

Erdbeben am 3. September 1978 auf der Schwäbischen Alb

Herbert Blauß

Seit Jahrhunderten wird Südwestdeutschland immer wieder durch Erdbeben erschüttert. Die Ursache dieser mit verschiedener Stärke auftretenden Beben sind Bewegungen in der oberen Erdkruste, die mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Verschiebung des afrikanischen Kontinents gegenüber dem europäischen zurückzuführen sind.

Die Schwerpunkte dieser Erdbebenzone liegen im Oberrheintal bei Basel und im südwestlichen Teil der Schwäbischen Alb, dem sog. Hohenzollerngraben. Dieser ist ein verhältnismäßig kleines Gebiet unregelmäßig verlaufender Verwerfungen und zieht sich auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb vom Hohenzollern aus nach Süden in Richtung Albstadt, einer Industriegemeinde mit ca. 50 000 Einwohnern. Das am stärksten besiedelte Gebiet von Albstadt sind die Orte Ebingen, Tailfingen und Onstmettingen, die im Schmiechatal liegen, das ungefähr über dem Hohenzollerngraben verläuft.

Am 3. September, einem Sonntag, morgens um 6.08 Uhr, wurde als Folge einer tektonischen Verschiebung ein Erdbeben ausgelöst, dessen Herd in etwa 6,5 km Tiefe und 2,5 km östlich von Albstadt lag. Die Uhrzeit des Erdbebens ist insofern von Bedeutung, weil es wahrscheinlich eine große Zahl von Verletzten, unter Umständen gar Tote, gegeben hätte, wenn das Erdbeben zu einer Zeit mit starkem Publi-

Kennzeichen	Grad
Nur instrumentell nachweisbar	I
Gefühlt {	II
	III
	IV
Erwachen {	IV
	V
Schlafender {	V
	IV
Flucht {	IV
	V
Klirren von Fenstern, Krachen von Türen u. dgl.	IV
Pendeln frei hängender Gegenstände	V
Ertönen von {	V
	VI
	VII
Glocken {	VI
	VI
Umfallen von {	V
	VI
Gegenständen {	VI
	VII
Herabfallen von {	VI
	VII
Dachpfannen, {	VI
	VII
Schornsteinen {	VI
	VII
Schäden {	VI
	VII
Zerstörungen {	VII
	VIII
	IX
	X
größere {	VIII
	IX
	X
	XI
Gebäudeteile {	VIII
	IX
	X
Einstürze {	VIII
	IX
	X
Einsturz sämtlicher Bauwerke jeglicher Art bis auf die Fundamente	XI
	XII

Vereinfachte Mercalli-Sieberg-Skala der Erdbebenwirkungen

*Reg.-Baudirektor
 Dipl.-Ing. Herbert Blauß,
 Württ. Gebäudebrandversicherungs-
 anstalt, Stuttgart.*



Bild 1. Die Erdbebenzonen in Baden-Württemberg.

kumsverkehr in den Straßen und öffentlichen Gebäuden aufgetreten wäre (Kirchen, Burg Hohenzollern).

Die Stärke eines Erdbebens wird durch die Magnitude nach der Richterskala und durch die Intensität nach der Skala von Mercalli-Sieberg charakterisiert. Die Magnitude nach der Richterskala ist ein Maß für die im Erdbebenherd – also an der Bruchstelle im Erdinnern – freigesetzte Energie, die von Erdbebenstationen mit Hilfe von Seismographen unabhängig von der Entfernung zum Erdbebenherd ermittelt wird. Die Intensität dagegen drückt aus, welche Schäden durch ein Erdbeben an Bauwerken und an der Landschaft verursacht werden. Im Gegensatz zu der mit Seismographen ermittelten Erdbebenstärke wird die Intensität durch subjektive Beobachtung der verursachten Schäden festgestellt und ist abhängig von der Tiefe des Erdbebenherdes, von der Entfernung eines Gebäudes zum Erdbebenherd, von der geologischen Struktur der Gründungsschichten und von der zeitlichen Dauer des Erschütterungsvorganges. Ein Erdbeben hat also je nach der Entfernung eines Ortes zum Erdbebenherd unterschiedliche Intensität, obgleich es nur eine einzige Angabe für die Stärke des Bebens gibt.

