellen	27
Tabelle B.1 — Kategorien zur Festlegung von Reaktionszeiten	32
Tabelle B.2 — Reaktionszeiten nach Purser	33
Tabelle C.1 — Flächenbedarf von Personen nach Predtetschenski und Milinski [24]	36
Tabelle C.2 — Verhältnisse für die Berechnung von Gefahrbedingungen und komfortablen Bedingungen	37
Tabelle C.3 — Eingabewerte für Kapazitätsanalysen	37
Tabelle C.4 — Abhängigkeit der Bewegungsparameter v_i und $F_{s,i}$ von der Dichte D_i des Personenstromes nach Predtetschenski und Milinski bei Gefahrbedingungen für Erwachsene in Übergangsstraßenbekleidung ($f = 0,113 \text{ m}^2/\text{P}$)	38
Tabelle C.5 — Abhängigkeit der Bewegungsparameter v_i und $F_{s,i}$ von der Dichte D_i des Personenstromes nach Predtetschenski und Milinski bei Gefahrbedingungen für Erwachsene in Winterstraßenbekleidung ($f = 0,125 \text{ m}^2/\text{P}$)	39
Tabelle C.6 — Abhängigkeit der Bewegungsparameter v_i und $F_{s,i}$ von der Dichte D_i des Personenstromes nach Predtetschenski und Milinski bei Gefahrbedingungen für Erwachsene in Übergangsstraßenbekleidung mit leichtem Gepäck ($f = 0,180 \text{ m}^2/\text{P}$)	39
Tabelle D.1 — Werte für die Berechnung der Geschwindigkeit $v(D)$ nach Gleichung (D.1)	41
Tabelle D.2 — Werte für die Berechnung von Geschwindigkeit $v(D)$ nach Gleichung (D.2)	42
Tabelle D.3 — Werte für die Bewegungsparameter v_i und $F_{s,i}$ in der Abhängigkeit der Dichte D_i des Personenstromes nach Weidmann [34]	43
Tabelle D.4 — Werte für die Bewegungsparameter v_i und $F_{s,i}$ in Abhängigkeit der Dichte D_i des Personenstromes nach Nelson und Mowrer [11]	43
Tabelle E.1 — Personenbelegung für verschiedene Nutzungen	45
Tabelle G.1 — Geschwindigkeiten in der Ebene	53
Tabelle G.2 — Mittlere Geschwindigkeiten auf Treppen nach Fruin [6]	55

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-52-21 AA „Brandschutzingenieurverfahren (SpA zu ISO/TC 92/SC 4 und CEN/TC 127/WG 8)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

DIN 18009 unter dem Haupttitel „Brandschutzingenieurwesen“ besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Grundsätze und Regeln für die Anwendung;
- Teil 2: Räumungssimulation und Personensicherheit.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Einleitung

Der vorbeugende Brandschutz bezieht sich auf öffentlich-rechtliche und private Schutzziele. Von herausragender Bedeutung ist hierbei der Personenschutz. Der Einsatz von Personenstrommodellen bei der Nachweisführung hinsichtlich der Personensicherheit bei der Räumung baulicher Anlagen kann insbesondere herangezogen werden, wenn:

- präskriptive Nachweise nicht angewandt werden können,
- Abweichungen oder Erleichterungen begründet werden müssen,
- Anlagen optimiert werden müssen.

Aus dem Schutzziel der Ermöglichung der Personenrettung werden Anforderungen abgeleitet, deren Erfüllung nachgewiesen werden muss. Dieser Nachweis der Personensicherheit erfolgt durch:

- die Festlegung von Szenarien,
- die Auswahl eines geeigneten Modells und
- die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

Diese Methodik kann, wenn erforderlich, als iterativer Prozess verstanden werden.

Kommt es bei Schadensereignissen in großen Menschenmengen zu Toten und Verletzten, wird oft das Konzept der Panik genutzt, um das Geschehene zu erklären. Auch in Richtlinien, Handlungsanweisungen und wissenschaftlichen Artikeln findet der Begriff Verwendung. Allerdings fehlen bis heute sowohl eine wissenschaftlich tragfähige Definition des Begriffes wie auch eine Überprüfung der Anwendbarkeit des Konzeptes zur Beschreibung von Schadensereignissen.

Zielführende Konzepte beruhen auf der Vorstellung, dass ein Stau in ein Gedränge übergehen kann, wenn eine Motivation durch einen Anreiz gegeben ist. Sind viele Menschen beteiligt, ist ein Gedränge möglich, das Gefahren für Leben und Gesundheit bergen kann. Die Alltagserfahrung zeigt, dass ein vermeintlich geringer Anreiz wie ein guter Platz vor der Bühne oder ein Schnäppchen im Schlussverkauf ein Gedränge auslösen kann. Bei einer Räumung im Gefahrenfall kann der Anreiz das Überleben sein.

Die Verfahren, die in dieser Norm beschrieben werden, gehen davon aus, dass es nicht möglich ist, alle Risiken und Gefahren zu eliminieren. Ebenso ist es unmöglich den Einfluss von Belohnungen (starke Anreize, hohe Motivationen) auszuschalten. Ziel dieses Norm-Entwurfs ist es unter anderem mit brandschutztechnischen Methoden die Risiken von Gedränge zu minimieren. Hierfür werden Verfahren und Größen eingeführt, die es ermöglichen Größe und Lebensdauer von Stauungen zu untersuchen und zu bewerten.

