

In dem vom Innenministerium erstellten Muster-Bautenreglement, welches als Grundlage zum Schreiben der kommunalen Bautenreglemente nach dem Raumordnungsgesetz von 2004 dienen soll, schreibt der Artikel 71.4 eine Rauchwarnmelderpflicht in Schlafzimmern, Fluren und Waschräumen vor und dies in sämtlichen bestehenden und neu zu bauenden Wohnungen, sowohl in Mehrfamilien- als auch in Einfamilienhäusern. Der vorliegende Aufsatz soll als Unterstützung bei der Entscheidungsfindung einer Regulierungspflicht fungieren. Zielstellungen sind die Auswirkung des Rauchwarnmelders und die damit einhergehenden Umgebungsfaktoren zu untersuchen sowie den Nutzen einer eventuellen flächendeckenden Installationspflicht in Luxemburg auszuwerten.



© Isabelle Biwer

INSTALLATIONSPFLICHT FÜR HEIMRAUCHWARNMELDER EINE KRITISCHE BETRACHTUNG

BEN HEIN

Internationalen Statistiken zufolge sind etwa 70 % der Brandtoten in Wohngebäuden zu verzeichnen [1]. Als Maßeinheit zur Ermittlung der Brandsicherheit in einem Land wird oft auf die Anzahl der Brandtoten zurückgegriffen, da dies statistisch einfach auszuwerten ist; normalerweise werden diejenigen, welche bis zwei Tage danach im Krankenhaus versterben, berücksichtigt.

Eine Auswahl von insgesamt 15 Ländern aus den World Fire Statistics des Center of Fire Statistics von 2012 [2] und der Geneva Association [3] sowie einer Schätzung für das Land Luxemburg von 2 bis 3 Brandtoten pro Jahr zeigt, dass Luxemburg sich im internationalen Vergleich der Todesfälle durch Brände in Wohngebäuden im unteren Bereich befindet. Daraus ergibt sich, dass in Luxemburg die Wahrscheinlichkeit durch einen Brand zu sterben $5,5 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr und Einwohner beträgt.

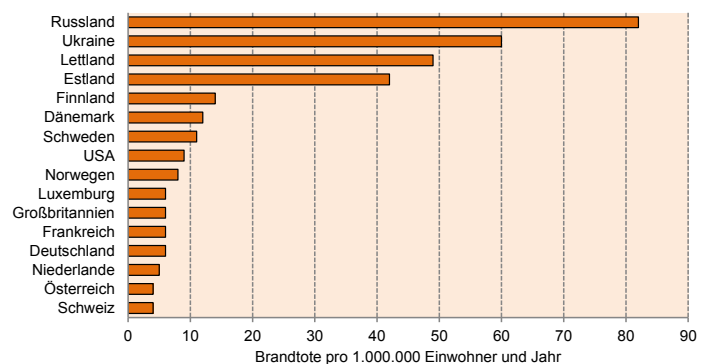


Abbildung 1: Brandtote nach Ländern

Die Brandursachen sind oft sehr unterschiedlich. Eine statistische Auswertung der Brandursachen über die Jahre 2002 - 2013 [4], ausgeführt vom Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung in Deutschland, ergab, dass die meisten Brände durch Elektrizität und menschliches Fehlverhalten entstehen, gefolgt von Brandstiftung und Überhitzung.

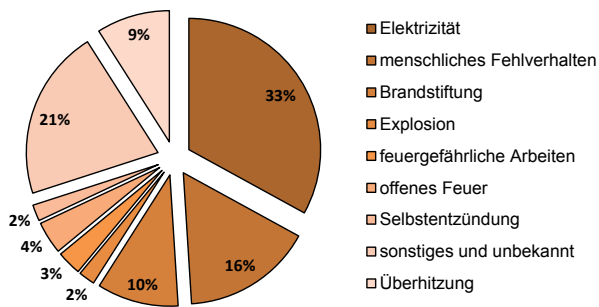


Abbildung 2: Brandursachen 2002-2013

Datenerhebungen des National Fire Data Center der U.S. Fire Administration und dem U.S. Department of Homeland Security geben ähnliche Brandursachen an. So sind im USFA Fire Estimate Summary 2013 [5] Kochen und Heizen als Hauptursachen für Brände in Wohngebäuden angegeben.