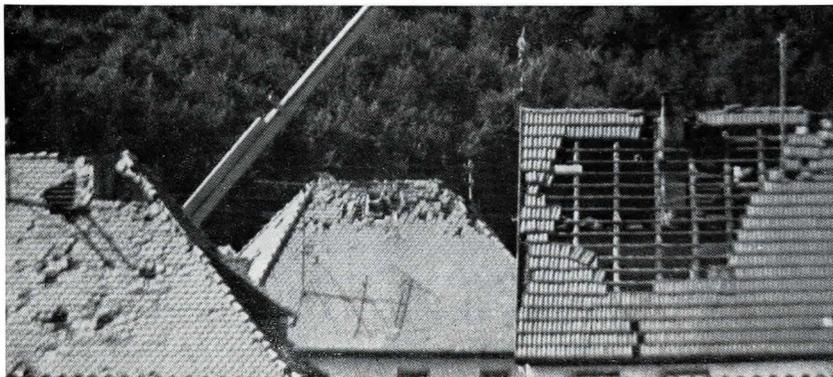


Bild 2. Beschädigte Dächer.

Das stärkste Beben, das etwa seit 1900 auf der Erde registriert wurde, erreichte die Magnitude nach der Richterskala von $M = 8,7$ und war damit etwa 1000mal stärker als das Beben am 3. September 1978. Dies erreichte eine Stärke mit der Magnitude von 5,5. Die Erschütterung dauerte nur ca. 2 Sekunden. Im Vergleich hierzu zog sich der Erschütterungsvorgang bei dem Erdbeben in Friaul im September 1976 über ca. 6 Sekunden hin. Die Erdbebenstärke hierbei war etwa die gleiche.

Die Intensität des Bebens am 3. September 1978 erreichte in den am stärksten betroffenen Orten Taillfingen und Onstmettingen den Wert VII bis VIII der Skala von Mercalli-Sieberg und ist damit in die Reihe der Beben mit den stärksten Schäden einzuordnen, die in Deutschland im Verlauf der letzten 1000 Jahre beobachtet wurden.



Bild 3. Knotenpunktaussteifung eines Dachstuhles – nach dem Erdbeben – mit H VV-Blechen und Mauerankern.

In den Gebieten, in denen die Intensität bei V und darunter lag, wurden zwar Erdbebenschäden festgestellt, doch waren sie weitgehend minimal, oder es handelte sich um Bauten, bei denen bereits vor dem Beben erhebliche Mängel vorhanden waren und nun erst durch das Erdbeben offensichtlich wurden. Die Erschütterungen durch das Erdbeben waren in diesen Fällen also nur der auslösende Faktor, jedoch nicht die eigentliche Ursache.

In Albstadt wurden durch das Erdbeben ca. 8500 Gebäude beschädigt, zum Teil so stark, daß sie von den Be-

wohnern geräumt werden mußten. In den benachbarten Gemeinden sind weitere ca. 3000 Gebäude beschädigt worden; unmittelbare Einsturzgefahr bestand aber hier nicht. Darüber hinaus waren in den übrigen Gemeinden des Zollernalbkreises sowie in Randgemeinden der Landkreise Reutlingen und Tübingen Gebäudeschäden als Folge des Erdbebens zu verzeichnen.

Der Gesamtschaden, den das Erdbeben verursachte, ist noch nicht ermittelt, wird aber mit Sicherheit mehr als 100 Mio. DM betragen.

