

DIN 18009-2



ICS 13.220.01

**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

Gesamtumfang 60 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Grundzüge der Nachweisführung	12
5.1 Ingenieurtechnische Verfahren	12
5.1.1 Allgemeines	12
5.1.2 Argumentative ingenieurgemäße Nachweisführung	12
5.1.3 Leistungsbezogene Nachweisführung	13
5.2 Abgleich der Räumungszeiten	14
5.2.1 Allgemeines	14
5.2.2 Verfügbare Räumungszeit	14
5.2.3 Erforderliche Räumungszeit	15
5.2.4 Räumungszeitdifferenz	16
5.3 Beurteilung der Staubbildung	16
6 Räumungsszenarien zum Nachweis der Personensicherheit	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Charakteristische Eigenschaften von Räumungsszenarien	17
6.2.1 Gebäude	17
6.2.2 Nutzung und Nutzer	17
6.2.3 Räumungsanlass	18
6.2.4 Brandschutz- und Sicherheitsmaßnahmen	18
6.3 Festlegung der charakteristischen Eigenschaften und Definition von Szenarien	18
6.4 Auswahl von maßgeblichen Szenarien	19
6.5 Bestimmung von Bemessungsszenarien	19
6.6 Sicherheitskonzept	20
6.6.1 Allgemeines	20
6.6.2 Anwendung des Sicherheitskonzepts für die erforderliche Räumungszeit	21
7 Funktionale Anforderungen und Leistungskriterien	21
7.1 Allgemeines	21
7.2 Leistungskriterien für die Festlegung der verfügbaren Räumungszeit	22
7.2.1 Allgemeines	22
7.2.2 Ortsbezogene Betrachtung	22
7.2.3 Personenbezogene Betrachtung	23
7.3 Staumerkmale und Staukenngößen	24
8 Modelle	25
8.1 Allgemeines	25
8.2 Makroskopische Rechenmodelle	26
8.2.1 Allgemeines	26
8.2.2 Kapazitätsanalyse	26
8.2.3 Dynamische Strömungsmodelle	27
8.3 Mikroskopische Rechenmodelle	27
8.3.1 Allgemeines	27
8.3.2 Raumdiskrete Modelle	27
8.3.3 Raumkontinuierliche Modelle	27
8.4 Experimentelle Modelle (Versuche)	28
8.5 Modellauswahl und Abstraktion der Szenarien	28
8.6 Verifikation und Validierung	29
9 Dokumentation und Schlussfolgerungen	30

9.1	Allgemeines	30
9.2	Dokumentation der Annahmen	30
9.3	Dokumentation der Modellauswahl	30
9.4	Dokumentation der Ergebnisse	30
9.5	Interpretationen und Schlussfolgerungen	30
Anhang A (informativ) Angaben zur Ermittlung von Detektions- und Alarmierungszeiten		32
A.1	Allgemeines	32
A.2	Detektionszeit	32
A.2.1	Nichtautomatische Branddetektion	32
A.2.2	Automatische Branddetektion	32
A.3	Alarmierungszeit	33
A.3.1	Nichtautomatische Alarmierung	33
A.3.2	Automatische Alarmierung	33
Anhang B (normativ) Ermittlung der Reaktionszeit		34
B.1	Allgemeines	34
B.2	Verfahren zur Ermittlung der Reaktionszeit nach Purser	34
Anhang C (informativ) Fundamentaldiagramme		37
C.1	Allgemeines	37
C.2	Predtetschenski und Milinski	37
C.3	Fundamentaldiagramm nach Weidmann	39
C.4	Fundamentaldiagramm nach Nelson und Mowrer	39
Anhang D (informativ) Weitere Grunddaten		41
D.1	Allgemeines	41
D.2	Leistungskriterien für Stau	41
D.3	Personendichten der Anfangsverteilung	41
D.4	Personenflüsse durch Engstellen	42
Anhang E (normativ) Makroskopische Modelle zur Berechnung der erforderlichen Räumungszeit		44
E.1	Allgemeines	44
E.2	Kapazitätsanalyse	44
E.2.1	Grundprinzip	44
E.2.2	Berechnung der Bewegungszeit	45
E.2.3	Anwendung zur Plausibilitätsprüfung	45
E.3	Vereinfachtes dynamisches Rechenmodell	46
E.4	Rechenwerte	48
E.4.1	Kapazitätsanalyse	48
E.4.2	Vereinfachtes dynamisches Rechenmodell	48
Anhang F (informativ) Mikroskopische Modelle		51
F.1	Allgemeines	51
F.2	Geschlechts- und Altersverteilung	51
F.3	Reaktionszeit	51
F.4	Geschwindigkeiten	52
F.4.1	Ebene	52
F.4.2	Treppen	53
Anhang G (informativ) Dokumentation		55
G.1	Allgemeines	55
G.2	Mustergliederung	55
G.3	Diagramme und Darstellungsformen	56
Literaturhinweise		57