Die eigentliche Todesursache bei einem Brand ist vor allem auf Rauchgasintoxikation durch Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid zurückzuführen (70%) [1], wobei die entstehende Hitze eine eher untergeordnete Rolle spielt [6] [7]. Diese Erkenntnis erfordert dringende Maßnahmen zur Verringerung der Brandopfer durch Rauchgasvergiftungen, wobei jedes Land aufgrund unterschiedlicher Erfahrungswerte und Zielstellungen eine eigene Brandschutz-Philosophie betreibt.

So strebt Estland an, die Brandtoten bis 2025 auf 10 Brandtote pro 1.000.000 Einwohner und Jahr zu reduzieren [8]. Währenddessen hat Schweden sich zum Ziel gesetzt die Brandtoten bis 2020 um mindestens ein Drittel zu senken, einige Forschungsprojekte analysieren sogar die Möglichkeit von 0 Brandtoten pro Jahr (vision of zero fire deaths) [9].

Als effektivste Maßnahme zur Reduktion von Brandtoten in Wohngebäuden wird oft zum Rauchwarnmelder gegriffen, so vor allem in den USA, Norwegen, Großbritannien, Deutschland und den Niederlanden. So hält in den letzten Jahren in den westeuropäischen Ländern wie in unseren Nachbarländern eine Regulierungswelle Einzug.

DAS KONZEPT RAUCHWARNMELDER

Rauchwarnmelder dienen in erster Instanz dem Personenschutz. Sie sind dazu konzipiert, Rauch frühzeitig zu erkennen und die Menschen in der Umgebung mittels akustischen Alarmsignalen zu warnen. Diese Warnung soll eine Selbstrettung ver-

anlassen, sodass schwere Rauchvergiftungen verhindert werden.

Rauchwarnmelder können auch dem Sachschutz dienen; durch ihre Präsenz kann ein Brand frühzeitig eingedämmt bzw. gelöscht werden. Daneben existieren Sprinkleranlagen, welche speziell für den Sachschutz gestaltet sind.

Zur Rauchfeststellung werden unterschiedliche, physikalische Effekte benutzt, so existieren heute vor allem Ionisations- und photoelektrische Rauchwarnmelder. Erstere fallen allerdings unter die Strahlenschutzverordnung und dürfen in Luxemburg nicht mehr eingesetzt werden.

Wichtig ist, die häuslichen Rauchwarnmelder klar von einer automatischen Brandmeldeanlage abzugrenzen. Eine solche Einrichtung ist in Gebäuden besonderer Art und Nutzung aufzufinden. Sie überwacht ein Gebäude als Ganzes oder in Teilen, detektiert und lokalisiert einen Brand, steuert unterschiedliche Brandschutzeinrichtungen an um einen Brand aktiv zu bekämpfen und kann zudem auf eine ständig besetzte Stelle aufgeschaltet sein. Rauchwarnmelder sind unabhängig in einem Gebäudeteil montiert und sollen auch nur die dort sich aufhaltenden Personen im Brandfall alarmieren.

REDUKTION DER BRANDTOTEN

Die Meinung ist in mehreren Ländern allgemein sehr verbreitet, dass die Anzahl der Brandtoten in Wohngebäuden durch eine Rauchwarnmelderpflicht reduziert wurde. Hierzu wurden 4 Länder mit Rauchwarnmelderpflicht analysiert.

■ USA

In den USA ist die Rauchwarnmelderpflicht seit 1976 gesetzlich festgelegt. Die folgende Abbildung stellt die Brandtotenrate (in ‰) und die Rauchwarnmelderrate (in %) in Wohngebäuden gegenüber [10] [11].