Die Schäden in den vom Erdbeben am stärksten betroffenen Orten Tailfingen und Onstmettingen waren verschiedener Art. Sie lassen sich in folgende Hauptgruppen unterteilen:

Beschädigte Dächer

Durch die Erschütterungen wurden an sehr vielen Gebäuden die Dacheindeckungen beschädigt, die Dächer ganz oder teilweise abgedeckt. Dabei wurden steile Dächer mit mehr als 45° Dachneigung besonders stark beschädigt. Außer von der Dachneigung war der Schadenumfang noch abhängig von der Art der Dachhaut; so traten z. B. an Pfannen- und Falzziegeldächern besonders große Schäden auf, während schwere Biberschwanzdoppeldächer geringere Schäden aufwiesen und Schiefer- und Schindeldächer kaum beschädigt wurden.

Es hat sich weiterhin gezeigt, daß die innere Steifigkeit des Dachstuhls von großer Bedeutung für den Schadenumfang an der Dachhaut ist. Bei gut ausgesteiften Dachstühlen, die als Ganzes den durch das Erdbeben verursachten Schwingungen gefolgt sind, wurde die Dachhaut weit weniger beschädigt als bei Sparrendächern, bei denen häufig auch die normale Windaussteifung nicht in ausreichendem Maße vorhanden war. Im Hinblick auf die mögliche Personengefährdung durch herabstürzende Dachziegel bei künftigen Erdbeben wurde diesen Punkten bei den Reparaturarbeiten besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Die wichtigsten, zusätzlichen Maßnahmen im Zuge der Reparaturen waren daher die Herstellung von zug- und druckfesten Verbindungen in den Knotenpunkten im Dachgebälk und die zugfeste Verbindung des Dachgebälks mit den Giebelwänden durch Einbauen von Mauerwerksschlaudern (Giebelanker) sowie die mechanische Verbindung der Dachziegel mittels Sturmklammern mit der Dachlattung.

Beschädigte Schornsteine

Unmittelbar während des Erdbebens sind an etwa 1300 Hausschornsteinen einzelne Teile abgestürzt, vereinzelt

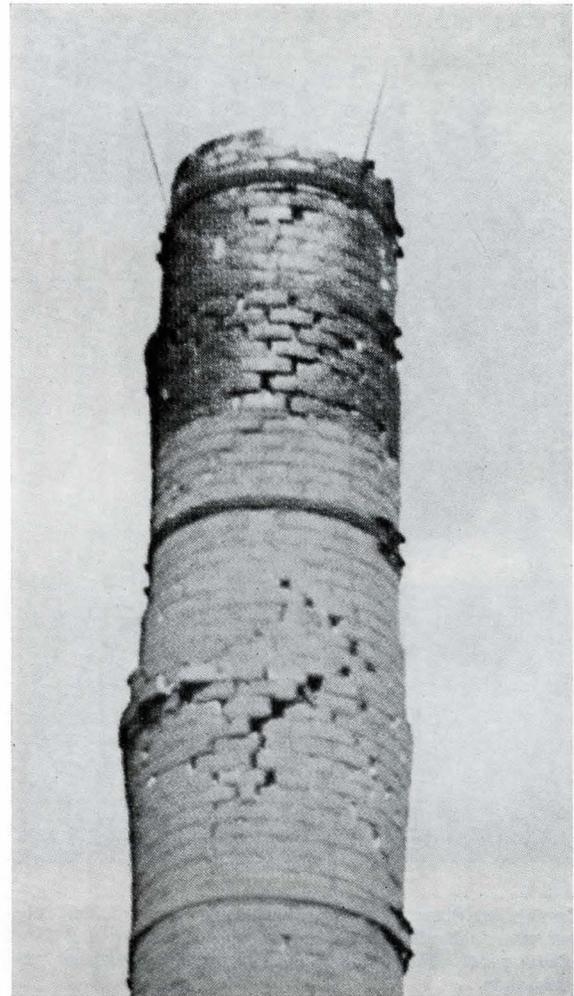


Bild 4.
25 Fabrikschornsteine wurden so stark beschädigt, daß fast immer das oberste Drittel des Schornsteines abzutragen war.