Zielführende Planungen beugen einem Gedränge vor. Die Bezeichnung eines Gedränges als Panik hilft nicht bei der Bewertung.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für die Berechnung der Räumung von baulichen Anlagen im Gefahrenfall und der Beurteilung der Sicherheit von Personen. Dabei werden im Wesentlichen gerichtete Bewegungen von vielen Personen betrachtet.

Mit den Regelungen dieses Dokuments werden Verfahren zur Ermittlung von Räumungszeiten und Bewertungen der Stauungen festgelegt. Beurteilt werden Aufenthaltsbereiche, Verkehrswege und Rettungswege innerhalb und außerhalb baulicher Anlagen. Im Grundsatz erfolgt eine szenarienbasierte Nachweisführung; Szenarien im Sinne dieses Dokuments sind Räumungsszenarien. Dieses Dokument kann auch zur Behandlung von Fragestellungen der Personensicherheit angewendet werden, die sich nicht auf bauliche Anlagen beziehen.

ANMERKUNG Die Hauptanwendung ist die Räumung im Brandfall. Es kann auch eine Räumung ohne Berücksichtigung der Brandwirkung betrachtet werden.

Die Anforderungen zur Fremdrettung und Brandbekämpfung durch Einsatzkräfte (z. B. Eindringtiefe) sind nicht Gegenstand dieses Norm-Entwurfs.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 18009-1:2016-09, *Brandschutzingenieurwesen — Teil 1: Grundsätze und Regeln für die Anwendung*

DIN EN 54-7, *Brandmeldeanlagen — Teil 7: Rauchmelder — Punktförmige Rauchmelder nach dem Streulicht-, Durchlicht- oder Ionisationsprinzip*

DIN EN ISO 13943:2018-01, *Brandschutz — Vokabular (ISO 13943:2017)*

DIN VDE 0833 (alle Teile), *Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall*

ISO 13571:2012, *Life-threatening components of fire — Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires*

ISO 16730-1:2015, *Fire safety engineering — Procedures and requirements for verification and validation of calculation methods — Part 1: General*

ISO/TR 16730-5:2013, *Fire safety engineering — Assessment, verification and validation of calculation methods — Part 5: Example of an Egress model*

ISO 16733-1:2015, *Fire safety engineering — Selection of design fire scenarios and design fires — Part 1: Selection of design fire scenarios*

ISO/TR 16738:2009, *Fire-safety engineering — Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people*

ISO 20414:2020, *Fire safety engineering — Verification and validation protocol for building fire evacuation models*

ISO 24678-1, *Fire safety engineering — Requirements governing algebraic formulae — Part 1: General requirements*

ISO/TS 29761:2015, *Fire safety engineering — Selection of design occupant behavioural scenarios*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>

— DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

Alarmierungszeit

Zeitdifferenz von der Detektion bis zur Alarmierung der betroffenen Personen

3.2

Bemessungsszenario

dasjenige maßgebliche Szenario, welches für ein Leistungskriterium bestimmend wird

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.5, modifiziert — Definition dem Anwendungsfall angepasst]

3.3

Beurteilungswert

Wert, den die Beurteilungsgröße im Rahmen der Nachweisführung nicht über-/unterschreiten darf

3.4

Beurteilungsgröße

physikalische Größe, die durch das Nachweisverfahren ermittelt werden kann

3.5

Bewegungszeit

Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der Fluchtbewegung (Reaktion) und dem Erreichen eines sicheren Bereiches

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bewegungszeit kann als Größe auf eine Person oder Personengruppe bezogen sein.

3.6

Detektionszeit

Zeitdifferenz von Eintritt des gefährlichen Ereignisses (z. B. Entzündung eines Brandes) bis zu dessen Entdeckung bzw. Detektion

3.7

erforderliche Räumungszeit

RSET, en: Required Safe Egress Time

Zeitdifferenz von Eintritt des gefährlichen Ereignisses (z. B. Entzündung eines Brandes) bis zum Erreichen des sicheren Bereiches aller betroffenen Personen

3.8

Flucht

Selbstrettung

Verlassen eines potentiell oder real gefährdeten Bereiches aus eigener Kraft

[QUELLE: DIN EN ISO 13943:2018-01, 3.99, modifiziert — Definition dem Anwendungsfall angepasst]

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Sinne dieser Norm kann „Flucht“ auch für andere Ursachen als für Brandereignisse angewendet werden. Ferner schließt der Begriff Flucht auch die „unterstützte Flucht“ ein, wenn ein Familien- oder Betriebsangehöriger Personen bei der Flucht (Selbstrettung) hilft.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Flucht endet, sobald der gefährdete Bereich verlassen ist. Der Begriff der Flucht bezieht sich auf Personen und nicht auf Räume/Bereiche von baulichen Anlagen.

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.17]

3.9

Fluchtweg

alle Teile eines Weges, die zum Erreichen eines sicheren Bereiches benutzt werden

3.10

Fluchtzeit

Zeitdifferenz zwischen der Alarmierung und dem Erreichen eines sicheren Bereiches

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fluchtzeit kann als Größe auf eine Person oder Personengruppe bezogen sein.

3.11

Leistungskriterium

quantitative Spezifizierung einer funktionalen Anforderung durch eine Beurteilungsgröße und einen zugehörigen Beurteilungswert (Leistungskriterium = Beurteilungsgröße + Beurteilungswert)

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.20, modifiziert — Definition dem Anwendungsfall angepasst]

3.12

maßgebliches Szenario

Szenario für die Festlegung von Bemessungsszenarien mit hinreichend großem Risiko (aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und den erwarteten Folgen während eines Beurteilungszeitraumes)

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.21]

3.13

Personendichte

Anzahl der Personen bezogen auf eine Fläche

3.14

Personeneigenschaften

Größen, die zur Beschreibung der Personen in einem Modell erforderlich sind

3.15

Personenfluss

Quotient aus der Personenzahl und der Fläche, die eine Messteile passiert. Der spezifische Personenfluss gibt den Personenfluss pro Einheitsbreite an

3.16

Personenverhalten

Beschreibung der Aktivität und Wegewahl von Personen durch Zuweisung charakteristischer Personeneigenschaften

3.17

Räumung

Leerung einer baulichen Anlage oder eines Teils einer baulichen Anlage aufgrund einer Gefahr.