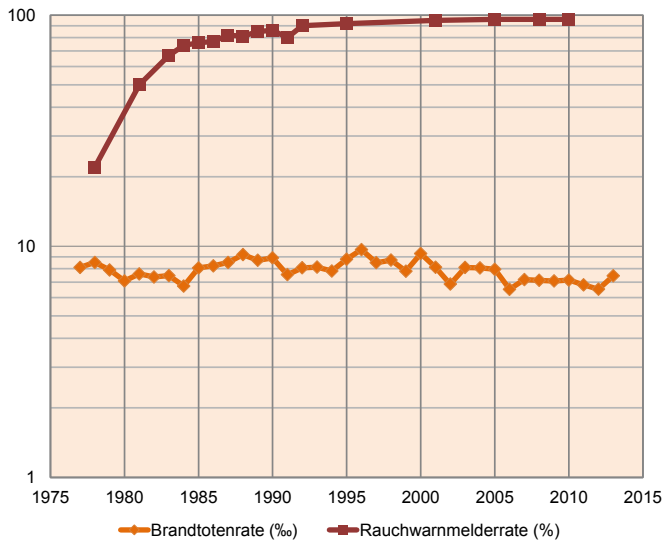


Abbildung 3: Brandtoter- und Rauchwarnmelderrate in den USA

Die Brandtoterate in den USA liegt durchschnittlich bis heute bei 8 Brandtoten pro 1000 Brände, wobei die Rauchwarnmelderrate von 22% auf 96% gestiegen ist. Die Brandtoteratenkurve sollte die Rauchwarnmelderkurve widerspiegeln um einen etwaigen Zusammenhang zu bestätigen.

■ DEUTSCHLAND

In Deutschland gestaltet sich das Ganze etwas komplizierter, da die Bundesländer einzeln für die Durchsetzung der Rauchwarnmelderpflicht verantwortlich sind. So trat 2003 die erste Pflicht in Kraft, momentan gilt diese in 13 Bundesländer. In den Jahrzehnten vor der ersten Einführung ist bereits ein deutlicher und viel signifikanter Rückgang der Brandtoten festzustellen [12].

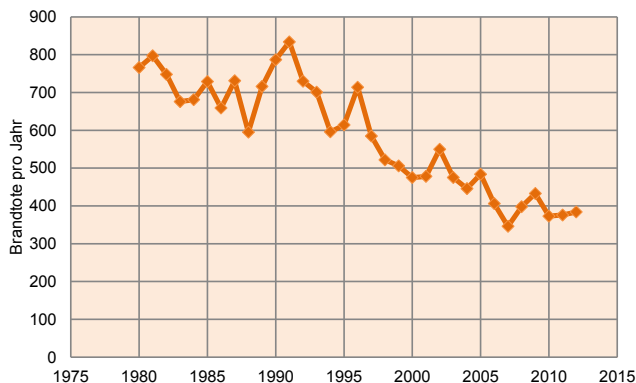


Abbildung 4: Brandtote in Deutschland von 1980 - 2012

Interessant wird es bei einer Einzelbetrachtung der verschiedenen Bundesländer. Hier stellt man fest, dass zwischen 2002 und 2010 ein höherer Rückgang in den Bundesländern ohne Installationspflicht

(40 %) zu verzeichnen war als in den Bundesländern mit Installationspflicht (32%) [12] [13].

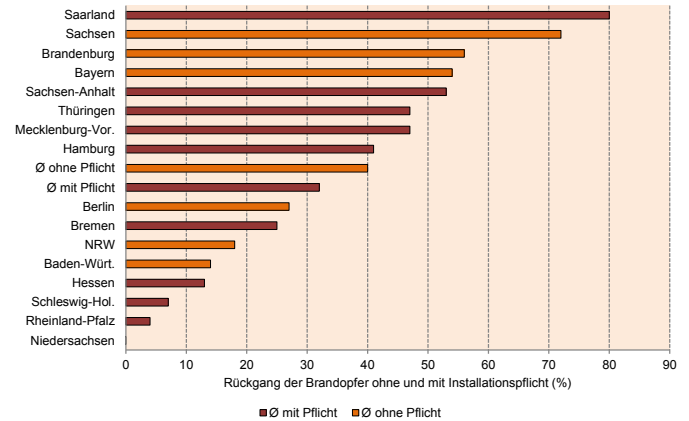


Abbildung 5: Rückgang der Brandopfer nach Bundesländern

■ ESTLAND

2006 wurden in Estland 4 regionale Präventionsbüros eingeführt und seitdem sehr detaillierte Statistiken erstellt. Die Brandtoterate nahm in den folgenden Jahren merklich ab (ungefähr 8 Brandtote pro 1000 Brände), was womöglich mit der professionell geleisteten Präventionsarbeit einhergehend mit korrekter Ausführung korreliert. Im Jahr 2009 wurde dann eine Rauchwarnmelderpflicht eingeführt. Erstaunlicherweise steigt die Brandtoterate fast wieder auf den Wert von 2006 an [14].