Bild 5.
Schräge Schubrisse in den Wänden, die vor allem an den schwachen Stellen von Gebäuden aufgetreten sind (Fensterpfeiler).



Bild 6.
Senkrechte Risse zwischen Giebel- und Längswänden, die auf eine fehlende bzw. mangelhafte Verzahnung und Einbindung der Giebelwand in den gesamten Baukörper zurückgehen.



Bild 7.
Schubrisse in den Fensterfeilern.

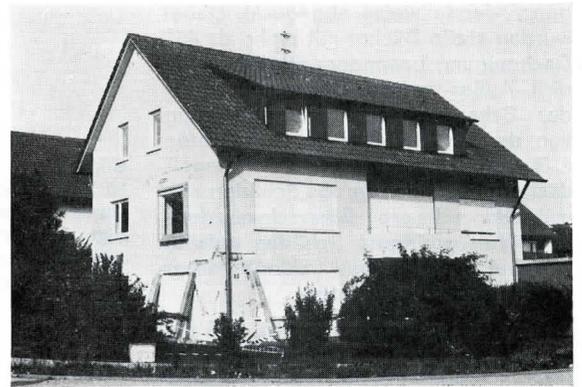


Bild 8.
Gebäude, das nur auf Frosttiefe (80 cm) gegründet war.

sind auch die über die Dachhaut hinausragenden Kaminköpfe ganz herabgestürzt. Weitere 2200 Schornsteine erlitten Risse, so daß sie nicht mehr rauchdicht waren; sie mußten teilweise erneuert werden.

Die Ursache für die vielen Schäden an den Schornsteinen ist das unterschiedliche Schwingungsverhalten zwischen Schornstein und dem anschließenden Baukörper. Dies war daran zu erkennen, daß in der Regel die Schornsteine am letzten Deckendurchbruch bzw. an der Betonverwahrung im Dachgebälk horizontal abgerissen sind. Neben der stoßartigen Horizontalbelastung erleiden Schornsteine, insbesondere freistehende Fabriksschornsteine, Torsionsschwingungen, was dazu führte, daß häufig Kaminköpfe um ihre eigene Achse verdreht wurden. Bedingt durch die von der Funktion her vorgeschriebenen andersartigen Baustoffe und die verschiedene statische Belastung werden sich Erdbebenschäden an Schornsteinen wohl kaum ganz vermeiden lassen. Die über das Dach hinaus-

ragenden Teile sollten aber so abgesichert werden, daß ein Herabstürzen einzelner Teile verhindert wird. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten, die im Einzelfall festzulegen sind.

Beschädigte Wände

Durch das Erdbeben wurde eine Horizontalbeschleunigung erzeugt, die je nach Entfernung zum Erdbebenherd bis zu einem Zehntel der Erdbeschleunigung betragen hat. Dadurch wurden die Gebäude, die vorwiegend für eine ruhende Vertikallast berechnet sind, zusätzlich durch eine dynamische Horizontalkraft belastet.

In all den Fällen, wo die zulässigen Spannungen in den tragenden Bauteilen durch die normale Belastung voll ausgenutzt oder gar schon überschritten und keine Tragfähigkeitsreserven mehr vorhanden waren, hat diese zusätzliche Horizontalkraft zu Schäden geführt. Besonders große Schäden sind dort aufgetreten, wo ein Baugrund mit verhältnismäßig geringer

Tragfähigkeit ansteht und die Fundamente nur bis zur Frosttiefe gegründet waren. Dies war besonders häufig in Hanglagen mit ausgebauten Untergeschossen der Fall. In vielen Fällen sind auch, bedingt durch die verschiedenartige Nutzung des berg- bzw. talseitigen Untergeschosses, für die Wände verschiedene Baustoffe verwendet worden, wodurch an den Trennfugen zwischen den verschiedenen Baumaterialien eine weitere Schwachstelle vorhanden war, die bei dem Erdbeben regelmäßig aufgerissen ist. Derartige Schäden waren besonders an solchen Gebäuden festzustellen, die kurz nach dem Weltkrieg erstellt worden sind, als die Qualität der Baustoffe (z. B. Mörtel minderer Qualität) sowie die Bauausführung selbst erhebliche Mängel aufwies. Auch Hohlblockmauerwerk hat sich als besonders schadenanfällig erwiesen.

