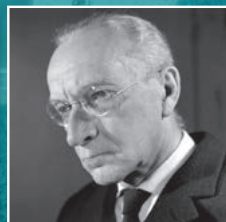
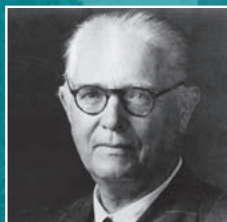
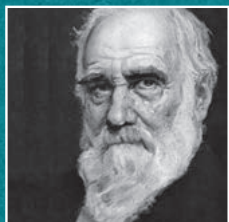


Helmut Künzel

Wohnhygiene und Wärmedämmung

Die Geschichte unserer Wohnkultur



Fraunhofer IRB  **Verlag**

Helmut Künzel

Wohnhygiene und Wärmedämmung

Die Geschichte unserer Wohnkultur

Helmut Künzel

Wohnhygiene und Wärmedämmung

Die Geschichte unserer Wohnkultur

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im
Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9784-5
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9785-2

Lektorat: Manuela Wallißer
Satz · Layout · Herstellung: Gabriele Wicker
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Druck: Offizin Scheufele Druck und Medien GmbH & Co. KG, Stuttgart
Umschlagbild Obelisk: Christian Bludau

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2017
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500
Telefax +49 711 970-2508
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

Vorwort

»Wohnhygiene« und »Wärmedämmung« sind zwei Begriffe der Bauphysik mit deutlich unterschiedlichen zeitlichen Entwicklungsphasen. Die Anforderungen an die Hygiene wirkten sich unmittelbar auf die Wohnungsnutzer aus und wurden innerhalb weniger Jahrzehnte gegen Ende des 19. Jahrhunderts erkannt und umgesetzt. Die Wärmedämmung der Außenbauteile war und ist hingegen keine die Bewohner unmittelbar betreffende Eigenschaft. Insbesondere die Wände waren in erster Linie für die Tragfähigkeit und Standsicherheit eines Gebäudes von Bedeutung. Hierfür galt bis ins letzte Jahrhundert die von den Griechen und Römern der Antike festgelegte Regelung, dass für die Statik von ein- bis zweigeschossigen Häusern eine 1½ Stein dicke Vollziegelwand ausreichend ist. Diese Festlegung wurde später ohne weitere Überlegungen auch als Mindestwert für die Wärmedämmung von Außenwänden übernommen. Erst 2001 hat man für die Klimaverhältnisse in Deutschland physikalisch begründete höhere Mindestwerte für die Wärmedämmung von Außenbauteilen vorgeschrieben.

Im Gegensatz zu den Auswirkungen der akzeptierten Hygieneanforderungen wurden die Auswirkungen einer geringeren Wärmedämmung weniger nachteilig empfunden bzw. hingenommen und gegebenenfalls durch Ersatzmaßnahmen kompensiert. Aus der früheren ›Geringschätzung‹ der Wärmedämmung sind auch unbegründbare überkommene Ansichten entstanden, wie z. B., dass Wärmespeicherung wichtiger ist als Wärmedämmung, oder dass Wände nicht mit Dämmschichten zugleleistert werden sollen.

Beide Themen hängen eng mit den Wechselwirkungen zwischen Feuchtigkeit und Temperatur im Bereich des Wohnens zusammen, also mit der sogenannten Hygrothermik, einem wichtigen Unterbereich der Bauphysik (im Westen) bzw. der Bauklimatik (im Osten Deutschlands). Die beiden letztgenannten Begriffe sind aus den unterschiedlichen wirtschaftspolitischen Systemen entstanden und haben erst nach dem Zweiten Weltkrieg Bedeutung gewonnen. Überhaupt wurden in der Vergangenheit die jeweiligen entwicklungsbedingten Schwerpunkte

im Wohnungswesen mit unterschiedlichen Begriffen wie »Hygiene«, »Gesundheitstechnik«, »Technische Bauhygiene« und schließlich »Bauphysik« und »Bauklimatik« gekennzeichnet. Aus diesen Wandlungen der Begriffe geht hervor, dass zunächst die physiologischen Bedürfnisse des Menschen im Vordergrund standen und dass mit zunehmend komplexer gewordenen Baukonstruktionen physikalische Anforderungen an deren Funktionalität berücksichtigt werden mussten. Fragen der Standsicherheit werden hier nur flankierend betrachtet, sofern sie mit der Entwicklung der Wärmedämmung in Zusammenhang stehen.

