

Untersuchungen zur Brandsicherheit mehrgeschossiger Holzbauten im Vergleich verschiedener Bauweisen

Analisi di rischio all'incendio degli edifici multipiano di legno

Fachtagung Holzbauten: Sicherheit, Tragfähigkeit, Qualität, Samstag, 26. Februar 2005, Bozen

M. Fontana, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich

Einleitung

In den letzten Jahren steigt der Wunsch der Gesellschaft den Baustoff Holz wieder vermehrt insbesondere im Wohnungsbau einzusetzen. Eine wichtige Voraussetzung ist dabei aber die Sicherstellung einer ausreichenden Brandsicherheit. Die Gewissheit in seiner Wohnung auch vor den Gefahren des Feuers sicher zu sein, ist für viele Leute ein wichtiger Beitrag zum Wohlbefinden und ein Kriterium bei der Materialwahl für das Eigenheim oder die Wahl der Mietwohnung. Dank technischen Fortschritten beim Brandschutz durch Lösch- und Brandmeldeanlagen, gut ausgerüstete Feuerwehren und bessere Kenntnisse im baulichen Brandschutz von Holzbauten ergeben sich heute Möglichkeiten, die neue Anwendungsgrenzen der Holzverwendung in den Baugesetzen erlauben. Nachfolgend sollen einige grundsätzliche Konzepte und die Eigenschaften und Besonderheiten der verschiedenen Baustoffe und Bauweisen im Bezug auf den Brandschutz mehrgeschossiger Bauten dargestellt und verglichen werden.

Einfluss der Baumaterialwahl auf die Brandsicherheit von Gebäuden

Die Wahl der Baustoffe beeinflusst insbesondere die baulichen Brandschutzmassnahmen stark. Die mechanischen und die thermischen Eigenschaften der Baustoffe ändern sich bei hohen Temperaturen. Diese Veränderung der Baustoffeigenschaften spielt eine wichtige Rolle bei der Beurteilung des Trag- und Verformungsverhaltens im Brandfall. Brennbare Baustoffe wie Holz beeinflussen durch ihre Brennbarkeit und die Rauchentwicklung direkt den Brand und seine Auswirkungen. Nachfolgend soll das Brandverhalten der wichtigen Baustoffe Holz, Beton, Mauerwerksteinen, Aluminium und Stahl kurz dargestellt werden. Dies ist wichtig für als Grundlage für das Verständnis der Brandsicherheit von mehrgeschossigen Bauten.

Festigkeit und Steifigkeit von Baustoffen bei hohen Temperaturen

Alle Baumaterialien verlieren bei hohen Temperaturen an Festigkeit und Steifigkeit (E-Modul). Infolge der guten Wärmedämmfähigkeit von Holz, Beton und Mauerwerksteinen ist

bei diesen Baustoffen nur ein oberflächennaher Bereich des Querschnittes betroffen, so dass die inneren Teile weiterhin gute mechanische Eigenschaften aufweisen.

Beim Holz tritt bei Temperaturen um 300°C eine Umwandlung in Holzkohle auf, so dass der Querschnitt in seinen Abmessungen reduziert wird. (Bei sehr lang andauernder Temperatureinwirkung kann dieser Prozess bereits bei tieferen Temperaturen beobachtet werden.) Der zeitliche Ablauf des Querschnittsabbaus wird durch die Abbrandgeschwindigkeit bestimmt. Diese beträgt für Nadelhölzer rund 0.7 mm/Minute.

Materialspezifische Besonderheiten

Holz: Holz brennt an der Oberfläche ab, setzt Energie frei und trägt zur Brandausbreitung bei. Es weist geringe Wärmedehnungen und gute Wärmedämmeigenschaften auf.

Beton: Beton kann an der Oberfläche abplatzen, so dass der Querschnitt stark verkleinert und die Bewehrung freigelegt wird. Das Ausmass der Abplatzungen hängt von vielen Parametern ab, wie dem Feuchtigkeitsgehalt, der Dichtigkeit, den Zuschlagstoffen, dem Spannungszustand etc. Die Beimischung von PP-Fasern wirkt sich günstig aus.

Durch das Eindringen von Chloriden während des Brandes kann die Bewehrung langfristig durch Korrosion geschädigt werden.

Hohe Temperaturgradienten in den Bauteilen können zu Verformungen, Rissen oder Schubversagen führen.

Stahl: Stahl verliert durch die rasche Wärmeleitung über den ganzen Querschnitt an Festigkeit. Nach dem Brand wird die ursprüngliche Festigkeit meist wieder erreicht (Ausnahme hochfeste und kalt verformte Stähle).

Mauerwerk: Mauerwerkswände verhalten sich in der Regel günstig. Durch den Temperaturgradienten bewegt sich die Wand zum Feuer hin oder bei raschem Festigkeitsverlust auch vom Feuer weg. In der Folge kann es zum Ausknicken der Wand kommen.