Im Gegensatz hierzu sind an handwerksgerecht erstellten Fachwerks- und Stahlbetonbauten sowie an Ge-



Bild 9.
Dasselbe Gebäude (Bild 8) nach der Reparatur.



Bild 10.
In den Fällen, wo beide nichttragende Giebelwände abgetragen werden mußten, wurden die beiden neu aufgeführten Giebelwände durch Zuganker verbunden, um so dem ganzen Gebäude wieder einen inneren Zusammenhalt zu geben. Man beachte die Ankerplatte für die Stahlzuganker in Deckenhöhe.

bäuden mit ordnungsgemäßem Mauerwerk und gutem Zementmörtel keine größeren Schäden aufgetreten. Dort, wo die Baustoffe oder die Bauteile aufgrund ihrer konstruktiven Ausbildung Zugkräfte aufnehmen konnten, ist es im allgemeinen höchstens zu Schäden am Außen- und Innenputz gekommen. Besonders deutlich wurde dies auch daran, daß Zwischenwände, die mit den Tragwänden nicht ord-

nungsgemäß verzahnt waren, regelmäßig an der Arbeitsfuge abgerissen sind.

Da auch künftig im Bereich des Hohenzollerngrabens mit ähnlich schweren Erdbeben zu rechnen ist, war bei den Reparaturarbeiten das Hauptaugenmerk darauf zu legen, durch entsprechende konstruktive Maßnahmen zwischen den einzelnen Gebäudeteilen zugfeste Verbindungen herzustellen.

Die Reparatur der tragenden Bauteile erfolgte auf verschiedene Art und Weise.

Sofern Giebelwände abgetragen und erneuert werden mußten, wurden die Ecken dieser Wände in Stahlbeton ausgeführt und mit den Längswänden und den Geschoßdecken zugfest verbunden.

Dieses Verfahren wurde auch dort angewandt, wo die Außenwände senk-



Bild 11.
Die Anker werden in der Regel in den Holzbalkendecken oder in den Ecken zwischen Wand und Decke geführt und im Inneren des Gebäudes anschließend verkleidet.



Bild 12.
In Einzelfällen wurden die Gebäudeecken in Stahlwinkel gefaßt, die jeweils in Geschoßhöhe miteinander verbunden worden sind. Durch Einbau von Spannelementen in den Verbindungsstäben war es möglich, im Zuge der Reparaturen eine Art Vorspannung auf das Mauerwerk der Außenwände aufzubringen, wodurch dem Baukörper wieder sein innerer Zusammenhalt gegeben werden konnte, ohne daß Außenwände in größerem Umfang entfernt werden mußten.



Bild 13.
Bei geringeren Schäden wurden die Risse im Mauerwerk vernadelt und mit Mörtel, dem Epoxidharz zugesetzt war, wieder geschlossen.

rechte Risse aufwiesen, jedoch nicht so stark beschädigt waren, daß sie abgetragen werden mußten.

Die durch dieses Erdbeben verursachten Gebäudeschäden waren bei der Württembergischen Gebäudebrandversicherungsanstalt versichert. Die Schadenersatzleistungen waren beschränkt auf die Kosten, die zur Wiederherstellung des Gebäudezustandes vor dem Schadenfall notwendig waren. Die Kosten für die im Zusammenhang mit der Reparatur notwendigen zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen mußten von den betreffenden Gebäudeeigentümern selbst getragen werden.