Im vorliegenden Buch werden die Entwicklungen in den Bereichen Bauen und Wohnen, also die Entwicklung unserer Wohnkultur, in den vergangenen eineinhalb Jahrhunderten nachverfolgt. Dabei zeigt es sich, dass zunächst durch die sozialen Verhältnisse in der Gründerzeit und dann insbesondere nach den beiden Weltkriegen durch die zunehmende Technisierung unserer Wohnumwelt große Impulse gegeben worden sind. Zu den geschilderten Entwicklungen gehört auch die Würdigung der Wissenschaftler, die für diese Entwicklungen verantwortlich waren.

Diese geschichtliche Rückschau lässt die unterschiedlichen Entwicklungsabschnitte erkennen, die den heutigen Wissensbereich »Bauphysik« geprägt haben. Ich möchte dabei den Beitrag von Max von Pettenkofer an dieser Entwicklung besonders hervorheben, zu dessen Zeit die Hygiene im Wohnbereich ein dringendes Bedürfnis der Menschen war. Die praktische Hygiene, die Pettenkofer vertreten hat, gehört heute zur Bauphysik, wohingegen seine Person und das nach ihm benannte Pettenkofer-Institut in München eher der Medizin zugerechnet werden.

Schließlich möchte ich mich beim Fraunhofer IRB Verlag für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung bedanken. Insbesondere Manuela Wallißer war mir als kritische Lektorin in Formulierungsfragen eine große Hilfe.

Valley, im Sommer 2016

Helmut Künzel

Geleitwort

»Dies ist das letzte Buch, das ich schreibe«, sagte Helmut Künzel zum Autor dieses Geleitwortes im Frühjahr 2016 – ein halbes Jahr vor seinem 90. Geburtstag. In der langen Reihe der Bücher, die er in seinem Unruhestand seit 1991 schrieb, ist dieses ein besonderes. Es ist eine schöne Nebenerscheinung des fortschreitenden Alters, dass man als Autor die Zeit finden kann, weiter zu blicken – und zwar auch zurück. Die Erfahrungen und Erkenntnisse der Altvorderen vor dem Vergessen zu bewahren, ist eine der vornehmsten Aufgaben der Historiker. Auf das Bauen bezogen lernen wir aus bauhistorischen Werken etwas über die Baustile und die Baukunst der Vergangenheit. Fachbücher für Restauratoren vermitteln alte Handwerkstechniken und den Zeugniswert von Denkmalen. Helmut Künzel schreibt die Geschichte der Bauphysik.

Bautraditionen auf den Prüfstand der heutigen wissenschaftlichen Erkenntnisse zu stellen, zieht sich wie ein roter Faden durch sein Werk. Dabei trennt er überlieferte Legenden von der technischen Wahrheit.

Dazu zwei Beispiele: Schon vor 40 Jahren schrieb er in einem Beitrag zur angeblich ›atmenden‹ Außenwand über einen »Irrtum in der Vergangenheit und seine Folgen«. Dieser geht zurück auf Max von Pettenkofer, den ersten praktischen Bauphysiker. Seinem Wirken im 19. Jahrhundert hat Helmut Künzel in einem großen Teil dieses Buches ein Denkmal gesetzt. Aber auch große Geister können sich irren. Pettenkofers anschaulicher Versuch, bei dem er über einen Trichter durch eine Ziegelwand eine Kerze ausblies, bildete nicht die realen Verhältnisse in der gebauten Wirklichkeit ab.

Als Künzel dies gut hundert Jahre später richtigstellte, war er nicht der erste, der dies tat. Das wurde ihm aber erst klar, als er bei den Recherchen für dieses Buch das Wirken Pettenkofers, seiner Schüler und Nachfolger aufarbeitete. Schon in den 1930er-Jahren zeigten wissenschaftliche Untersuchungen, wie es um die Luftdurchlässigkeit von massiven Außenwänden, Putzen etc. wirklich bestellt ist.