3.18

Räumungsszenarien

Abfolge von Ereignissen zur Beschreibung eines Räumungsverlaufes. Aus den Räumungsszenarien lassen sich Anfangs- und Randbedingungen zur Berechnung von Räumungszeiten und Stauungen festlegen

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.26, modifiziert — Definition dem Anwendungsfall angepasst]

3.19

Räumungszeitdifferenz

Differenz zwischen der verfügbaren Räumungszeit und der erforderlichen Räumungszeit

3.20

Reaktionszeit

Zeitdifferenz von der Alarmierung bis zum Einsetzen der Fluchtbewegung (Reaktion)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Reaktionszeit kann als Größe auf eine Person oder Personengruppe bezogen sein

3.21

Rettung

In-Sicherheit-Bringen von Personen aus einem Gefahrenbereich

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.23]

3.22

Rettungsweg

Teil einer baulichen Anlage, der bestimmungsgemäß geschützt zu sicheren Bereichen aus derselben führt
[DIN 18009-1:2016-09, 3.24, modifiziert — Definition dem Anwendungsfall angepasst]

3.23

Sicherer Bereich

Bereich, meist außerhalb einer baulichen Anlage, in dem Personen nicht gefährdet sind

3.24

Stau

entsteht, wenn der eingehende Personenfluss für ein Wegelement größer ist als der ausgehende Personenfluss und die Geschwindigkeit unter einen Beurteilungswert sinkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Stau ist von einem Gedränge zu unterscheiden. In dieser Norm wird der Stau als verkehrstechnisches Phänomen unabhängig von sozial-psychologischen Faktoren (wie Motivation, Stress oder Angst, etc.) betrachtet. Es wird beispielsweise nicht behandelt, wann aus einem Stau ein Gedränge entsteht.

3.25

verfügbare Räumungszeit

ASET, en: Available Safe Egress Time

Zeitdifferenz von Eintritt des gefährlichen Ereignisses (z. B. Entzündung eines Brandes) bis zum Überschreiten eines Beurteilungswertes für den Brandfall

3.26

Zufluchtsort

Bereich, meist innerhalb einer baulichen Anlage, in dem Personen vorübergehend nicht gefährdet sind

[QUELLE: DIN EN ISO 13943:2018-01, 3.333, modifiziert — Definition dem Anwendungsfall angepasst]

4 Symbole und Abkürzungen

T	Verzögerung	s
A	Fläche	m ²
b	Breite eines Wegabschnitts	m
D	Personendichte	P/m ²
D_{PM}	Personendichte nach [24]	m ² /m ²

D_{Stau}	Mittlere Personendichte der in einem Stauereignis befindlichen Personen	P/m ²
f	Projektionsfläche einer Person	m ² /P
$\bar{f}$	Mittlere Projektionsfläche aller Personen	m ²
F	Personenfluss	P/s
F_{max}	Maximaler Personenfluss auf einem Wegabschnitt (Kapazität)	P/s
F_s	Spezifischer Personenfluss	P/ms
$F_{s, \text{max}}$	Maximaler spezifischer Personenfluss auf einem Wegabschnitt (Kapazität)	P/ms
k	Geschwindigkeitsfaktor	m/s
l	Länge eines Wegabschnitts	m
N	Personenzahl	P
N_{Stau}	Staugröße, Maximale Zahl der gleichzeitig am Stauereignis beteiligten Personen	P
Δt_{Alarm}	Alarmierungszeit	s
$\Delta t_{\text{Detektion}}$	Detektionszeit	s
$\Delta t_{\text{erforderlich}}$	Erforderliche Räumungszeit	s
Δt_{Flucht}	Fluchtzeit	s
Δt_{Rdiff}	Räumungszeitdifferenz	s
$\Delta t_{\text{Reaktion}}$	Reaktionszeit	s
Δt_{Stau}	Stauzeit	s
$\Delta t_{\text{verfügbar}}$	Verfügbare Räumungszeit	s
$\Delta t_{\text{Wartezeit, max}}$	Maximale Wartezeit	s
v	Geschwindigkeit	m/s

5 Grundzüge der Nachweisführung

5.1 Ingenieurtechnische Verfahren

Ausgehend von der qualitativen Entwurfsanalyse entsprechend DIN 18009-1:2016-09, 4.1 erfolgt die Nachweisführung zur Personensicherheit im Sinne dieser Norm mit ingenieurtechnischen Verfahren (argumentativ ingenieurgemäß bzw. leistungsbezogenen) nach DIN 18009-1:2016-09, 4.2. Grundlage ist die Betrachtung von Szenarien entsprechend der in DIN 18009-1 festgelegten Systematik.

ANMERKUNG 1 Die nachfolgend beschriebenen Elemente der argumentativen ingenieurgemäßen Nachweisführung bzw. der leistungsbezogenen Nachweisführung können bei Bedarf kombiniert werden.

ANMERKUNG 2 Der Vergleich einer mit den Anforderungen des Bauordnungsrechts konformen Ausführung und der geplanten Ausführung stellt ebenfalls einen möglichen Nachweisweg dar.

5.1.1 Argumentative ingenieurgemäße Nachweisführung

Ein argumentativ ingenieurgemäßer Nachweis erfolgt gemäß DIN 18009-1 entsprechend folgendem Schema:

- Benennung der betroffenen Regelanforderungen
- Beschreibung der Abweichung
- Identifikation des betroffenen Schutzziels und der funktionalen Anforderung
- Abschätzung der Konsequenz der Abweichung auf die funktionale Anforderung anhand von Szenarien
- Bewertung der Konsequenzen oder Festlegung von Kompensationsmaßnahmen

ANMERKUNG Aus der argumentativen ingenieurgemäßen Nachweisführung kann sich das Erfordernis einer leistungsbezogenen Nachweisführung ergeben.

5.1.2 Leistungsbezogene Nachweisführung

Der Prozess der leistungsbezogenen Nachweisführung zur Personensicherheit ist als Regelkreis zu verstehen und in Bild 1 dargestellt.

Auf Grundlage des Anlasses und der daraus resultierenden Fragestellung wird insbesondere das Schutzziel zur Ermöglichung einer sicheren Selbstrettung betrachtet. Die sich daraus ergebenden funktionalen Anforderungen sind der Abgleich der Räumungszeit (siehe 5.2) und die Beurteilung der Staubbildung (siehe 5.3). Zusätzlich kann die Betrachtung weiterer Schutzziele mit den damit verbundenen funktionalen Anforderungen und zugehörigen Leistungskriterien erfolgen.

Im nächsten Schritt müssen maßgebliche Räumungsszenarien ausgewählt und – je nach Erfordernis – mit Brandszenarien kombiniert werden. Festlegungen zur Ermittlung und Eingrenzung von Räumungsszenarien werden im Abschnitt 6 dieser Norm getroffen. Im Zuge dessen kann bereits eine Vorabstimmung mit prüfenden bzw. genehmigenden Stellen erfolgen.

Die maßgeblichen Räumungsszenarien werden anschließend mit den Modellen entsprechend Abschnitt 8 dieser Norm berechnet. Bei der Modellauswahl müssen die Anwendungsgrenzen der Modelle – auch in Verbindung zu den Fragestellungen der Räumungsszenarien – berücksichtigt werden. Bei der Spezifikation der Modelleingaben müssen Unsicherheiten berücksichtigt werden (z. B. durch die Variation von Eingabegrößen).

Nach erfolgter Berechnung bzw. Abschätzung der maßgeblichen Räumungsszenarien müssen die Ausgabegrößen des verwendeten Modells im Kontext der Fragestellung ausgewertet werden. Hierbei sind den berechneten Leistungskriterien die jeweiligen Beurteilungswerte gegenüberzustellen.

Auf Grundlage der Auswertung können die Bemessungsszenarien ermittelt werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist deren Plausibilität – insbesondere in Bezug auf die getroffenen Annahmen und das Sicherheitskonzept – zu berücksichtigen. Letztlich sind die Schlussfolgerungen in den Kontext des übergeordneten Planungsprozesses zu stellen (siehe Abschnitt 9).