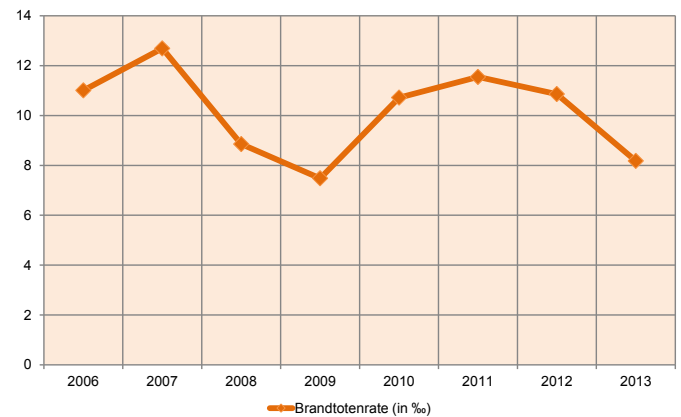


Abbildung 6: Brandtoterate in Estland

■ SCHWEDEN

Auch in Schweden wurde festgestellt, so unter anderem durch SP Fire Research [9], dass die Brandtoterate mit einer Rauchwarnmelderpflicht bisher nicht gesunken ist. So laufen hier in Zukunft unterschiedliche Forschungsprojekte an, um festzustellen wie die Brandtoterate effektiv gesenkt werden kann. Eine schwedische Studie schätzte die Risikoreduzierung durch Rauchwarnmelder auf 11% [10].

KEIN NACHWEISBARER ZUSAMMENHANG

Demnach kann man schlussfolgern, dass zumindest für die 4 analysierten Länder kein nachweisbarer Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Rauchwarnmeldern und der Abnahme der Brandtoten besteht.

Zwar geht die Anzahl der Brandopfer zurück, die Brandtotenrate bleibt jedoch konstant oder steigt sogar an. Gründe für den Rückgang der Brandopfer sind vor allem viel tiefergreifende Maßnahmen wie flammhemmende Mittel in Matratzen, Möbeln, etc., bessere Bauvorschriften, insbesondere im Bereich des Brandschutzes, qualitativ höherwertige Inspektionen und Fortschritte bei elektrischen Verkabelungen sowie feuerbeständigen Konstruktionen. Auch hat sich die Raucherquote über die letzten Jahrzehnte signifikant verringert. All dies führt allgemein zu einer geringeren Anzahl von Bränden und somit von Toten. Eine weitere Überlegung zu einem weniger starken Rückgang oder sogar einer Zunahme könnte die Gegebenheit sein, dass sich Personen mit Rauchwarnmeldern sicherer fühlen und somit weniger aufmerksam sind.

ALTERSSPEZIFISCHE GEFÄHRDUNG

In Kanada erstellte das Ministerium für Sicherheit eine Indexierung nach Altersgruppen für das Risiko durch einen Brand umzukommen.

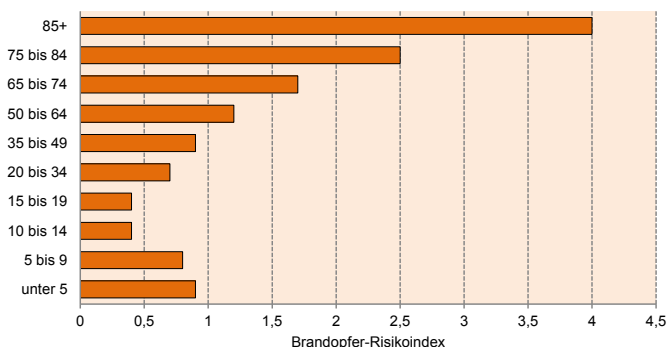


Abbildung 7: Risikoindex nach Altersgruppen in Kanada

Besonders zwei Altersgruppen sind bei Bränden in Wohngebäuden, statistisch gesehen, stark bedroht: Kinder und ältere Menschen [11] [16]. Dabei setzt sich ein Drittel (31%) unserer momentanen Bevölkerung aus diesen beiden Personengruppen zusammen [17].