Ein Verputz wirkt sich günstig auf das Brandverhalten aus.

Brandschutzzeile und -konzepte

Die Kenntnis der oben beschriebenen brandschutztechnischen Besonderheiten der Baumaterialien und Werkstoffe und der darauf aufbauenden Bauweisen bildet eine grundlegende Voraussetzung für den erfolgreichen Entwurf eines leistungsorientierten Brandschutzkonzeptes. Brandsicherheit ist gemäss der Bauprodukterichtlinie der EU eine der grundsätzlichen Anforderungen an ein Bauwerk und muss im Entwurf gleichwertig mit der statischen Tragsicherheit behandelt werden. Das Gefährdungsbild Brand meistert man am wirkungsvollsten mit einem ganzheitlichen Brandschutzkonzept, das logisch aufeinander abgestimmte Massnahmen enthält und die festgelegten Schutzziele erfüllt. Je nach Bauweise sind zur Erfüllung der Schutzziele neben den baulich-konstruktiven Brandschutzmassnahmen unterschiedliche weitere technische und organisatorische Massnahmen zu ergreifen. Die wichtigsten Grundlagen für den Entwurfsprozess des Brandschutzkonzeptes sollen nachfolgend kurz erläutert werden.

Brandschutzziele

Ausgangspunkt für das Brandschutzkonzept bilden die Schutzziele:

- Sicherheit der Menschen (Bewohner und Feuerwehr)
- Schutz der Nachbarn und ihrer Güter
- Begrenzung der Sachschäden (Gebäude und Inhalt) auf ein wirtschaftlich akzeptables Mass
- Schutz der Umwelt im Störfall

Diese Schutzziele können angepasst an die Bauweise mit verschiedenen Grundstrategien (Brandschutzkonzepten) erreicht werden.

Brandschutzkonzepte

Brandschutzkonzepte enthalten aufeinander abgestimmte bauliche, technische und organisatorische Massnahmen, mit welchen die festgelegten Schutzziele erfüllt werden. Das optimale Konzept wird durch einen Variantenvergleich ermittelt. Dabei werden die Gesamtkosten und weitere Aspekte wie Flexibilität, Nutzungseinschränkungen, Architektur usw. gewichtet und berücksichtigt. Bei den Konzepten erkennt man aufgrund des Schwerpunktes der Massnahmen folgende Grundkonzepte:

Bauliches Konzept

Durch feuerwiderstandsfähige Tragkonstruktionen und Wände wird das Feuer auf bestimmte Teile des Bauwerkes begrenzt. Im betroffenen Brandabschnitt wird ein Totalverlust des Inhaltes und Schäden am Gebäude akzeptiert. Das bauliche Konzept eignet sich für Bauten mit einzelnen abgeschlossenen Räumen (Zellenbauweise). Bei Bauwerken aus Beton und Mauerwerk sind die Mehrkosten gering, bei Stahl und Holz ergeben sich bei baulichen Konzepten zum Teil erhebliche Brandschutzkosten. Zudem führt die kleinzellige Brandabschnittsbildung bei Nutzungen, welche viele Verkehrsverbindungen erfordern (Kaufhäuser, Industrie...) oder bei hohem Installationsgrad mit vielen Durchbrüchen (Klimatisierung, Transportanlagen...) zu Erschwernissen.

Entdeckungskonzept

Durch eine Brandmeldeanlage wird das Feuer rasch entdeckt und durch eine nahe gelegene, gut ausgerüstete Feuerwehr (öffentliche Feuerwehr, evtl. ergänzt durch eine Betriebsfeuerwehr) gelöscht. Der Feuerwiderstand der Tragkonstruktion kann in der Regel reduziert werden. Manchmal genügt unverkleideter Stahl oder Holz. Unterhalt und Erneuerungskosten von Brandmeldeanlagen sind zum Teil erheblich. Das Konzept ist gut geeignet für mittlere Brandlasten und nicht schnell anlaufende Brände.

Löschkonzept

Eine Sprinkleranlage löscht das Feuer bereits in der Entstehungsphase oder hält es bis zum Eintreffen der Feuerwehr klein. Ein besonderer Feuerwiderstand der Tragkonstruktion oder nichtbrennbare Oberflächen sind im Allgemeinen nicht erforderlich. Jährliche Kontrollen der Sprinkleranlagen sind nötig, sonstiger Unterhalt und Erneuerungsaufwand sind gering. Das Konzept ist auch bei schnell anlaufenden Bränden von hoher Wirksamkeit.

Das Resultat des brandschutztechnischen Entwurfes ist in der Regel ein Bericht, welcher in Analogie zum statischen Bericht die wichtigsten Überlegungen und Berechnungen zum Brandschutzkonzept und ein Satz Brandschutzpläne mit den getroffenen Massnahmen enthält.