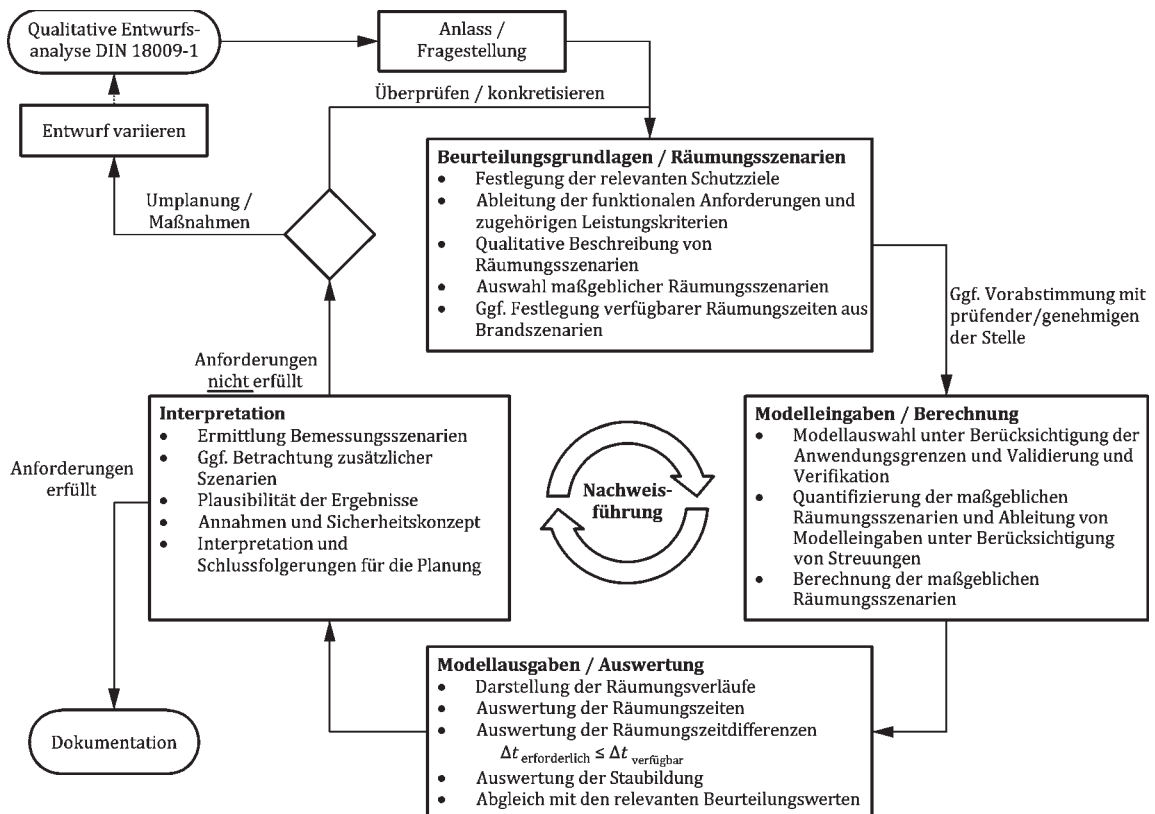


Bild 1 — Prozess der leistungsbezogenen Nachweisführung zur Personensicherheit

5.2 Abgleich der Räumungszeiten

Die Nachweisführung erfolgt durch den Vergleich der verfügbaren Räumungszeit mit der erforderlichen Räumungszeit. Es muss daher in allen maßgeblichen Szenarien oder Bemessungsszenarien (siehe Abschnitt 6) für jeden Teil einer baulichen Anlage nachgewiesen werden, dass die erforderliche Räumungszeit $\Delta t_{\text{erforderlich}}$ kleiner gleich als die verfügbare Räumungszeit $\Delta t_{\text{verfügbar}}$ ist.

$$\Delta t_{\text{erforderlich}} \leq \Delta t_{\text{verfügbar}} \quad (1)$$

Der Abgleich kann auch mit einer nach den Grundsätzen dieser Norm ermittelten erforderlichen Räumungszeit einer vergleichbaren baulichen Anlage mit bekannt ausreichender Personensicherheit erfolgen.

ANMERKUNG Das in Bild 2 dargestellte Zeitschema verdeutlicht die definierten Zeitgrößen allgemein. Es kann sowohl auf die Einzelperson als auch auf Personengruppen oder die Gesamtheit aller berücksichtigten Personen bezogen werden.

5.2.1 Verfügbare Räumungszeit

Die verfügbare Räumungszeit $\Delta t_{\text{verfügbar}}$ ist unter Berücksichtigung der Gefahren des Bemessungs(brand)szenarios bezogen auf den jeweiligen Ort zu ermitteln. Das Überschreiten eines Beurteilungswertes für den Brandfall am betreffenden Ort stellt den letztmöglichen Zeitpunkt zum Verlassen desselben dar.

Im Brandfall ist die verfügbare Räumungszeit unter Anwendung der jeweils relevanten Beurteilungswerte nach Abschnitt 7 zu ermitteln.

ANMERKUNG Neben Brandszenarien kann eine verfügbare Räumungszeit auch aus anderen Bemessungsszenarien abgeleitet werden (z. B. Bombendrohung, Unwetterlage, Gefahrstofffreisetzung).

5.2.2 Erforderliche Räumungszeit

Die erforderliche Räumungszeit einer baulichen Anlage oder eines Teils einer baulichen Anlage ergibt sich grundlegend aus der Addition der Detektionszeit, der Alarmierungszeit und der Fluchtzeit unter Berücksichtigung aller Personen, die sich darin aufhalten:

$$\Delta t_{\text{erforderlich}} = \Delta t_{\text{Detektion}} + \Delta t_{\text{Alarm}} + \Delta t_{\text{Flucht}}(t_{\text{Reaktion},i}, t_{\text{Bewegung},i}) \quad (2)$$

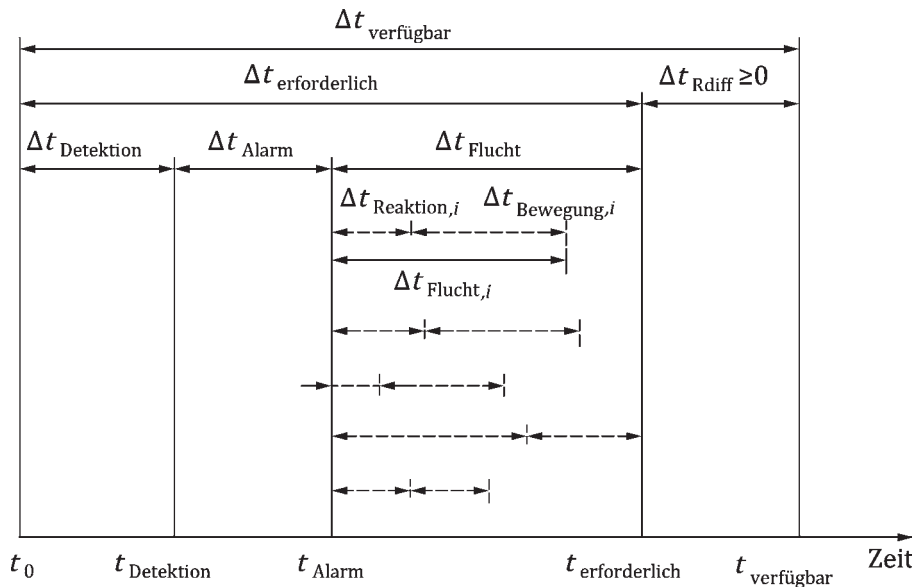


Bild 2 — Zeitschema zum Abgleich der Räumungszeiten

Die Detektionszeit $\Delta t_{\text{Detektion}}$ hängt wesentlich vom maßgebenden Gefahrenereignis und der entsprechenden Infrastruktur zur Erkennung der Gefahr ab. Im Brandfall kann die Detektionszeit abhängig von der brandschutztechnischen Infrastruktur und der Brandentwicklung nach dem in A.2 angegebenen Verfahren ermittelt werden.