Bilder

Bild 1 — Prozess der leistungsbezogenen Nachweisführung zur Personensicherheit	14
Bild 2 — Zeitschema zum Abgleich der Räumungszeiten	15
Bild 3 — Systematik Rechenmodelle und experimentelle Modelle	26
Bild D.1 — Experimentell bestimmte Personenflüsse für Engstellenbreiten von 40 cm bis 500 cm	43

Bild E.1 — Notwendige Größen für die Kapazitätsanalyse	44
Bild F.1 — Altersverteilung der RiMEA-Standardpopulation, die zu jeweils 50 % aus Männern und Frauen besteht	51
Bild F.2 — Geschwindigkeiten in der Ebene nach Weidmann [33]	53

Tabellen

Tabelle 1 — Ortsbezogene Beurteilungsgrößen und -werte für die Verfügbarkeit von Flucht- und Rettungswegen im Brandfall	22
Tabelle 2 — Aussagefähigkeit und Abbildungseigenschaften von Modellen	29
Tabelle B.1 — Kategorien zur Festlegung von Reaktionszeiten	34
Tabelle B.2 — Reaktionszeiten nach Purser	35
Tabelle C.1 — Flächenbedarf von Personen nach Predtetschenski und Milinski [23]	38
Tabelle C.2 — Verhältnisse für die Berechnung von Gefahrbedingungen und komfortablen Bedingungen	39
Tabelle C.3 — Werte für die Berechnung der Geschwindigkeit $v(D)$ nach Gleichung (C.9)	39
Tabelle C.4 — Werte für die Berechnung von Geschwindigkeit $v(D)$ nach Gleichung (C.10)	40
Tabelle D.1 — Personenbelegung für verschiedene Nutzungen	41
Tabelle E.1 — Eingabewerte für Kapazitätsanalysen	48
Tabelle E.2 — 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 ($f = 0,113 \text{ m}^2/\text{P}$)	49
Tabelle E.3 — 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 ($f = 0,125 \text{ m}^2/\text{P}$)	50
Tabelle E.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 mit leichtem Gepäck ($f = 0,180 \text{ m}^2/\text{P}$)	50
Tabelle F.1 — Geschwindigkeiten in der Ebene	52
Tabelle F.2 — Mittlere Geschwindigkeiten auf Treppen nach Fruin [6]	54

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.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN 18009 besteht unter dem allgemeinen Titel „Brandschutzingenieurwesen“ 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 in der Regel bauordnungsrechtlich nachzuweisen ist. 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 der Begriff „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 dem Ansatz, 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.

In den Verfahren, die in dieser Norm beschrieben werden, wird davon ausgegangen, 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 dieser Norm 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.

Die in dieser Norm beschriebenen Verfahren und Modelle werden auch für die Veranstaltungs- oder Fußgängerplanung genutzt. Die Rechen- und Beurteilungswerte in dieser Norm sind für die Anwendung im Gefahrenfall, besonders dem Brand in Gebäuden, ausgelegt. Für andere Anwendungen werden diese Werte jeweils geprüft und auf den Anwendungsfall angepasst. Dabei ist zu beachten, dass die Regelauslegung bei der Verkehrs- oder Veranstaltungsplanung von der außergewöhnlichen Situation des Brandfalles deutlich zu unterscheiden ist.