Die Bauphysiker der ersten Generationen wurden damals als »Hygieniker« bezeichnet. Sie arbeiteten im Grenzgebiet von Medizin und Physik. Mit Hygiene verbinden wir heute gemeinhin die Beseitigung von krank machenden Mikroorganismen. Den bautechnischen Hygienikern ging es vor allem darum, das krank machende Lebensumfeld der Menschen zu analysieren und technische Wege zur Abhilfe zu finden. Der Bau(physik)historiker Künzel nimmt uns mit zurück in die Zeit, in der der größte Teil unserer historischen Bausubstanz errichtet wurde.

Die Art und Weise, wie Menschen zu jener Zeit Häuser bewohnten, ist eine gänzlich andere als die Wohnkultur, die wir heute in unseren Behausungen pflegen. Früher waren eine mangelnde Beheizbarkeit, räumliche Enge und lang anhaltende Neubaufeuchte die zentralen Probleme. Heute haben wir Zentralheizungen und zugfreie Fenster, allerdings in vielen Fällen noch innerhalb der alten Mauern, deren Wärmeschutz seither nicht verbessert wurde. Manche vertreten die Meinung, dass dies auch nicht geschehen sollte, weil die Wand dann nicht mehr ›atmen‹ kann.

Nun gibt es ein neues hygienisches Problem – die Schimmelpilzdiskussion lässt grüßen. Dichte Fenster erfordern ein angepasstes Lüftungsverhalten und einen verbesserten Wärmeschutz der alten Substanz inklusive der Berücksichtigung von Wärmebrücken.

Leider ist während der Diskussion um das richtige Lüften in den letzten Jahrzehnten ein neuer Mythos entstanden: Die »Stoßlüftung« bei abgestellter Heizung. Für die Abfuhr von Gerüchen und chemischen Belastungen der Raumluft ist das Aufreißen der Fenster nach Bedarf eine taugliche Maßnahme. Die Messung des CO₂-Gehalts als Indikator für die Luftqualität geht im Übrigen auch auf Pettenkofer zurück. Für die Abfuhr von Wohnfeuchte, so zeigt uns Künzel, ist diese Lüftungsmethode wenig hilfreich. Um die Feuchte in den hygroskopischen Baustoffen und Einrichtungsgegenständen zu entfernen, bedarf es aufgrund der Sorptionsträgheit eher einer kontinuierlichen Lüftung bei gleichzeitiger Zufuhr von Wärme zum Zwecke der Verdunstung.

Diese beiden Beispiele mögen die »Methode Künzel« verdeutlichen. Historische Zusammenhänge zu kennen und aus Sicht des heutigen Wissens zu hinterfragen, gehören für ihn zusammen. Wer alte Bausubstanz für unsere gegenwärtige Wohnkultur erhalten will, braucht diese Methode.

Bei der Entwicklung der Technik ist es wie bei der Entwicklung der Kultur: Sie wird von Menschen gemacht, die auf der Suche nach Lösungen für die Probleme ihrer Zeit sind. Helmut Künzel gibt uns in seinem Buch einen Einblick in das Wirken der Wissenschaftler, deren Arbeiten grundlegend für das waren, was wir heute Bauphysik nennen. Im Anhang erhalten wir auch einen sehr menschlichen Einblick in erstaunliche Biografien von großen Forschern.

Robert Borsch-Laaks

Sachverständiger für Bauphysik, Aachen

Geleitwort

Als Helmut Künzel 1926 in Waiblingen geboren wurde, begann sich das Bauen in Deutschland gerade grundlegend zu verändern. Lochziegel lösten die bis dahin gebräuchlichen Vollsteine als gängiges Baumaterial ab. Man wagte erste Experimente mit Beton und Fertigbauteilen, die Bautechnik insgesamt erlebte einen großen Innovationsschub. Keine 20 Kilometer von Helmut Künzels Geburtsort entfernt entstand in Stuttgart unter Beteiligung namhafter Werkbund-Architekten des »Neuen Bauens« die avantgardistische Weißenhof-Siedlung. Die neue Bautechnik barg viele Herausforderungen – noch wusste man wenig über das Materialverhalten und die Beständigkeit der Bausysteme.

Bautechnische Forschung wurde als notwendig erachtet und entwickelte sich nach den Verheerungen des Zweiten Weltkriegs zu einem drängenden, auch gesellschaftlich großen Thema – auch für Helmut Künzel, der unmittelbar nach Kriegsende 19-jährig sein Abitur ablegen konnte und sich zu einem Studium der Physik und Mathematik an der Universität Stuttgart entschloss. Der allgegenwärtige Wiederaufbau und die Aufbruchsstimmung der Nachkriegsjahre motivierten den jungen Wissenschaftler, sich nach seinem Studienabschluss 1951 praktisch zu engagieren. Das Institut für Technische Physik in Stuttgart, heute Fraunhofer-Institut für Bauphysik, plante damals die Einrichtung einer Freilandversuchsstelle. Das wachsende Normenwerk für das Bauwesen machte es plausibel, Politik und Industrie förderten das Vorhaben. Mit dem aufgelassenen Flugplatz bei Holzkirchen in Bayern wurde schließlich ein Areal gefunden, dessen raue klimatische Bedingungen ein optimales Versuchsumfeld boten. Helmut Künzel ergriff – durchaus abenteuerlustig! – die Gelegenheit und wurde zum Aufbauhelfer im Wortsinn. Viele von uns kennen seine fesselnden Berichte über das Arbeiten im oberbayerischen Provisorium, eine Zeit, in der jeder der damals noch wenigen Mitarbeiter mit anpackte und geduldig und beharrlich das aufbaute, was bis heute zu einem modernen Forschungsinstitut von internationalem Rang werden konnte.

Bis zu seinem Ruhestand 1991 pflegte Helmut Künzel diesen ›geerdeten‹ Führungsstil und machte täglich seine Runde durch das Institut, um sich mit allen Mitarbeitern im Gespräch auszutauschen. Erfahrungswissen und die direkte Auseinandersetzung durch eigene Anschauung hat Künzel stets auch als wichtige Grundlage seiner wissenschaftlichen Arbeit bezeichnet – in diesem Sinne hat er seine Schüler und Mitarbeiter immer ermahnt und ermuntert, exakt zu messen, aber vor allem auch mutig zu interpretieren, um eine Anwendbarkeit der Theorien der Bauphysik für praktische Zusammenhänge gewährleisten zu können. Wir sind ihm dankbar für diese Maxime und versuchen, sie auch heute weiter zu beherzigen.

Helmut Künzel hat mit seinen Forschungen zum Wärme- und Feuchteschutz zeitgemäße bauphysikalische Themen von hoher praktischer Relevanz erschlossen, die das Bauen bis heute prägen. Wie kaum ein anderer Vertreter der Bauphysik vermag er es bis heute, seinen wissenschaftlichen Ertrag im Zusammenhang mit der Genese unserer Fachdisziplin zu verstehen. 90 Lebensjahre Helmut Künzel sind auch neun entscheidende Jahrzehnte der Bauphysik. Helmut Künzel hat sie miterlebt und mitgestaltet.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Peter Sedlbauer

Institutsleiter Fraunhofer IBP

Inhaltsverzeichnis

1	Standsicherheit (19. Jahrhundert)	15
1.1	Mauerwerk	15
1.2	Holzfachwerk	19
1.3	Beurteilung	22
2	Frühere sanitäre und hygienische Verhältnisse	23
2.1	Straßen und Wege, Wasser und Abwasser	23
2.2	Gerüche und Luftverschmutzung	26
2.3	Wohnungsnot, Schlafgänger, Trockenwohnen	29
2.4	Beurteilung	31
3	Wohnungsheizung und Raumklima früher	33
3.1	Ofenheizung	33
3.2	Verbesserung der Behaglichkeit	37
3.3	Heizenergieverbrauch	40
3.4	Raumklima in Sommer	43
3.5	Beurteilung	43
4	Gezielte Forschung	45
4.1	Warmluftheizung	45
4.2	Luftdurchlässigkeit	48
4.3	Heutiger Kenntnisstand	53
4.4	Luftqualität und Luftaustausch	55
4.5	Choleraepidemien	59
4.6	Wasser und Abwasser	60
4.7	Beurteilung	62