Die Alarmierungszeit Δt_{Alarm} hängt von der vorhandenen Anlagentechnik ab und kann nach dem in A.3 angegebenen Verfahren ermittelt werden. Erfolgt in verschiedenen Gebäudeteilen eine versetzte beziehungsweise verzögerte Alarmierung, ist diese bei der Nachweisführung zu berücksichtigen.

Die Fluchtzeit $\Delta t_{\text{Flucht},i}$ ist eine individuelle Größe und setzt sich aus der Reaktionszeit $\Delta t_{\text{Reaktion},i}$ und der Bewegungszeit $\Delta t_{\text{Bewegung},i}$ zusammen.

Die Reaktionszeit $\Delta t_{\text{Reaktion},i}$ berücksichtigt das Erfassen und Interpretieren sowie alle Aktivitäten der Personen vor deren Bewegungsbeginn. Die Ermittlung der Reaktionszeit kann mit den in Anhang B angegebenen Verfahren erfolgen.

Die Bewegungszeit $\Delta t_{\text{Bewegung},i}$ ist die Zeitdifferenz zwischen Reaktion und Erreichen eines sicheren Bereiches. Die Ermittlung der Bewegungszeit kann mit einem der in Abschnitt 8 beschriebenen Modelle erfolgen.

Die Fluchtzeit Δt_{Flucht} für alle Nutzer in einem zu beurteilenden Bereich ergibt sich aus dem Maximum der individuellen Fluchtzeiten $\Delta t_{\text{Flucht},i}$.

ANMERKUNG Eine mögliche Beeinflussung der Fluchtzeit durch Brand- und Rauchausbreitung werden im Rahmen dieser Norm nicht berücksichtigt.

5.2.3 Räumungszeitdifferenz

Die Räumungszeitdifferenz ist ein mögliches Maß zur Beurteilung der Personensicherheit im Gefahrenfall. Es ergibt sich aus der Differenz der verfügbaren Räumungszeit und der erforderlichen Räumungszeit.

$$\Delta t_{\text{Rdiff}} = \Delta t_{\text{verfügbar}} - \Delta t_{\text{erforderlich}} \quad (3)$$

Das Maß der Räumungszeitdifferenz ist im Zusammenhang mit dem Sicherheitskonzept nach 6.6 zu bewerten.

5.3 Beurteilung der Staubildung

Zusätzlich zum Abgleich der Räumungszeiten ist die Staubildung zu untersuchen. Dies muss für alle maßgeblichen Szenarien oder Bemessungsszenarien (siehe Abschnitt 6) und für jeden Teil einer baulichen Anlage erfolgen. Ein Stau entsteht, wenn der eingehende Personenfluss für ein Wegelement größer ist als der ausgehende Personenfluss. Dadurch erhöht sich die Personendichte im Wegelement und die Geschwindigkeit sinkt unter einen Beurteilungswert, welcher von den Personeneigenschaften und dem Wegelement abhängt (siehe 7.3).

Ein Stau lässt sich durch die folgenden Merkmale beschreiben:

- die Staustelle (Staubereich), als örtliche Lage und ggf. Ausdehnung des Stauss
- die Staugröße, als maximale Zahl aller gleichzeitig am Stau beteiligten Personen;
- die Stauzeit, als Zeit vom Auftreten bis zum Ende des Stauss;
- die Wartezeit, als maximale Verweilzeit für eine einzelne Person im Stau;
- die Staudichte, als Personendichte im Stau;

Nach aktuellem Wissensstand ist eine allgemein gültige Festlegung von Grenzzuständen der oben genannten Merkmale nicht ohne weiteres möglich. Die Vorgehensweise und Hinweise zur Beurteilung der Staubildung werden in 7.3 beschrieben.

6 Räumungsszenarien zum Nachweis der Personensicherheit

6.1 Allgemeines

Ein Räumungsszenario zum Nachweis der Personensicherheit beschreibt eine Abfolge von Ereignissen während eines Räumungsverlaufes ausgehend von Nutzungsfällen. Die Festlegungen dieses Abschnitts ergänzen und konkretisieren die Regelungen von ISO/TS 29761:2015.

Dieses Kapitel beschreibt eine Methodik zur Entwicklung und Auswahl von Räumungsszenarien. Zunächst werden in 6.2 deren charakteristische Eigenschaften mit den vier Kategorien

- Gebäude,
- Nutzung und Nutzer,
- Räumungsanlass,
- Brandschutz- und Sicherheitsmaßnahmen

eingeführt. Das Vorgehen zu deren Festlegung erfolgt in 6.3. Die Festlegung der charakteristischen Eigenschaften bildet die Grundlage zur Auswahl der maßgeblichen Szenarien in 6.4. Aus allen maßgeblichen Szenarien werden anschließend in 6.5 die Bemessungsszenarien ausgewählt. Die Berücksichtigung von Unsicherheiten wird in 6.6 behandelt.

6.2 Charakteristische Eigenschaften von Räumungsszenarien

6.2.1 Gebäude

Zur Beschreibung des Gebäudes gehören Angaben zur räumlichen Struktur, insbesondere die Lage und Abmessung von Räumen oder Bereichen für den Personenaufenthalt, der Flucht- und Rettungswege mit den zugehörigen Ausgängen und anderer baulicher Brandschutzmaßnahmen.

ANMERKUNG Angaben zu dieser Kategorie sind im Wesentlichen durch die Gebäudeplanung oder den Bestand vorgegeben. Die festzulegenden Parameter unterliegen meist geringen Streuungen.