Ältere Menschen sind vor allem dadurch bedroht, dass sie ab einem gewissen Alter eine erhöhte

Wahrscheinlichkeit aufweisen zu stürzen [18] und nicht wieder selbst aufstehen können da sie bspw. eingeklemmt oder verletzt sind. Des Weiteren sind Schwerhörigkeit und Verwirrtheit oft vorzufinden. Zudem ist der Faktor Körperbehinderung in dieser Altersgruppe deutlich höher [19]. Diese Aspekte machen eine Fremdrettung unumgänglich.

Kleinkinder sind aufgrund ihrer kognitiven und physischen Fähigkeiten abhängig von Erwachsenen und können gefährliche Situationen nicht erkennen. Eine notwendige Reaktion bleibt aus. Des Weiteren ergab eine Studie der University of Strathclyde's Centre for Forensic Science und dem Derbyshire Fire & Rescue Service [20] im Jahr 2013, dass 80% der Kinder beim Auslösen eines Rauchwarnmelders nicht aufwachen. Dabei handelte es sich um 34 Kinder, 14 Jungen und 20 Mädchen im Alter zwischen 2 und 13 Jahren. Jedes Kind durchlief den Versuch insgesamt sechs Mal. Nur 2 Mädchen erwachten jedes Mal, 7 andere Mädchen nur einmal während der Testreihe. Die Jungen erwachten kein einziges Mal. Es gibt zu dieser Problematik sehr viele weitere Forschungsergebnisse [21] [22]. So können Kinder den Gefahrenbereich nicht aus eigener Kraft verlassen und benötigen zusätzliche Hilfe durch Eltern, Betreuungspersonen oder Rettungskräfte, ergo Fremdrettung.

REAKTIONSWEISE DER BETROFFENEN UND ZUVERLÄSSIGKEIT DER ALARMIERUNG

Es wird zudem vorausgesetzt, dass die betroffenen Menschen nach dem Auslösen eines Rauchwarnmelders die Möglichkeit haben das Wohngebäude ungehindert zu verlassen bzw. instantan die richtige Entscheidung treffen, um sich aus dem Gefahrenbereich zu begeben.

Dabei muss zwischen zwei Gegebenheiten unterschieden werden: die relative Position der Person zum Brand, welche relevant für die verfügbare Fluchtzeit ist und Eigenschaften wie Schlafen, eingeschränkte Mobilität, Drogenkonsum, etc. Hinzu kommt, dass eine Rauchwarnmelder-Aktivierung nicht immer stattfindet. Dies liegt vor allem daran, dass die Batterie entfernt wurde (~50%) bzw. leer ist (~25%) oder ein technischer Defekt vorliegt [23].

Die erste Gegebenheit beschreibt die eigentliche, physikalische Möglichkeit einer Selbstrettung, d.h. die relative Lokalisierung der betroffenen Person

zum Zeitpunkt der Alarmierung. Hierzu gibt es Statistiken aus den Jahren 2007 – 2011 der National Fire Protection Association [11], ob die verstorbene Person im Entstehungsbereich und an der Entzündung beteiligt war. So entstehen 4 Klassen von betroffenen Personen: im Entstehungsbereich und beteiligt (EB), im Entstehungsbereich und nicht beteiligt (ENB), nicht im Entstehungsbereich aber beteiligt (NEB) und nicht im Entstehungsbereich und nicht beteiligt (NENB). Man stellt fest, dass sich die meisten Brandopfer im Entstehungsbereich befanden und an der Entzündung beteiligt waren.