Die Anwendung dieser Norm zielt im Wesentlichen darauf ab, für die Nutzer baulicher Anlagen nachzuweisen, dass im Gefahrenfall die Nutzbarkeit der vorgesehenen Flucht- und Rettungswege ausreichend lang gegeben ist. Die zu diesem Zweck noch als akzeptabel zu betrachtenden Grenzzustände bzw. Beurteilungsgrößen beziehen sich auf die Auswirkungen eines Brandes auf die Flucht- und Rettungswege, bei denen zwar grenzwertig eine Fluchtbehinderung eintreten kann, jedoch eine Fluchtverhinderung ausgeschlossen ist. Somit gehen alle

Aspekte der in dieser Norm geregelten Nachweise von einer durch Brandauswirkungen nicht beeinträchtigten Nutzbarkeit der Flucht- und Rettungswege aus, so dass die Modellvorstellungen für das Laufverhalten der betroffenen Personen keine unmittelbaren Brandauswirkungen berücksichtigen. Das Erreichen des Nachweiszels stellt bei Verwendung dieser Beurteilungswerte somit eine sichere Nutzbarkeit der Flucht- und Rettungswege sicher.

Diese Norm stellt im Wesentlichen den Zeitbedarf für die Räumung des betrachteten Bereichs einer baulichen Anlage in den Mittelpunkt der Bewertungen. Das Ziel ist erreicht, wenn alle Personen diesen Bereich verlassen haben, bevor die Brandauswirkungen eine Flucht erkennbar behindern. Damit die Bewertungen hinreichend auf der sicheren Seite liegen, werden für die Beurteilung der Nutzbarkeit der Flucht- und Rettungswege – auch aus dem Brandraum – Beurteilungsgrößen festgelegt, die diese Nutzbarkeit sicherstellen. Somit schließen die Beurteilungsgrößen dieser Norm auch die Nutzbarkeit der Fluchtwege im Brandraum selbst mit ein. In diesem Zusammenhang verlangt die Norm im Zuge der Interpretation von Untersuchungsergebnissen, dass lokale Brandauswirkungen innerhalb des Brandraumes auf die Schutzzielerreichung ggf. gesondert bewertet werden. Damit soll erreicht werden, dass die Auswirkungen eines Entstehungsbrandes in einem Raum, aus dem Personen fliehen müssen, unterschieden werden können in fluchtbehindernde Auswirkungen, die akzeptabel sein können, und fluchtverhindernde Auswirkungen, die inakzeptabel sind (vgl. Unterabschnitt 7.2.2).

In Bezug auf die Anwendung dieser Norm im Zusammenhang mit Brandschutznachweisen bzw. Brandschutzkonzepten als Bestandteil der Bauvorlagen in einem Genehmigungsverfahren gilt in der Regel bauordnungsrechtlich:

Eine Rauchableitung aus Rettungswegen zur Sicherstellung der Benutzbarkeit dieser Rettungswege in der Phase der Personenrettung ist regelmäßig nicht vorgesehen und stellt grundsätzlich eine von den Regelfällen abweichende Alternativkonzeption für den konkreten Einzelfall dar. Eine Rauchfreihaltung (z. B. in einem Sicherheitstreppenraum) wird nur für besonders schutzbedürftige Rettungswege verlangt. Bei Abweichungen von bauordnungsrechtlichen Vorschriften kann eine ingenieurtechnische Bemessung der Rettungswege heranzuziehen sein. Derartige Abweichungen können z. B. bei übergroßen Räumen oder mehrgeschossigen Atrien vorliegen. In diesem Fall kann es erforderlich sein, der Frage nachzugehen, was eine Rauchableitung als Teil eines Brandschutzkonzeptes leisten kann. In einem solchen Einzelfall können Maßnahmen zur Rauchableitung zur Begründung einer Abweichung von bauordnungsrechtlichen Standard-Anforderungen in Betracht kommen (z. B. die rechtzeitige und sichere Funktion von Rauchabzugsanlagen als Voraussetzung für die Benutzbarkeit der Rettungswege).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anwendbar für die Berechnung von baulichen Anlagen im Gefahrenfall und der Beurteilung der Sicherheit von Personen während einer Räumung. 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. Die Rechen- und Beurteilungswerte aus dieser Norm können dann auf die jeweilige Fragestellung angepasst werden.

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 dieser Norm.

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*

ISO 13571:2012-09, *Life-threatening components of fire — Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires*

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

ISO 20414, *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, *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**

maßgebliches 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**Engstelle**

Ort, an dem der Personenfluss entweder durch Reduktion der Wegbreite (z. B. Tür) oder durch Reduktion des spezifischen Personenflusses (z. B. Treppe) reduziert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: An diesen Orten können sich potentiell Staus bilden.