Abhängig von der Fragestellung und vom anzuwendenden Rechenmodell nach Abschnitt 8 müssen Flucht- und Rettungswege abstrahiert werden. Wegabschnitte, die Kapazitätsbegrenzungen (Engstelle) darstellen können, sind in hinreichender Genauigkeit abzubilden.

6.2.2 Nutzung und Nutzer

Zur Beschreibung der Nutzung gehören die Nutzungsart des Gebäudes sowie Nutzungsfälle, die Aufschluss über die Anzahl der Nutzer, deren Verteilung in der baulichen Anlage sowie deren Personeneigenschaften geben.

ANMERKUNG 1 Im Sinne dieser Norm wird die Nutzungsart als Eigenschaft des Gebäudes entsprechend der baurechtlichen Einordnung der Nutzung verstanden. Beispielsweise ist eine bauliche Anlage eine Versammlungsstätte, die dann für typische Nutzungsfälle wie Konzerte, Sportveranstaltungen, Trödelbasare etc. betrieben werden soll.

ANMERKUNG 2 Die Angaben zur Nutzung sind häufig mit großen Streuungen behaftet. Oft ist es sinnvoll konkrete Ausprägungen der Nutzung als Nutzungsfälle zu beschreiben.

Als Personeneigenschaften von Nutzern bzw. Nutzergruppen sind mindestens Angaben zur Geschwindigkeit, zum Raumbedarf der Personen, zur Reaktionszeit sowie zur Routenwahl erforderlich.

Bei den Festlegungen zur Routenwahl sind folgende Aspekte zu beachten:

- Die Personen bewegen sich entlang der Flucht- und Rettungswege (entsprechend der Kennzeichnung oder adaptiver Fluchtweglenkungssysteme).
- In der Regel ist davon auszugehen, dass Personen den lokal kürzesten Weg wählen.
- Routenwahlverfahren sollten nicht zur Optimierung der Gesamträumungszeit eingesetzt werden, sondern nur als (individuelle) Reaktion auf lokale Gegebenheiten (z. B. Bereiche erhöhter Personendichte) bei Vorliegen erkennbarer Alternativen.
- Gruppenverhalten kann berücksichtigt werden (z. B. Schulklassen). Die Annahmen sind mit dem betrieblich-organisatorischen Brandschutz abzustimmen (z. B. Räumungskonzept unter Berücksichtigung von Inklusion).

ANMERKUNG 3 Routenwahlverfahren sollten die vorgesehenen Maßnahmen zur Lenkung der Personenströme berücksichtigen, aber nicht ohne solche Maßnahmen allein zur Optimierung der Fluchtzeiten genutzt werden.

Reine Optimierungen in Hinblick auf Wartezeiten im Stau oder auf die Gesamträumungszeit durch eine Routenwahl mit deutlich verlängerten Fluchtwegen sind für sicherheitsrelevante Nachweise ungeeignet.

Für Parameterstudien können zeitoptimierte Routenwahlverfahren einen Hinweis auf eine untere Grenze der Gesamträumungszeit geben.

Weitergehende Angaben finden sich in Anhang C, Anhang D, Anhang F und Anhang G.

6.2.3 Räumungsanlass

Primär werden Brandereignisse nach DIN 18009-1 als Räumungsanlässe untersucht und bauliche Anlagen in Bezug auf die Personensicherheit im Brandfall bewertet.

Als Räumungsanlässe kommen neben Bränden auch andere Bedrohungslagen in Betracht, in deren Folge die Räumung der baulichen Anlage betrachtet werden soll. Zur Beschreibung der damit einhergehenden Gefahr gehören die Art der Wirkung, die erwartete Intensität, die zeitliche und räumliche Ausdehnung.

ANMERKUNG Falschalarme oder Räumungsübungen sind ebenfalls Räumungsanlässe, die in der Regel jedoch nicht zu maßgeblichen Szenarien führen. Es kann jedoch zur Beurteilung der Räumung im Gefahrenfall zielführend sein, eine Räumung ohne Gefahr als Referenzszenario zu untersuchen.

Der Räumungsanlass kann auch zum Ausfall eines Teils der Flucht- und Rettungswege führen. Insbesondere wenn kein alternativer Flucht- und Rettungsweg zur Verfügung steht, sind ggf. weitere oder andere Betrachtungen erforderlich.

6.2.4 Brandschutz- und Sicherheitsmaßnahmen

Zu den Brandschutz- und Sicherheitsmaßnahmen gehören sicherheitstechnische Anlagen sowie organisatorische Maßnahmen. Dies sind beispielsweise Detektions- und Alarmierungsanlagen, Anlagen zur dynamischen Fluchtwegsteuerung und der Einsatz und die Positionierung von Sicherheitskräften.

Soweit Brandschutz- und Sicherheitsmaßnahmen maßgeblich sind, sollten deren teilweiser oder vollständiger Ausfall berücksichtigt werden. Bei einem ausreichenden Brandschutzmanagement gemäß DIN 18009-1 kann bei sicherheitstechnischen Anlagen zunächst davon ausgegangen werden, dass diese betriebssicher und wirksam sind.

ANMERKUNG 1 Im Fall einer versetzten beziehungsweise verzögerten Alarmierung kann es individuelle Alarmierungszeiten geben, welche die individuelle Fluchtzeit beeinflussen.

ANMERKUNG 2 Sicherheitskräfte umfassen beispielsweise Ordnungsdienste, Brandschutzhelfer, Räumungshelfer oder Betriebs- bzw. Werkfeuerwehren.