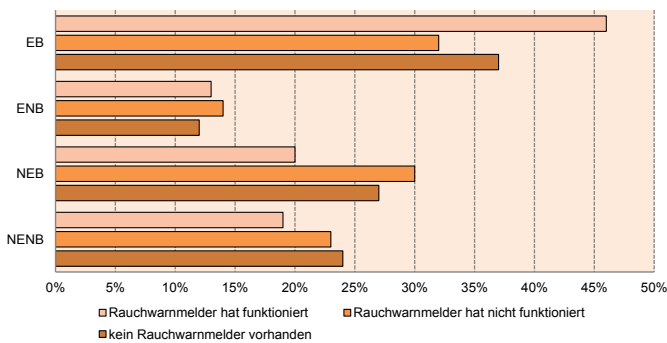


Abbildung 8: relative Lokalisierung und Beteiligung der Brandopfer

Die zweite Gegebenheit betrifft die allgemeine Disposition des physischen und psychischen Verfassungszustandes eine Selbstrettung durchzuführen. Ein Auszug der wichtigsten Eigenschaften wie schlafend (S), körperbehindert (KB), unter Alkoholeinfluss (AE), geistig behindert (GB), bewusstlos (B) und unter anderem Drogeneinfluss (ADE) wurde in folgender Darstellung vorgenommen.

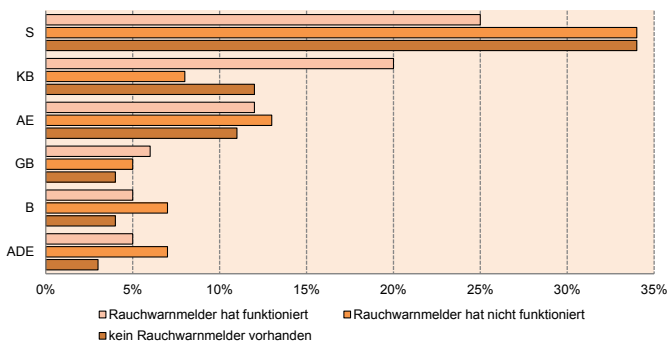


Abbildung 9: Eigenschaften der Brandopfer

Zu beachten ist, dass die Eigenschaften nicht als absolute Alternativen anzusehen sind; mehr als eine Gegebenheit kann dem Opfer gleichzeitig zugeordnet werden sowie sind die Brandtoten ohne nachgewiesene Eigenschaft nicht berücksichtigt. In dieser Darstellung wird deutlich, dass die meisten Menschen im Schlaf, durch geistige oder körperliche

Behinderung oder durch Alkohol- bzw. anderen Drogeneinfluss versterben.

ABSCHÄTZUNG DES GESELLSCHAFTLICHEN NUTZENS UND DER GESELLSCHAFTLICHEN KOSTEN

Nun wird eine statistische Berechnung zur Risikoreduktion mittels Rauchwarnmeldern für das Land Luxemburg nach Fontana et al. [24] durchgeführt. Die jährliche Reduktion $\Delta\mu$ des Personenrisikos durch die Einführung einer Rauchwarnmelderpflicht in Wohngebäuden kann mittels folgender Gleichung berechnet werden:

$$\Delta\mu = E[N_T] \cdot P_{SA} \cdot P_A$$

$E[N_T]$ bezeichnet die Anzahl der Brandopfer pro Jahr,

P_{SA} bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person durch eine rechtzeitige Alarmierung gerettet werden kann,

P_A bezeichnet die Wahrscheinlichkeit einer Rauchwarnmelder-Aktivierung im Brandfall.

Die Schätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit mit rechtzeitiger Alarmierung sowie der Wahrscheinlichkeit einer Rauchwarnmelder-Aktivierung stellt sich als schwierig dar. Allerdings stehen hierzu Daten aus Deutschland und den USA zur Verfügung. So fanden Wilk et al. im Jahr 2011 heraus, dass etwa 31% [1] der Brandopfer durch die Präsenz eines Rauchwarnmelders hätten überleben können. Das National Fire Incident Reporting System gibt an, dass die Häufigkeit von Brandtoten durch eine rechtzeitige Alarmierung der betroffenen Personen durch einen Rauchwarnmelder etwa halbiert werden kann. So findet sich für die Überlebenswahrscheinlichkeit bei rechtzeitiger Alarmierung ein Mittelwert von etwa 40%. Auf eine Quantifizierung der Unsicherheiten wird hier verzichtet.