3.8**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

3.9**Flucht**

Selbstrettung

Verlassen eines potentiell oder real gefährdeten Bereiches aus eigener Kraft

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]

3.10**Fluchtweg**

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

3.11

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.

3.12

Gedränge

kompetitive Situation mit Körperkontakt bzw. körperlichem Einsatz, in der sich eine größere Personenzahl auf engem Raum befindet

3.13

Leistungskriterium

quantitative Spezifizierung einer funktionalen Anforderung durch eine Beurteilungsgröße und einen zugehörigen Beurteilungswert

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Leistungskriterium besteht aus Beurteilungsgröße und Beurteilungswert

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

3.14

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]

3.15

Personendichte

Anzahl der Personen bezogen auf eine Fläche

3.16

Personeneigenschaft

Größe, die zur Beschreibung der Personen in einem Modell erforderlich ist

3.17

Personenfluss

Quotient aus der Personenzahl und der Zeit, in der eine Messstelle passiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der spezifische Personenfluss gibt den Personenfluss bezogen auf die Wegbreite an.

3.18

Räumung

Leerung einer baulichen Anlage oder eines Teils einer baulichen Anlage aufgrund einer potenziellen oder realen Gefahr für die betroffenen Personen

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.25]

3.19

Räumungsszenario

Abfolge von Ereignissen zur Beschreibung eines Räumungsverlaufes

Anmerkung 1 zum Begriff: 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]

3.20**Räumungszeitdifferenz**

Differenz zwischen der verfügbaren Räumungszeit und der erforderlichen Räumungszeit

3.21**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.

3.22**Rettung**

In-Sicherheit-Bringen von Personen aus einem Gefahrenbereich

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

3.23**Rettungsweg**

Teil einer baulichen Anlage, der bestimmungsgemäß geschützt zu sicheren Bereichen aus derselben führt

[QUELLE: DIN 18009-1:2016-09, 3.24, modifiziert — Definition dem Anwendungsfall angepasst]

3.24**Sicherer Bereich**

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

3.25**Stau**

Situation für ein Wegelement, bei der der eingehende Personenfluss größer ist als der ausgehende

Anmerkung 1 zum Begriff: In einem Stau sinkt die Geschwindigkeit.

Anmerkung 2 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.

3.26**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

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

4 Symbole und Abkürzungen

A	Fläche	m^2
b	Breite eines Wegabschnitts	m
D	Personendichte	P/m^2
D_{PM}	Personendichte nach Predtetschenski und Milinski (siehe Abschnitt C.2)	m^2/m^2
D_{Stau}	Mittlere Personendichte der in einem Stauereignis befindlichen Personen	P/m^2
f	Flächenbedarf einer Person	m^2/P
F	Personenfluss	P/s
F_{max}	Maximaler Personenfluss auf einem Wegabschnitt (Kapazität)	P/s

F_s	Spezifischer Personenfluss	P/ms
$F_{s,max}$	Maximaler spezifischer Personenfluss	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
v	Geschwindigkeit	m/s
Δt_{Alarm}	Alarmierungszeit	s
$\Delta t_{\text{Bewegung}}$	Bewegungszeit	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
τ	Verzögerung	s

5 Grundzüge der Nachweisführung

5.1 Ingenieurtechnische Verfahren

5.1.1 Allgemeines

Ausgehend von der qualitativen Entwurfsanalyse entsprechend DIN 18009-1:2016-09, 4.1 erfolgt die Nachweisführung zur Personensicherheit nach 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.

Der Vergleich einer zu beurteilenden Situation mit einer den präskriptiven Anforderungen entsprechenden Ausführung stellt ebenfalls einen möglichen Nachweisweg dar.

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

5.1.2 Argumentative ingenieurgemäße Nachweisführung

Ein argumentativ ingenieurgemäßer Nachweis erfolgt nach 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.

5.1.3 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/ oder 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 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 und die Eigenschaften der Räumungsszenarien abgeglichen werden. Bei der Spezifikation der Modelleingaben müssen unterschiedliche Randbedingungen berücksichtigt werden. Die Unsicherheiten sind in einem Sicherheitskonzept (siehe 6.6) zu berücksichtigen und zu dokumentieren.

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

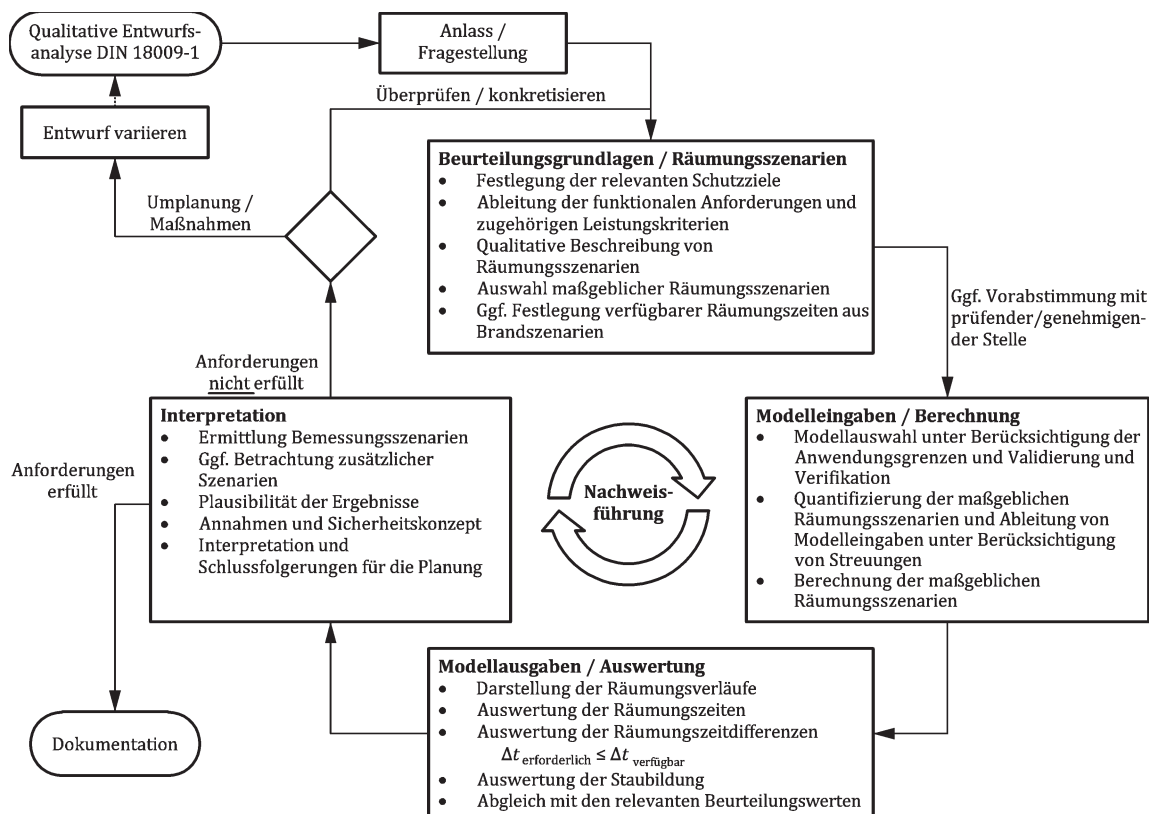


Bild 1 — Prozess der leistungsbezogenen Nachweisführung zur Personensicherheit

5.2 Abgleich der Räumungszeiten

5.2.1 Allgemeines

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 die verfügbare Räumungszeit $\Delta t_{\text{verfügbar}}$ ist (siehe Gleichung (1)).

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

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.

5.2.2 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).

5.2.3 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:

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

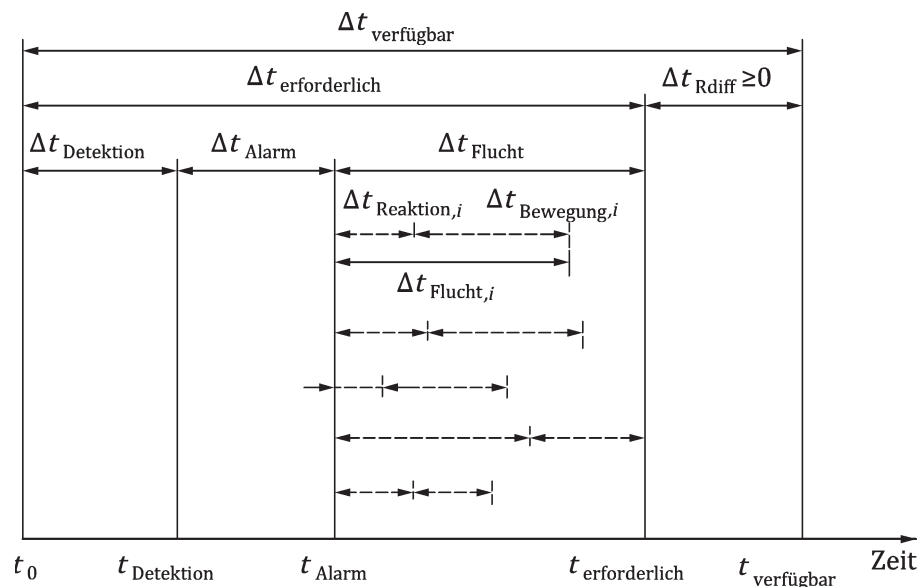


Bild 2 — Zeitschema zum Abgleich der Räumungszeiten

Die Detektionszeit $\Delta t_{\text{Detektion}}$ hängt wesentlich vom maßgebenden Gefahrenereignis und der entsprechenden Infrastruktur zur Erkennung der Gefahr ab.

ANMERKUNG 1 Mit Hilfe der Angaben in Abschnitt A.2 kann unter Berücksichtigung der brandschutztechnischen Infrastruktur und der Brandentwicklung eine Detektionszeit abgeschätzt werden.

Die Alarmierungszeit Δt_{Alarm} hängt von der vorhandenen Anlagentechnik ab und kann nach dem in Abschnitt 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} in einem zu beurteilenden Bereich ergibt sich aus dem Maximum der individuellen Fluchtzeiten $\Delta t_{\text{Flucht},i}$.

ANMERKUNG 2 Eine mögliche Beeinflussung der Fluchtzeit durch Brand- und Rauchausbreitung werden im Rahmen dieser Norm nicht berücksichtigt.

5.2.4 Räumungszeitdifferenz

Die Räumungszeitdifferenz ist ein mögliches Maß zur Beurteilung der Personensicherheit im Gefahrenfall und 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

Ein Stau lässt sich für die Beurteilung durch die folgenden Merkmale beschreiben:

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

Nach aktuellem Wissensstand ist eine allgemeingültige Festlegung von Grenzzuständen und Ableitung von Beurteilungswerten 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.

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. Alternative Präferenzen bei der Wahl des Rettungsweges (z. B. bekannte Wege, bzw. Hauptverkehrswege) können betrachtet werden.
- Verfahren zur Variation der Routenwahl 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.
- Festlegung gemeinsamer Routen für Gruppen kann berücksichtigt werden (z. B. Schulklassen). Die Annahmen sind mit dem betrieblich-organisatorischen Brandschutz abzustimmen (z. B. Räumungskonzept unter Berücksichtigung von Inklusion).

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 Variationen der Routenwahl einen Hinweis auf eine untere Grenze der Gesamträumungszeit geben.

Weitergehende Angaben finden sich in Anhang C, Anhang E und Anhang F.

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 nach DIN 18009-1 kann bei sicherheitstechnischen Anlagen davon ausgegangen werden, dass diese betriebssicher und wirksam sind.

Darüber hinaus sollten aber als anzunehmende, hinreichend wahrscheinliche Ausfall-Szenarien auch Szenarien betrachtet werden, bei denen besonders sicherheitsrelevante Brandschutzmaßnahmen ausfallen oder nicht bestimmungsgemäß funktionieren. Diese (zusätzlichen) Betrachtungen zeigen u. a. auf, wie robust die unter den Regelfall-Bedingungen nachgewiesene Lösung auf den Ausfall einzelner Brandschutzmaßnahmen reagiert bzw. welchen Beitrag bestimmte Brandschutzmaßnahmen zur Erreichung des Schutzziels leisten.

ANMERKUNG 1 Versetzte beziehungsweise verzögerte Alarmierungen können durch Festlegung individueller bzw. raumbezogener Alarmierungszeiten berücksichtigt werden.

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.