Ausführung und Unterhalt von Brandschutzmassnahmen

Bei der Ausführung des Bauwerkes ist darauf zu achten, dass die in den Brandschutzplänen festgelegten Massnahmen auch fachgerecht umgesetzt werden. Entscheidend für die Zuverlässigkeit der Massnahmen ist die regelmässige Kontrolle und der Unterhalt der Brandschutzmassnahmen und -einrichtungen (Abschottungen, Sprinkler, Brandmelder etc.). Der Kontroll- und Unterhaltsplan muss die entsprechenden Angaben enthalten, nötigenfalls sind Unterhalts- und Serviceverträge abzuschliessen. Je nach Bauweise, Art und Bedeutung des Gebäudes ist der Umfang der durchzuführenden Kontrollen unterschiedlich festzulegen. Insbesondere bei mehrschichtigen Wand- und Deckenaufbauten ist darauf zu achten, dass durch die Nutzer keine brandschutzrelevanten Schichten durchlöchert oder entfernt werden.

Versuche zur Wirksamkeit von Brandschutzkonzepten

Der Wunsch im Rahmen der Schweizerischen Landesausstellung Expo02 temporäre Hotels in Holzbauweise zu bauen, gab Gelegenheit die Wirksamkeit unterschiedlicher Brandschutzkonzepte im grossen Massstab zu untersuchen. Es wurden 6 Grossversuche in zwei Versuchsserien an Hotelräumen in Holzbauweise im Massstab 1:1 im Zivilschutzzentrum in Andelfingen durchgeführt [2] (Kanton Zürich).

In der ersten Serie wurde die Wirksamkeit von technischen Massnahmen, insbesondere von schnell ansprechenden Sprinkleranlagen, aufgezeigt. Die zweite Serie war den Möglichkeiten und Grenzen des rein baulichen Brandschutzes gewidmet. Speziell betrachtet wurde der Einfluss der konstruktiven Detailausbildung auf den Feuerwiderstand von Gesamtkonstruktionen und die Brandübertragung über die Fassade. Dabei wurde insbesondere auch der Einfluss brennbarer Raumboflächen auf das Brandgeschehen untersucht.



Brennbare Oberflächen



Gipsfaserplattenverkleidung

Bild 1: Naturbrandversuche an Modulhotels 7 Minuten nach der Entzündung

Die Versuche haben zum einen bestätigt, dass mit modernen Sprinkleranlagen der Einfluss der Bauweise auf die Brandsicherheit wirksam kompensiert und die Schutzziele erfüllt werden können. Trotz heftiger Brandentwicklung blieb dank der guten Löschwirkung der Sprinkler die Bausubstanz unversehrt, und es wurden sogar kaum Schäden an der Möblierung festgestellt.



Bild 2: Dank guter Löschwirkung der Sprinkler blieb die Bausubstanz unversehrt. Die Wassermengen bleiben beim Sprinklereinsatz gering, trotzdem sollte auf eine gute Abdichtung zur Reduktion der Wasserschäden geachtet werden.

Auch mit rein baulichen Massnahmen kann im Holzbau der Brand auf einen Raum begrenzt werden. In einem dafür ausgelegten Versuch ist es sogar gelungen ohne Feuerwehreinsatz den vollständigen Ausbrand eines Raumes ohne Brandübergreif auf die Bausubstanz zu überstehen. Auch in dem über dem Brandraum gelegenen Zimmer wurden keine erhöhten Temperaturen gemessen und sogar die Rauchgaskonzentration war bis zum Bersten des Fensters gering.

Durch die brennbaren Oberflächen wird die Brandheftigkeit massgeblich verstärkt und damit die Gefahr eines Brandübergriffes über die Fenster der Fassade erhöht (Bild 1). Brennbar Oberflächen sind jedoch nicht an die Holzbauweise gebunden, sondern können auch in Form von Verkleidungen in massiven Bauten auftreten.

Statistische Daten zum Brandschutz

Um den Einfluss verschiedener Massnahmen und auch der Bauweisen auf die Brandauswirkungen zu untersuchen, haben wir statistische Daten der Gebäudeversicherungen der Kantone Bern und Zürich ausgewertet [3].

Einleitung

Für den Zeitraum von 1986 bis 1995 wurden ca. 40'000 Brände im Kanton Bern statistisch erfasst. Diese gaben einen vertieften Einblick zum Einfluss der Bauweise, des Gebäudealters und der Nutzung auf die Personen- und Gebäudeschäden bei Bränden. Für die Beurteilung aktueller brandschutztechnischer Fragestellungen ist insbesondere das Verhalten moderner Bauten wichtig, sodass nebst einer Brandschadenanalyse für Gebäude aller Erstellungsjahre auch eine Untersuchung an modernen Gebäuden mit Erstellungsjahr 1990 bis 1999 durchgeführt wurde.