5	Weiterentwicklungen	65
5.1	Praktische Hygiene, Gesundheitstechnik und Bauphysik	65
5.2	Technische Physik	68
5.3	Landwirtschaftliches Bauen	70
5.4	Beurteilung	72
6	Wärmedämmung und Energieeinsparung	75
6.1	Historische Wärmedämmung (frühere Verhältnisse)	76
6.2	Wirtschaftliche Wärmedämmung	80
6.3	Energiesparende Wärmedämmung	81
6.4	Das Wohnverhalten in der Praxis	85
6.5	Das Problem der Schimmelbildung	89
6.6	Beurteilung	91
	Nachwort	93
	Literatur	99
	Anhang	103
	Anhang A: Prof. Dr. Max von Pettenkofer (1818–1901)	107
	Anhang B: Prof. Dipl.-Ing. Werner Cords (1886–1954)	129
	Anhang C: Dr.-Ing. habil. Joseph Sebastian Cammerer (1892–1983)	145
	Anhang D: Prof. Dr.-Ing. habil. Hermann Reiher (1894–1989)	159

1 Standsicherheit (19. Jahrhundert)

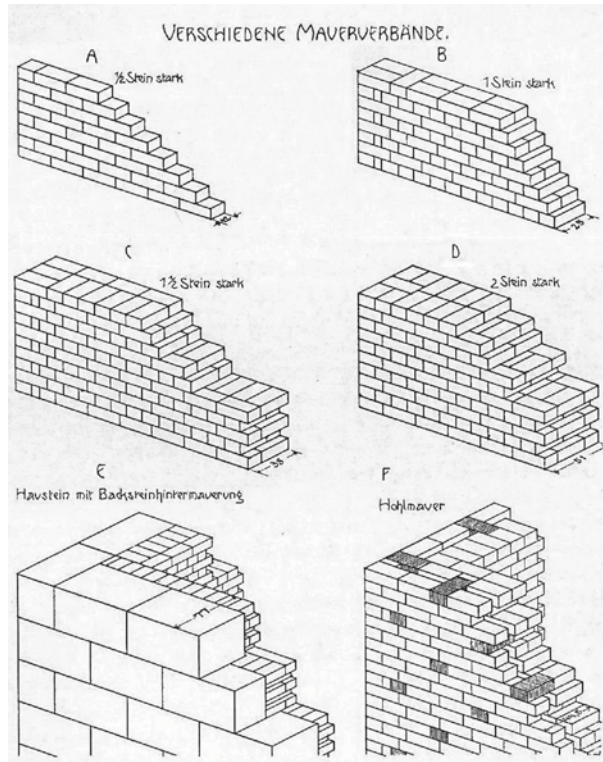
Die beiden Begriffe »Wand« und »Mauer« haben unterschiedliche sprachliche Wurzeln. Der ältere und allgemeine Begriff Wand geht nach [1] auf das Winden von Zweigen zwischen Pfosten zurück, während der Steinbau von den Römern übernommen worden war; aus dem Lateinischen »Murus« wurde das deutsche Wort »Mauer«. Über die Entwicklung des Mauerwerks und der Fachwerkwände als Weiterentwicklung der ursprünglich »gewundenen Wände« im 19. Jahrhundert wird nachfolgend berichtet.

1.1 Mauerwerk

Im 19. Jahrhundert wurde hauptsächlich Mauerwerk verwendet, das im Läufer-Binder-Verband vermörtelt worden ist (Bild 1). Als Läufer werden die in Richtung der Mauerlänge verlegten Steine bezeichnet ($\frac{1}{2}$ Stein dickes Mauerwerk) und als Binder die Steine, welche zwei Längssteine »zusammenbinden« (1 Stein dickes Mauerwerk). Wegen ähnlicher Festigkeit und Wärmedämmung der Mauersteine (meist Vollziegel) und des Mauermörtels entstanden stabile, quasi monolithische Wände mit einer von deren Dicke abhängigen Tragfähigkeit und Stabilität. Die Dicke war in diesem Fall ein Synonym für die Tragfähigkeit. Deshalb wurde die Wanddicke mit der Stärke gleichgestellt und der k -Wert von Wänden (heute U -Wert) in Abhängigkeit von deren Dicke angegeben, wie z. B. in [30]. Wenn anstelle von Formsteinen Bruchsteine verwendet werden, sind für die gleiche Tragfähigkeit größere Dicken erforderlich. In einer Anweisung aus dem Jahr 1796 [3] heißt es: *»Die irregulären und unförmigen Bruchsteine geben eine schlechte Mauer und eine Mauer von solchen Steinen ist schwer zu arbeiten, weil der Verband übel herauszubringen ist und weil die Steine wegen ihrer irregulären Form nicht gut aufliegen. Eine solche Mauer wird, wenn sie auch $1\frac{1}{2}$ Ellen stark ist, nie die Dauer haben als eine Ziegelmauer, die nur 1 Ellen stark ist.«* Aufgrund der synonymen Verwendung in diesem Fall wird die Bezeichnung »stark« auch oft auf andere Fälle übertragen, bei denen es eigentlich weniger