6.3 Festlegung der charakteristischen Eigenschaften und Definition von Szenarien

Die Festlegung von charakteristischen Eigenschaften erfolgt auf Basis einer qualitativen Entwurfs- bzw. Bestandsanalyse nach DIN 18009-1. Den Ausgangspunkt bildet die Beschreibung des Gebäudes und der Nutzung (z. B. Baubeschreibung, Pläne, Modelle usw.). Aus den geplanten Nutzungsarten müssen mögliche Nutzungsfälle (z. B. Bestuhlungs-, Einrichtungspläne, Betriebsbeschreibung usw.) abgeleitet werden. Es folgt die Festlegung möglicher Räumungsanlässe und der vorhandenen oder geplanten Sicherheitsmaßnahmen.

ANMERKUNG 1 Es ist sinnvoll in diesem Prozess Betreiber, Nutzer, Planungsbeteiligte sowie die prüfenden und genehmigenden Stellen einzubinden.

Die Festlegungen sollten für jede Kategorie zunächst einzeln als unabhängige Sammlungen erfolgen. Diese Sammlungen sollten umfassend sein.

ANMERKUNG 2 Sowohl die Sammlung der Kategorien als auch deren Kombination zu Räumungsszenarien kann in der Regel nicht abschließend und vollständig sein.

Räumungsszenarien werden durch Kombination der Festlegungen in den einzelnen Kategorien definiert. Dabei ist es selbst bei einer kleinen Anzahl von Kategorien und Merkmalen nicht praktikabel, alle Szenarien explizit zu beschreiben.

Die Festlegung der charakteristischen Eigenschaften erfolgt zunächst qualitativ beschreibend. Im weiteren Planungsfortschritt (siehe Bild 1) werden diese abhängig von der Fragestellung und den anzuwendenden

Rechenverfahren (siehe 8.5) zunehmend konkretisiert und abschließend in Anfangs- und Randbedingungen und Modellparametern quantitativ festgelegt.

Dabei sollten folgende Merkmale berücksichtigt werden:

- Nutzungsfälle mit jeweils maximaler Nutzerzahl im Gebäude,
- Nutzungsfälle mit jeweils maximalen lokalen Personendichten,
- Nutzungsfälle mit jeweils minimaler und maximaler Streubreite der Reaktionszeiten aller Nutzer (siehe auch Anhang G),
- Räumungsanlässe mit Brandszenarien nach DIN 18009-1.

Mit zunehmender Detailtiefe ist es erforderlich, Unsicherheiten bei der Festlegung dieser Merkmale zu berücksichtigen (siehe 6.6).

6.4 Auswahl von maßgeblichen Szenarien

Die Auswahl der maßgeblichen Szenarien erfolgt durch die Verknüpfung der Kategorien aus 6.3 in Verbindung mit einer Risikobewertung nach DIN 18009-1. Eine systematische Vorgehensweise hierfür ist ein Ereignisbaum. Alternative Möglichkeiten zur Auswahl von maßgeblichen Szenarien sind Experteninterviews, Abstimmung mit Behörden oder Prüfern sowie die Auswertung von Nutzungsdaten oder Schadensstatistiken.

Offensichtlich nicht beurteilungsrelevante Szenarien können dabei nach DIN 18009-1:2016-09, Abschnitt 7 (Bagatellszenarien und ungünstigste Szenarien) ausgeschlossen werden.

Die ermittelten maßgeblichen Szenarien sind anhand der relevanten Leistungskriterien nach Abschnitt 7 mit den in Abschnitt 8 beschriebenen Modellen zu untersuchen. Die hierfür erforderliche Festlegung der Anfangs- und Randbedingungen sowie Modellparameter ist modellabhängig. Hinweise zur Festlegung finden sich in den Anhängen dieser Norm.

Bei der argumentativen Nachweisführung nach 5.1.1 ist es nicht erforderlich, die Schutzziele durch Leistungskriterien zu quantifizieren.

Bei der Überführung der qualitativen Beschreibung von Szenarien hin zur Quantifizierung von Anfangs- und Randbedingungen sowie Modellparametern bestehen zwei Möglichkeiten, Unsicherheiten zu berücksichtigen. Zum einen lassen sich Unsicherheiten als Verteilungen von Modellparametern berücksichtigen. Zum anderen können systematische, auf die Leistungskriterien bezogene, Parameterstudien durchgeführt werden.

6.5 Bestimmung von Bemessungsszenarien

Für jedes betrachtete Leistungskriterium nach Abschnitt 7 ist ein Bemessungsszenario zu bestimmen.

Mögliche Bemessungsszenarien können nur maßgebliche Szenarien nach 6.4 sein, für die ein Nachweis nach Abschnitt 5 für die betrachteten Leistungskriterien nach Abschnitt 7 erfolgen kann.

ANMERKUNG 1 Bei maßgeblichen Szenarien, die die zugrunde liegenden Beurteilungswerte nach Abschnitt 7 nicht erfüllen, kann ein erneuter Durchlauf des Planungsprozesses (siehe Abschnitt 5) erforderlich werden.

Das Bemessungsszenario ist das maßgebliche Szenario, bei dem der ermittelte Wert für die Beurteilungsgröße den geringsten Abstand zum Beurteilungswert des Leistungskriteriums hat.

ANMERKUNG 2 Der geringste zulässige Abstand ergibt sich aus der Anwendung eines Sicherheitskonzeptes nach 6.6. Der Abstand hat die Einheit des Beurteilungswertes (Räumungszeitdifferenz: Zeit, Staugröße: Personenzahl usw.).