Bauweise und bauliche Brandschutzmassnahmen haben nur wenig Einfluss auf die Personenschäden. Dies zeigt eine detaillierte Untersuchung zu Personenschäden mit Schadenjahr 1990 bis 1999 für den Kanton Zürich.

Die Kantone Bern und Zürich verfügen mit Ihren Gebäudeversicherungen GVB und GVZ über öffentlich rechtliche und obligatorische Versicherungssysteme, auf deren Datenbanken die hier vorgestellten Untersuchungen basieren. Zudem trugen auch die Stadtpolizei Zürich und die Kantonspolizei Zürich zum Gelingen dieser Statistiken bei.

Gebäudebestand und Brände im Kanton Bern

Am 31. Dezember 1996 waren im Kanton Bern insgesamt 341'616 Gebäude mit einem Wert von 224 Mia Franken versichert (Tabelle 1). Die Wohngebäude stellten mit 59 % den grössten Anteil am Versicherungswert aller Gebäude dar. Davon entfielen 74 % auf massive und 26 % auf nichtmassive Wohnbauten. Gemäss Definition der Gebäudeversicherung des Kantons Bern gilt ein Gebäude als nichtmassiv, wenn mindestens 20 % aller Materialien der Tragstruktur brennbar sind.

Tabelle 1: Gebäudebestand des Kantons Bern per 31.12.1996

	Öffentlich genutzte Gebäude	Wohnen	Landwirtschaft	Gewerbe und Industrie	Alle Nutzungen	
Versicherungssumme [CHF]	28'780'426'300	97'991'109'300	1'316'844'500	27'603'544'600	155'691'924'700	massiv
	2'791'754'200	34'786'330'200	25'146'266'600	5'532'074'700	68'256'425'700	nichtmassiv
	31'572'180'500	132'777'439'500	26'463'111'100	33'135'619'300	223'948'350'400	beide
Anzahl Gebäude [-]	10'857	137'327	5'499	11'903	165'586	massiv
	4'968	80'578	83'439	7'045	176'030	nichtmassiv
	15'825	217'905	88'938	18'948	341'616	beide
Versicherungswert pro Gebäude [10 ⁶ CHF]	2.65	0.71	0.24	2.32	0.94	massiv
	0.56	0.43	0.30	0.79	0.39	nichtmassiv
	2.00	0.61	0.30	1.75	0.66	beide
Gebäudefläche [10 ⁶ m ²]	17.26	60.49	0.44	13.82	92.01	massiv
	1.67	21.47	8.38	2.77	34.30	nichtmassiv
	18.93	81.96	8.82	16.59	126.30	beide

Tabelle 2 gibt eine Übersicht der Anzahl Brände im Kanton Bern für den Zeitraum 1986 bis 1995 für die unterschiedlichen Nutzungen und Bauweisen. Bei der Gebäudeversicherung wurden in diesen zehn Jahren insgesamt 41'064 Brandschäden gemeldet. Davon entfiel der Grossteil von 26'404 Bränden (64 %) auf den Wohnungsbau. 16'817 Brände traten in den massiven und 9'587 Brände in den nichtmassiven Wohnbauten auf.

Tabelle 2: Anzahl Brände im Kanton Bern für den Zeitraum 1986 bis 1995

	Öffentlich genutzte Gebäude	Wohnen	Landwirtschaft	Gewerbe und Industrie	Alle Nutzungen	
Anzahl Brände [-]	1'314	16'817	382	1'771	20'284	massiv
	358	9'587	9'945	890	20'780	nichtmassiv
	1'672	26'404	10'327	2'661	41'064	beide
Brände pro 10 ³ Gebäude und Jahr [1 / a]	12.10	12.25	6.95	14.88	12.25	massiv
	7.21	11.90	11.92	12.63	11.80	nichtmassiv
	10.57	12.12	11.61	14.04	12.02	beide
Brände pro Gebäudefläche und Jahr [1 / 10 ⁶ m ² · a]	7.61	27.80	87.03	12.82	22.05	massiv
	21.38	44.65	118.65	32.14	60.59	nichtmassiv
	8.83	32.22	117.07	16.04	32.51	beide

Die relative Anzahl Brände pro Mio. Quadratmeter Gebäudefläche und Jahr betrug 27.8 bzw. 44.7 für massive bzw. nichtmassive Wohngebäude. Demgegenüber war die Anzahl Brände pro 1000 Gebäude und Jahr für massive Wohnbauten mit 12.3 etwa gleich gross wie für nichtmassive mit 11.9.

Personenschäden

Von 1986 bis 1995 waren im Kanton Bern insgesamt 39 Brandtote zu beklagen. Davon starben 34 Personen (87 %) bei Wohnungsbränden. Zwar wurden in massiven und nichtmassiven Gebäuden je 17 Tote gezählt, bezogen auf den Versicherungswert, die Anzahl Gebäude oder die Anzahl Brände sind die Personenschäden in nichtmassiven Wohngebäuden aber höher. Tabelle 3 fasst die Personenschäden nach Nutzung und Konstruktionsart zusammen.

Tabelle 3: Personenschäden im Kanton Bern für den Zeitraum 1986 bis 1995

	Öffentlich genutzte Gebäude	Wohnen	Landwirtschaft	Gewerbe und Industrie	Alle Nutzungen	
Anzahl Tote [-]	0	17	0	1	18	massiv
	3	17	1	0	21	nichtmassiv
	3	34	1	1	39	beide
Tote pro 10 ³ Brände [-]	0.00	1.01	0.00	0.56	0.89	massiv
	8.38	1.77	0.10	0.00	1.01	nichtmassiv
	1.79	1.29	0.10	0.38	0.95	beide

Die beiden Polizeiorganisationen Stadtpolizei Zürich und Kantonspolizei Zürich haben für die Zeitdauer von 1990 bis 1999 insgesamt 44 Gebäudebrandtote im Kanton Zürich registriert. Nicht gezählt sind Suizide und Tötungsdelikte in Verbindung mit Brandstiftungen. Aus den Unfallprotokollen wird ersichtlich, dass bloss bei einem einzigen Brandfall die Bauweise bzw. die bauliche Brandschutzausbildung möglicherweise Einfluss auf den Brandtod hatte. Allerdings handelt es sich selbst in diesem Fall bloss um eine Vermutung. In allen anderen Fällen ist der Feuertod eindeutig unabhängig von der Materialwahl und der Baukonstruktion eingetreten. Von den 44 Toten sind rund ein Drittel der Opfer infolge unvorsichtigen Umgangs mit Raucherwaren zu beklagen. Ein weiteres Drittel umfasst Brandstiftungen, Schwächeanfälle mit anschliessendem Brand, mit Feuer spielende Kinder und Hantieren mit Kerzen. Das letzte Drittel beinhaltet Unfälle und Fahrlässigkeiten im Umgang mit Feuer unterschiedlicher Art.

Gebäudebrandschäden

Für die Periode 1986 bis 1995 wurden auch die Gebäudebrandschäden für den Kanton Bern untersucht. Diese sind in der Tabelle 4 für die verschiedenen Nutzungen und Bauweisen aufgeführt. Der Gesamtschaden für sämtliche Nutzungen und Bauweisen belief sich für die zehn Jahre auf 459 Mio Franken. Davon entfielen 196 Mio Franken (43 %) auf den Wohnungsbau. Im Gegensatz zu den anderen Nutzungen waren im Wohnungsbau der massive und nicht-massive Anteil mit jeweils 53 % und 47 % etwa gleich hoch.

Tabelle 4: Brandschäden an Gebäuden im Kanton Bern für den Zeitraum 1986 bis 1995

	Öffentlich genutzte Gebäude	Wohnen	Landwirtschaft	Gewerbe und Industrie	Alle Nutzungen	
Schadenssumme [CHF]	17'989'594	104'335'679	5'409'741	64'800'825	192'535'839	massiv
	7'353'527	91'183'408	134'261'761	34'155'198	266'953'894	nichtmassiv
	25'343'121	195'519'087	139'671'502	98'956'023	459'489'733	beide
Schaden pro Versicherungswert und Jahr (Schadenbelastung) [‰]	0.063	0.106	0.411	0.235	0.124	massiv
	0.263	0.262	0.534	0.617	0.391	nichtmassiv
	0.080	0.147	0.528	0.299	0.205	beide
Schaden pro Gebäudefläche und Jahr [CHF / 10 ³ m ² · a]	104	172	1'232	469	209	massiv
	439	425	1'602	1'233	778	nichtmassiv
	134	239	1'583	597	364	beide

Für den Wohnungsbau war die Schadenbelastung (Verhältnis zwischen Gebäudebrandschäden und Versicherungswert aller Gebäude) bei massiven Gebäuden mit 0.106 ‰ (0.106 Franken pro 1'000 Franken Versicherungswert und Jahr) deutlich tiefer als bei nichtmassiven Gebäuden mit 0.262 ‰.

Eine detaillierte Untersuchung (Tabelle 5) an Ladengeschäften, Warenhäusern und Verkaufsgeschäften zeigt, dass bei Gebäuden mit Sprinkleranlage die Schadenbelastung ebenfalls deutlich tiefer liegt. Betrachtet man ausschliesslich Gebäude mit einem Versicherungswert höher als 2 Mio Franken, also Gebäude die aufgrund ihrer Grösse über eine Sprinkleranlage verfügen sollten, so liegt die Schadenbelastung mit 0.121 ‰ markant unter dem VKF-Durchschnitt aller Gebäude von 0.209 ‰.

Tabelle 5: Untersuchung an Handelsgebäuden im Kt. Bern für den Zeitraum 1990 bis 2000

	VS > 2 Mio CHF	VS > 5 Mio CHF	
Schadenssumme	4'497'628	2'892'080	[CHF]
Versicherungssumme aller Gebäude	3'371'639'400	2'979'948'900	[CHF]
Anzahl Versicherungsjahre	11	11	[a]
mittlere Schadenbelastung	0.121	0.088	[‰]
Versicherungssumme betroffene Gebäude	2'059'740'000	1'893'923'000	[CHF]
mittlerer Schadenanteil	0.218	0.153	[%]
Anzahl Gebäude total	317	195	[-]
Anzahl Gebäude > 10 Mio CHF	100	100	[-]
Anzahl Gebäude > 20 Mio CHF	37	37	[-]
Anzahl Gebäude > 50 Mio CHF	8	8	[-]
Anzahl Gebäude > 100 Mio CHF	1	1	[-]
kleinste Versicherungssumme	2'000'000	5'000'000	[CHF]
grösste Versicherungssumme	233'500'000	233'500'000	[CHF]
Anzahl Schadenfälle total	289	209	[-]
Anzahl Schadenfälle > 10'000 CHF	34	27	[-]
Anzahl Schadenfälle > 20'000 CHF	17	11	[-]
Anzahl Schadenfälle > 50'000 CHF	7	3	[-]
Anzahl Schadenfälle > 100'000 CHF	4	2	[-]
Anzahl Schadenfälle > 1 Mio CHF	1	1	[-]
kleinster Schaden	140	140	[CHF]
grösster Schaden	1'697'348	1'697'348	[CHF]

Gemäss Bild 3 ist der Schadenanteil vor allem bei Wohnbauten in alten Gebäuden grösser als in neueren Gebäuden. Hingegen haben neue Industriegebäude einen sehr grossen Schadenanteil.

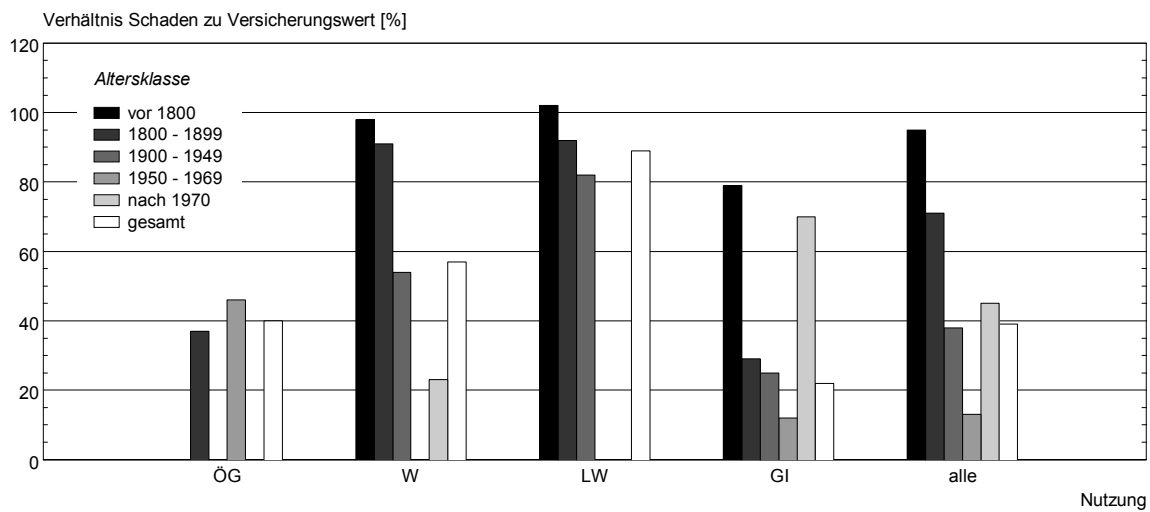


Bild 3: Schadenanteil in Abhängigkeit des Gebäudealters für Gebäude im Kanton Bern von 1986 bis 1995 mit einem Gebäudeschaden grösser als 1 Mio Franken (ÖG = Öffentlich genutzte Gebäude; W = Wohnen; LW = Land- und Forstwirtschaft; GI = Gewerbe und Industrie)

Untersuchungen an neuen Gebäuden

Ob die Materialwahl oder eher das Gebäudealter die Brandschäden stärker beeinflusst, sollte mit einer statistischen Untersuchung von modernen Gebäuden mit Erstellungsjahr 1990 bis 1999 für den Kanton Bern im Zeitraum 1990 bis 1999 untersucht werden. Sie zeigt deutlich tiefere Schadenbelastungen als bei der Untersuchung für den Zeitraum 1986 bis 1995 an allen Gebäuden (Tabelle 6).

Tabelle 6: Untersuchung im Kt. Bern an neuen Gebäuden mit Erstellungsjahr 1990 bis 1999

	Öffentlich genutzte Gebäude	Wohnen	Landwirtschaft	Gewerbe und Industrie	Alle Nutzungen	
Versicherungssumme [CHF]	3'731'177'600	13'586'815'200	155'079'800	3'741'678'400	21'214'751'000	massiv
	236'556'800	1'971'739'600	578'857'800	223'676'800	3'010'831'000	nichtmassiv
	3'967'734'400	15'558'554'800	733'937'600	3'965'355'200	24'225'582'000	beide
Anzahl Brände [-]	87	1'417	16	185	1'705	massiv
	9	242	66	17	334	nichtmassiv
	96	1'659	82	202	2'039	beide
Schadenssumme [CHF]	511'180	4'714'266	193'708	2'509'396	7'928'550	massiv
	150'004	484'462	305'094	486'221	1'425'781	nichtmassiv
	661'184	5'198'728	498'802	2'995'617	9'354'331	beide
Mittlere jährliche Schadenbelastung für Gebäude mit Erstellungsjahr 1990 bis 1999 [%]	0.018	0.066	0.394	0.131	0.066	massiv
	0.150	0.047	0.085	0.794	0.099	nichtmassiv
	0.021	0.063	0.104	0.164	0.070	beide
Mittlere jährliche Schadenbelastung für alle Gebäudejahrgänge [%]	0.063	0.106	0.411	0.235	0.124	massiv
	0.263	0.262	0.534	0.617	0.391	nichtmassiv
	0.080	0.147	0.528	0.299	0.205	beide

Am 31.12.1999 waren im Kanton Bern Gebäude mit einem Wert von insgesamt 243 Mia Franken versichert. Davon machten die Gebäude mit Erstellungsjahr 1990 bis 1999 24.2 Mia Franken aus (10 %). An diesen Gebäuden verursachten 2'039 Brände einen Schaden von 9.4 Mio Franken. Dies entspricht einer durchschnittlichen Schadenbelastung von 0.070 %. Sie liegt somit verglichen mit dem Wert für den ganzen Gebäudebestand etwa dreimal tiefer (0.205 %).

An den Wohnbauten mit einem Versicherungswert von 15.6 Mia Franken verursachten 1'659 Brände einen Schaden von 5.2 Mio Franken (0.063 ‰ Schadenbelastung). Dabei entstanden die grössten Schäden an den massiven Wohnbauten (1'417 Brände mit einer Schadenbelastung von 0.066 ‰). Die nichtmassiven Wohnbauten aus Holz verhielten sich mit 242 Bränden und einer Schadenbelastung von 0.047 ‰ noch besser.

Fazit aus den statistischen Daten

Die Untersuchung an Gebäuden aller Erstellungsjahre zeigt deutlich den Einfluss von Gebäudenutzung und Bauweise. An Wohnbauten entstanden zwar viele Gebäudebrandschäden, doch die Schadenbelastung blieb infolge vieler Kleinschäden tief. Die Bauweise hat bei allen Nutzungen einen ähnlichen Einfluss. Gebäude in massiver Bauweise haben geringere relative Schäden als nichtmassive Bauten.

Die Untersuchungen haben insbesondere gezeigt, dass Schadenanteil und Schadenbelastung mit steigendem Gebäudealter zunehmen. Die Schadenbelastung lag bei modernen Gebäuden in der Regel deutlich tiefer als bei den Gebäuden aller Erstellungsjahre. Interessant ist insbesondere die Feststellung, dass die Schadenbelastung moderner Holzbauten sogar geringer war als für massive Wohnbauten.

Aktive Massnahmen wie Sprinkleranlagen vermögen trotz grossen Brandabschnittsflächen die Schadenbelastung deutlich zu senken, was die Untersuchung an Ladengeschäften, Warenhäu-

sern und Verkaufsgeschäften gezeigt hatte. Über Wirksamkeit von Brandmeldern und Sprinklern im Wohnbereich können keine Angaben gemacht werden, weil diese in der Schweiz im Gegensatz zu den skandinavischen und angelsächsischen Ländern kaum eingesetzt werden.

Nebst den hier aufgeführten, schadenbestimmenden Einflussfaktoren Nutzung, Bauweise, Gebäudealter und Brandschutzmassnahmen spielen auch andere, meist nichttechnische Faktoren eine grosse Rolle. So liegt es in erster Linie an der Sorgfalt des Gebäudenutzers bzw. –besitzers, wie gut ein Gebäude gewartet ist und wie schnell die technische Lebensdauer des Gebäudes und dessen Installationen erreicht wird. Wird die Wartung und Instandhaltung vernachlässigt, so sinkt auch unweigerlich die Brandsicherheit. Es ist daher zu vermuten, dass die oben genannten Schadenbelastungen von modernen Gebäuden also mit der Zeit ansteigen. Eine periodische Wiederholung der statistischen Untersuchung an diesen Gebäuden nach jeweils zehn Jahren würde Aufschluss über diese Fragen geben.