Was die Wahrscheinlichkeit einer Rauchwarnmelder-Aktivierung betrifft, so ergibt sich aus den von Ahrens [11] zur Verfügung gestellten Daten eine Wahrscheinlichkeit von 50 – 70 %, was zu einem Mittelwert von etwa 60% führt. Auch hier wird auf eine Quantifizierung der Unsicherheiten verzichtet.

Als $\Delta\mu$ für 3 Brandtote erhält man somit einen Wert von 0,72, was aufgerundet einer Risikoreduktion von einem Brandtote pro Jahr entspricht.

Die jährlichen Kosten einer Rauchwarnmelderpflicht berechnen sich nach Fontana et al. [24] wie folgt:

$$\Delta C = C_M \cdot N_M \cdot N_H \cdot (1 - P_M)$$

C_M bezeichnet die jährlichen Kosten pro installiertem Rauchwarnmelder,

N_M bezeichnet die Anzahl installierter Rauchwarnmelder pro Haushalt,

N_H bezeichnet die Anzahl von Privathaushalten in Luxemburg,

P_M bezeichnet die Anzahl bereits freiwillig installierter Rauchwarnmelder.

Rauchwarnmelder sind im Handel zu sehr unterschiedlichen Preisen zu erwerben. Hochwertige Geräte sind für etwa 30€ zu erhalten. Die Rauchwarnmelder müssen alle 10 Jahre ausgetauscht werden. Dazu addieren sich Batteriekosten in Höhe von etwa 3€ pro Jahr. So ergeben sich die jährlichen Kosten C_M zu etwa 6€.

Es wird vorgeschrieben auf jeder Etage im Flur, in allen Schlaf- und Kinderzimmern sowie in Waschräumen je einen Rauchwarnmelder zu installieren. Im Mittel erhält man so für eine einstöckige Wohnung eine Anzahl N_M von 4 Rauchwarnmeldern.

Die Anzahl der Haushalte in Luxemburg ergibt sich im Jahr 2011 zu 208.600 Haushalten.

Des Weiteren wird der Faktor P_M mit dem Wert 0,10 geschätzt, so dass davon ausgegangen wird, dass in 10% der Haushalte bereits eine freiwillige Installation stattgefunden hat und weiterhin stattfinden wird.

Die Gesamtkosten ΔC ergeben sich so zu 4.505.760 €. Die Kosten zur Rettung eines Menschenlebens berechnen sich durch:

$$\Delta C_M = \frac{\Delta C}{\Delta \mu}$$

ΔC_M beläuft sich somit auf 6.258.000 €. In dieser Kostenbetrachtung wurden eventuelle Installations- und Inspektionskosten nicht berücksichtigt. Auch die durch Rauchwarnmelder verursachten Kosten durch Fehleinsätze sind in der Kostenberechnung nicht aufgeführt.

Fontana et al. weiteten die Berechnungen auf den jährlichen Nettonutzen pro Einfamilienhaus NB_{EFH} in der Schweiz nach folgender Formel aus:

$$NB_{EFH} = R_{EFH} \cdot RR_M - C_M \cdot N_M$$

Dabei wurde von einer prozentualen Risikoreduktion durch den Rauchwarnmelder RR_M von 5% ausgegangen. R_{EFH} beschreibt das jährliche Brandrisiko pro Einfamilienhaus ohne Rauchmelder. Es ergab sich ein negativer Nettonutzen pro Einfamilienhaus. Diese Berechnungen können aufgrund von fehlenden Daten nicht für Luxemburg durchgeführt werden, die Ergebnisse aus der Schweiz können aber durchaus als vergleichbar angesehen werden.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die in diesem Aufsatz beschriebenen Daten und Forschungsergebnisse zeigen mehrere interessante Aspekte auf.

Einerseits ist die Auswirkung des Rauchwarnmelders, was den Personenschutz und die damit verbundene Senkung der Brandtoten betrifft, für die analysierten Länder nicht quantifizierbar. Es existiert kein statistischer Zusammenhang.