Tragfähigkeit

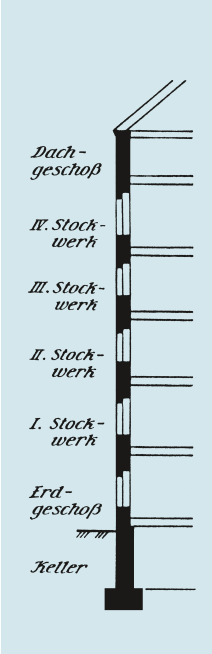
Bild 1: Verschiedene Mauerverbände (aus [2]). Bei Vollziegeln (Backstein) wird die Tragfähigkeit durch die »Steinstärke« angegeben. Bei der Hohlmauer stellen die schraffierten Steine die Verbindung zwischen der Vormauer und der Hintermauerung dar. Bei »Hausteinfassaden«, wie man damals z. B. Sandstein-Sichtmauerwerk bezeichnete, war eine Backsteinhintermauerung üblich, um einen möglichen Feuchtedurchschlag bei saugfähigen Sichtsteinen zu vermeiden.



sinnvoll ist, z. B. bei der Buchdicke: »ein 200 Seiten starkes Buch«. Nur bei dem oben beschriebenen monolithischen Mauerwerk kann man Dicke = Stärke setzen.

Geforderte »Wandstärken«

Nach den Erfahrungen des 19. Jahrhunderts ist bei ein- bis zweigeschossigen Häusern, »um das Innere des Hauses gegen Winterkälte und Sommerhitze im mitteleuropäischen Klima ausreichend zu schützen, eine 1½ Stein dicke Ziegelmauer erforderlich« (aus [2]). Bei höheren Gebäuden war die erforderliche Tragfähigkeit der Außenwände von der Geschosshöhe abhängig, die baupolizeilich festgelegt wurde, sofern im Einzelfall kein statischer Nachweis vorlag. Die baupolizeilich festgelegten Anforderungen waren örtlich verschieden, wie in Bild 2 an drei Beispielen aus [4] gezeigt wird. Wie zu erkennen, waren sie bei Ziegelmauerwerk allgemein geringer als bei Natursteinmauerwerk, wohl wegen der längeren Erfahrung und weil die Natursteinart nicht näher spezifiziert ist.



	Bayern 1881	Dresden 1906	Osnabrück 1923	Bayern 1886	Dresden 1906	Osnabrück 1923
Dach- geschoss	–	450	450	–	250	250
IV. Stock- werk	450	600	500	450	380	–
III. Stock- werk	520	600	550	450	380	–
II. Stock- werk	590	750	600	595	510	380
I. Stock- werk	660	750	650	595	510	380
Erd- geschoss	730	900	700	740	640	380
Keller	800	1030	750	–	770	510
	Natursteinmauerwerk			Ziegelmauerwerk		

Bild 2: Geschossabhängige Mindestdicken tragender Außenwände aus Ziegelmauerwerk und aus Natursteinmauerwerk für Bayern, Dresden und Osnabrück nach damals geltenden baupolizeilichen Vorschriften

Beim Mauerwerksbau mit Vollsteinen und dicken Wänden – und damit höheren Gewichten der Bauteile – traten infolge mangelhafter Fundamentierung oder bei Arbeiten an höheren Geschossen vom Gerüst aus nicht selten Unfälle auf, über die in Zeitungen berichtet wurde. Aus der in Berlin herausgegebenen »Bauwerks-Zeitung«, Jahrgang 1897 (Bild 3), sind die Bilder 4 und 5 als Beispiele entnommen. Innerhalb eines Jahres waren durch solche Unfälle – allein laut dieser Zeitung – 23 Tote und eine große Zahl von Verletzten zu beklagen.

Bauunfälle