Einzelne Personenschäden können durch bauliche Brandschutzmassnahmen nur wenig beeinflusst werden, sondern hängen stark von der Vorsicht der betroffenen Personen beim Umgang mit Feuer und Raucherwaren ab. Die Todesfallstatistik des Kantons Zürich unterstreicht diese Tatsache in aller Deutlichkeit.

Wirksame technische Massnahmen wie Sprinkler und Brandmelder sind aber in der Schweiz im Wohnbereich, wo rund neun von zehn Brandtoten zu beklagen sind hingegen kaum vorhanden. Erfahrungen aus dem Ausland zeigen den günstigen Einfluss technischer Massnahmen auf den Personenschutz auch im Wohnbereich.

Neue Schweizer Brandschutzvorschriften für mehrgeschossige Holzbauten

Die Bauweisen beeinflussen den baulichen Brandschutz stark. Daher werden in traditionellen baulichen Brandschutzkonzepten die massiven Bauweisen bevorzugt. Durch die flächige Tragstruktur aus nichtbrennbaren, gut isolierenden Materialien ergeben sich raumabschliessende Decken und Wände mit gutem Feuerwiderstand beinahe automatisch. Die massive Bauweise ist zudem in Bezug auf den Brandschutz robust und unempfindlich. Bei weit ausgedehnten Räumen ist jedoch den thermischen Dehnungen und Zwängungen Rechnung zu tragen.

Mit einer brandschutzgerechten und sorgfältigen Detailausbildung oder mit technischen Konzepten können heute aber auch mit nichtmassiven Bauweisen brandschutztechnisch gleichwertige Gebäude erstellt werden. Dem tragen die neuen Schweizerischen Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Rechnung [4]. diese wurden am 1.1.2005 durch die Kantone verbindlich erklärt. Sie erlauben die Holzanwendung für das Tragwerk von Wohngebäuden mit bis zu 6 Geschossen. Wobei ab 4 Geschossen die Treppenhäuser nicht brennbar zu erstellen sind. Die Planer können zudem frei wählen, ob sie ab 4 Geschossen entweder die Oberflächen nichtbrennbar verkleiden oder eine Sprinkleranlage einbauen wollen.

Bei nicht massiven Bauten, sind es vor allem Fehler bei der Detailgestaltung, Hohlräume und mangelnde Sorgfalt bei der Ausführung, welche zum Versagen der Brandabschnittsbildung führen. Eine gute Qualitätskontrolle bei der Erstellung ist somit wichtig.

Projekte 5- und 6 geschossiger Bauten sind durch einen anerkannten Fachingenieur zu begleiten. Es muss ein Brandschutzkonzept und ein Qualitätssicherungssystem vorliegen.

Es sind folgende Anforderungen an die Tragwerke einzuhalten:

Geschosszahl	Ohne Sprinkler	Mit Sprinkler
2	Mind. Abmessungen	Mind. Abmessungen
3	R30	Mind. Abmessungen
4	R60	R30
5-6	R60/EI30 nicht brennbar Verkleidet	R60

Zusammenfassung

Brennbare Tragwerke und Bauteiloberflächen haben unbestritten einen Einfluss auf den baulichen Brandschutz. Statistische Untersuchungen zeigen, dass andere Einflüsse wie z.B. das Gebäudealter aber einen mindestens ebenso grossen Einfluss auf die Brandschäden haben. Durch ganzheitliche Brandschutzkonzepte, bestehend aus baulichen, technischen und organisatorischen Massnahmen, kann ein bauweisenunabhängiges einheitliches Brandsicherheitsniveau erreicht werden, welches die Schutzziele erfüllt. Auch im Schadensverlauf zeigen neue, nach dem Stand der Technik im Brandschutz konzipierte Holzbauten ein mit Massivbauten vergleichbares Ergebnis. Die neuen Schweizerischen Brandschutzvorschriften differenzieren daher in den Massnahmen zwischen den Bauweisen und erlauben zudem den Planern die freie Wahl zwischen rein baulichen und baulich-technischen Brandschutzkonzepten.

Literatur

- [1] Norm SIA 266:2003 SN 505 266, Mauerwerk, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2003
- [2] *Maag T., Fontana M.*: Brandversuche an Modulhotels aus Holz, Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft Nr. 25, pp. 562-566, Zürich, Juni 2000
- [3] *Fontana M., Maag T.*: Personen- und Sachschäden infolge Gebäudebrände in der Schweiz, Baustofflehre Bauphysik Brandschutz, Berichte aus Forschung und Praxis, Festschrift zum 60. Geburtstag von O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. DDr. Ulrich Schneider, Technische Universität Wien, 2002
- [4] VKF Brandschutzvorschriften, Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, Bundesgasse 20, 3011 Bern, Ausgabe 2003