Weiterhin muss beachtet werden, dass ein Drittel der Bevölkerung durch die alleinige Vorgegebenheit ihres Alters und den damit assoziierten Verhaltensweisen besonders bedroht ist. Eine Insellösung mit Rauchwarnmeldern ist hier zu bezweifeln und über eine adaptierte Lösung sollte nachgedacht werden.

Zusätzlich werden Umgebungsfaktoren bei einer Rauchwarnmelder-Alarmierung sehr vereinfacht dargestellt, jedoch beeinflusst der physische und psychische Verfassungszustand die Reaktion entscheidend. Auch die Ausfallrate von Rauchwarnmeldern von etwa einem Drittel ist keineswegs zu vernachlässigen, da oft keine ordnungsgemäße Wartung erfolgt oder diese absichtlich außer Kraft gesetzt werden.

Ein letzter Punkt stellt die Abwägung von gesellschaftlichem Nutzen und gesellschaftlichen Kosten dar. Eine Deckungsgleichheit wurde nicht nachgewiesen. Somit ist die Wirtschaftlichkeit einer Installationspflicht in Frage gestellt.

Demnach sollte also dringend darüber nachgedacht werden, ob eine einfache Gesetzesregelung die adäquate Maßnahme für einen flächendeckenden Einsatz darstellt. Vielmehr sollte in diesem Fall vorrangig eine artgerechte Sensibilisierung sicherge-

stellt werden: die Bevölkerung muss ein Bewusstsein für die Gefahr entwickeln.

Gleichzeitig kann eine derart allgemeine Lösung, welche nur für $\frac{2}{3}$ der luxemburgischen Bevölkerung hilfreich sein könnte, politisch schwerlich unterstützt werden.

Ben Hein
Student des Rettungswesen, FH Köln

Der vorliegende Aufsatz wurde im Auftrag von der Stadt Luxemburg erstellt.



LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Zum Nutzen häuslicher Rauchwarnmelder, E. Wilk et al., 2011
- [2] CTIF No 19, Center of Fire Statistics, N.N. Brushlinsky et al., 2014
- [3] Bulletin World Fire Statistics No 29, The Geneva Association, 2014
- [4] IFS-Brandursachenstatistik, Datenbank des Instituts für Schadenverhütung und Schadenforschung, 2013
- [5] USFA Fire Estimate Summary – Residential Building Fires, U.S. Fire Administration and U.S. Department of Homeland Security, 2013
- [6] Fire Statistics Great Britain 2011 to 2012, Department for Communities and Local Government, 2012
- [7] The causes of death in fire victims, H. Gormsen et al., 1983
- [8] Strategy of the rescue service from 2015 to 2025, Estonian Rescue Board, 2014
- [9] Prevention of residential fires, Andersson et al., Brandposten #50 2014
- [10] Deaths in Residential Fires, Fredrik Nystedt, 2003
- [11] Smoke Alarms in U.S. Home Fires, Marty Ahrens, March 2014
- [12] Fire Loss in the United States during 2013, Michael J. Karter, Jr., September 2014
- [13] Genesis - Online Datenbank, Destatis, Statistisches Bundesamt, abgerufen im Oktober 2014
- [14] Die starke Lobby der Rauchmelderhersteller, K. Fischer, 2012
- [15] Estonian Dispatcher Database, 2011
- [16] Ontario Residential Fatal Fires - Children, Adults, Seniors, Ontario Ministry of Community Safety and Correctional Services, 2013
- [17] Luxemburg in Zahlen, Statec, 2014
- [18] Stürze und ihre Folgen: Risiko erkennen und vermeiden, A. Icks et al., 2010
- [19] Physical Disability as a Factor in Home Fire Deaths, Marty Ahrens, 2014
- [20] Research raises concerns over smoke detectors' effectiveness in waking children, University of Strathclyde, 2013
- [21] The effectiveness of different alarms in waking sleeping children, D. Bruck, 2004
- [22] Smoke alarms: evaluating effectiveness, D. Noordam et al., 2007
- [23] Home smoke alarms and other fire detection and alarm equipment, White Paper, Fire Safety Council, 2006
- [24] Wirtschaftliche Optimierung im vorbeugenden Brandschutz, Fischer et al., 2012