Literaturhinweis

Deutsche Bauzeitung 6/79
„Wenn die deutsche Erde bebt“
von Hans G. Lukas.

Gaskonzentrationsmessungen in ortsfesten und ortsbeweglichen Behältern

H. Grabitz † und W. Wiechmann

1. Einführung

In den verschiedensten Formen und Abmessungen werden ortsfeste und ortsbewegliche Behälter zum Transport, Abfüllen, Lagern oder Verarbeiten von brennbaren Flüssigkeiten eingesetzt. Erfahrungsgemäß ergibt sich später oft die Notwendigkeit, Reparaturen und konstruktive Veränderungen an diesen Behältern auszuführen. Hierfür muß die brennbare Flüssigkeit in der Regel abgelassen werden; den frei werdenden Raum nimmt dann ein dem Dampfdruck der Flüssigkeit entsprechendes Gemisch aus brennbarem Dampf und Luft ein. Anschließend werden die Behälter gereinigt.

Spätestens zu diesem Zeitpunkt besteht eine akute Brand- oder Explosionsgefahr. Diese entsteht dadurch, daß das naturgemäß noch lösungsmittelreiche Gemisch infolge Luftzutritts, z. B. durch Atmen der Behälter als Folge von Temperaturschwankungen fortlaufend verdünnt wird. Dabei

wird in Teilbereichen und schließlich im ganzen Tank die obere Explosionsgrenze unterschritten. Die Explosionsgefahr bleibt so lange bestehen, bis durch fortdauernden Luftzutritt die untere Explosionsgrenze unterschritten wird. Werden während dieses Vorgangs Arbeiten an oder in diesem Behälter aufgenommen, so können Zündquellen wirksam werden, und es kann zu folgenschweren Bränden oder Explosionen des Behälterinhaltes kommen. Um diesen Gefahren wirksam zu begegnen, sind für das Arbeiten an oder in Behältern, die zur Aufnahme brennbarer Flüssigkeiten mit explosionsfähigen Dämpfen vorgesehen sind, gesetzliche Regelungen in Form von Verordnungen und Unfallverhütungsvorschriften [1 bis 8] getroffen worden. Die in diesen in allgemeiner Form ausgesprochenen Schutzziele werden durch Richtlinien [9, 10] und Merkblätter [11 bis 13] hinsichtlich der Durchführung eines effektiven Arbeits- und Sachschutzes weiter konkretisiert.

Die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin, hat im Land Berlin die Aufgaben eines staatlichen Materialprüfungsamtes wahrzunehmen. Hierunter fällt die Überwachung von Arbei-

ten, die mit Brand- bzw. Explosionsgefahren durch brennbare Gase und Dämpfe verbunden sind. Über das Vorgehen und die Erfahrungen, die bei diesen Überwachungsarbeiten in Berlin gemacht worden sind, wird nachstehend berichtet.

2. Untersuchungen

Vor der Aufnahme von Arbeiten an oder in Tankanlagen muß der Innenraum frei von brennbaren Gasen und Dämpfen sein. Ziel entsprechender Untersuchungen ist es, die sogenannte Gasfreiheit herbeizuführen oder nachzuweisen. Die Gasfreiheit soll aber nicht nur kurzzeitig bestehen, sondern mindestens so lange andauern, bis die Reparaturarbeiten am Behälter abgeschlossen sind und der Behälter wieder mit Flüssigkeit gefüllt worden ist. Bei ortsbeweglichen Behältern auf Tankschiffen oder Straßentankwagen muß der gasfreie Zustand dabei oft über Tage aufrechterhalten bleiben. Diese Forderung ergibt sich aus dem Umstand, daß erfahrungsgemäß immer eine gewisse Zeit zwischen Reinigung, Reparatur, Inspektion und Wiederbefüllung verstreicht.

Ing. (grad.) H. Grabitz † und Dr.-Ing. W. Wiechmann, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin