

Willi Mönck

# SCHÄDEN AN HOLZKONSTRUKTIONEN

Analyse und Behebung

3., bearbeitete Auflage  
mit 425 Abbildungen und 36 Tabellen  
sowie zahlreichen Berechnungsbeispielen  
mit einem Beitrag von  
Dr.-Ing. Klaus Erler



Verlag Bauwesen · Berlin

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einführung</b>	11	3.4.1.	Voraussetzungen, Schwachstellen, Mängel und Schäden	74
1.1.	Aufgaben, Probleme	11	3.4.2.	Ortung von Holzbalken	74
1.2.	Ableitung der Bauaufgaben	11	3.4.3.	Methoden zu Bauzustandsuntersuchungen von Holzbalkendecken	75
1.3.	Ablauf der Instandsetzung/Sanierung	12	3.4.4.	Darstellung und Dokumentation der Bauschäden	77
1.3.1.	Zielanalyse	12	3.4.5.	Erkenntnisse aus den Bauzustandsuntersuchungen	78
1.3.2.	Bauzustandsanalyse	12	3.5.	Bestimmung des Bauwerksalters	79
1.3.3.	Schadensanalyse	13	3.5.1.	Gefügekundlich-konstruktiver Vergleich	79
1.3.4.	Bauzustandsanalyse, Bewertung des baulichen Zustandes	14	3.5.2.	Stilkritisch-historische Methode	83
1.3.5.	Festlegung der bautechnischen Maßnahmen	14	3.5.3.	Jahrringchronologie (Dendrologie)	83
1.3.6.	Sanierungsausführung	14			
1.3.7.	Bestandspflege	14	<b>4.</b>	<b>Analyse der Schadensursache</b>	84
1.3.8.	Beispiele für Bauuntersuchungen	14	4.1.	Ziel, Aufgaben	84
1.4.	Begriffserläuterungen	15	4.2.	Schadensverursachende Einwirkungen	86
1.5.	Grundsätzliches über Bauschäden	16	4.3.	Einteilung der Bauschäden nach Entstehungsphasen	86
1.6.	Schwachstellen von Holzkonstruktionen	18	4.4.	Typische Bauschäden der jeweiligen Bauwerksgeneration	86
1.7.	Systematisierung von Bauzustandsuntersuchungen bei Holzkonstruktionen	20	4.5.	Bauschäden und Schadensursachen an Holzkonstruktionen (Vollholz)	87
1.7.1.	Erscheinungsbild	20	4.5.1.	Schäden und Schadensursachen an Holzverbindungen	87
1.7.2.	Ursachen (Art der Einwirkung)	21	4.5.2.	Schäden und Schadensursachen bei Dübelverbindungen	88
1.7.3.	Messungen, Prüfungen, Kontrollen	21	4.5.3.	Schäden und Schadensursachen an Schraubbolzen	91
1.7.4.	Bewertung des baulichen Zustandes	21	4.5.4.	Schadensursachen an Holzbalkendecken	91
1.7.5.	Schadensbehebung	21	4.5.5.	Schäden und Schadensursachen an Dachkonstruktionen	91
1.8.	Klassifizierung von Bauschäden	21	4.5.6.	Schäden und Schadensursachen an Hallenkonstruktionen	94
<b>2.</b>	<b>Grundsätzliches zu älteren Holzkonstruktionen</b>	23	4.5.7.	Schwachstellen bei neueren Holzkonstruktionen	97
2.1.	Zimmermanns-Holzkonstruktionen	23	4.6.	Bauschäden und Schadensursachen bei geklebten Holzkonstruktionen	97
2.2.	Ingenieur-Holzkonstruktionen	26	4.6.1.	Rißschäden bei geklebten Brettschichtträgern	97
2.3.	Fachwerkbauten	32	4.6.2.	Schwinden als Schadensursache bei geklebten Holzkonstruktionen	97
2.4.	Geschichtliche Entwicklung der hölzernen Dachwerke/Zeittafel	34	4.7.	Bauschäden an Holzkonstruktionen infolge biologischer Schädlinge	98
2.5.	Tragvermögen historischer Holzbauwerke	49	4.7.1.	Auftreten pflanzlicher Holzschädlinge	98
			4.7.2.	Auftreten tierischer Holzschädlinge	99
			4.7.3.	Bauschäden an landwirtschaftlichen Gebäuden	99
<b>3.</b>	<b>Schadenserfassung</b>	51	4.8.	Bauschäden an Holzkonstruktionen infolge von Fehlern und Mängeln des baulichen Holzschutzes	99
3.1.	Ziel der Schadenserfassung	51	4.8.1.	Allgemeines	99
3.2.	Schadensarten nach dem Erscheinungsbild	51	4.8.2.	Begriffe	100
3.2.1.	Abnutzungen	51	4.8.3.	Festlegung der Gefährdungsklassen	100
3.2.2.	Verformungen	51	4.8.4.	Maßnahmen	102
3.2.3.	Risse	53	4.8.5.	Transport und Lagerung von Holz	103
3.2.4.	Korrosion	59	4.8.6.	Frei bewittertes Holz im Gebrauchszustand	103
3.2.5.	Bauteilschwächung	60	4.8.7.	Vermeidung von Bauschäden durch richtige Holzwahl	107
3.2.6.	Bauteilversagen	61	4.9.	Bauschäden an Holzkonstruktionen infolge bauphysikalischer Fehler und Mängel	107
3.2.7.	Oberflächenveränderungen	64	4.9.1.	Schadensursachen	107
3.3.	Methoden und Verfahren zur Ermittlung des baulichen Zustandes	65	4.9.2.	Wärme- und dampftechnische Probleme beim Dach	108
3.3.1.	Übersicht	65	4.9.3.	Wärmedämmte Flachdächer	108
3.3.2.	Wichtige Meß- und Prüfverfahren	65	4.9.4.	Schäden an Pappdächern	111
3.3.3.	Untersuchungen, Methoden und Ablauf	65	4.9.5.	Schäden an Kaltdächern	111
3.3.4.	Allgemein anwendbare Verfahren zur Bauzustandsuntersuchung	65	4.9.6.	Durchlüftungsarten für Kaltdachräume	112
3.3.5.	Geräte und Werkzeuge für die Bauzustandsuntersuchung	67	4.9.7.	Beispiele: Schadensfälle bei Kaltdächern	114
3.3.6.	Beobachtungen	68			
3.3.7.	Ingenieurgeodätische Meßverfahren	68			
3.3.8.	Wirklichkeitsgetreue (verformungsgerechte) Bauaufnahme	69			
3.3.9.	Erkennen von Befall durch holzschädigende Organismen	71			
3.4.	Bauzustandsuntersuchungen von Holzbalkendecken	74			

4.9.8.	Wärmedämmte Steildächer	116	7.4.1.	Bestimmung der zulässigen lichten Weite von alten Holzbalken unter Wohn- und Büroräumen	169
4.10.	Bauschäden an Holzkonstruktionen infolge mechanischer Einwirkungen	117	7.4.2.	Ermittlung der Balkentragfähigkeit einer Geschoßbalkenlage	171
4.10.1.	Schadensursachen	117	7.5.	Verstärkung von Holzbalkendecken	173
4.10.2.	Statische Überlastungen	118	7.5.1.	Balkenverstärkungen	173
4.10.3.	Dynamische Belastungen	119	7.5.2.	Querschnittsvergrößerungen mit Vollholz	174
4.11.	Bauschäden an Holzkonstruktionen infolge chemisch aggressiver Einwirkungen	121	7.5.3.	Verstärkungen mit Flach- und Profilstählen	174
4.11.1.	Schadensursachen	121	7.5.4.	Scheibenartige Verstärkungen, Deckenplatten	174
4.11.2.	Chemische Widerstandsfähigkeit des Holzes	121	7.5.5.	Holz-Beton bzw. Holz-Polymer-Verbundkonstruktionen	175
4.11.3.	Gradmesser für die chemische Aggressivität	122	7.5.6.	Vollwandträger zur Verstärkung	175
4.11.4.	Zeitlicher Ablauf der Holzzerstörung bei Einwirkung von chemisch aggressiven Medien	122	7.5.7.	Unterspannte Balken	175
4.11.5.	Verwitterung	123	7.5.8.	Verstärkung durch nachträglich zugelegte Balken	175
4.11.6.	Chemische Einwirkung von Wasser	123	7.5.9.	Einbau von Unterzügen	178
4.11.7.	Salze und Salzlösungen	123	7.6.	Instandsetzung schwingender Holzbalkendecken	180
4.11.8.	Umwelteinflüsse	124	7.6.1.	Aufgaben	180
4.11.9.	Säureeinwirkungen	124	7.6.2.	Maßnahmen gegen unzulässige Schwingungen	181
4.11.10.	Einwirkung von Alkalien	129	7.6.3.	Konstruktionsgrundsätze	181
4.11.11.	Wirkungen chemisch aggressiver Medien auf geklebte Holzkonstruktionen	129	7.6.4.	Konstruktionsbeispiele	181
4.11.12.	Wirkung chemisch aggressiver Medien auf Verbindungsmittel	129	7.7.	Instandsetzung von Trockenraumdecken	184
4.11.13.	Hinweise zur Schadensanalyse bei chemisch aggressiven Einwirkungen	130	7.7.1.	Allgemeine Hinweise	184
4.12.	Bauschäden an Holzkonstruktionen infolge thermischer Einwirkungen	130	7.7.2.	Neue Wärmeschutzverordnung	184
4.13.	Bauschäden an Fachwerkbauten	131	7.7.3.	Möglichkeiten bei der Sanierung alter Holzbalkendecken	184
4.13.1.	Schwachstellen, Bauschäden und Schadensursachen	131	7.7.4.	Instandsetzung älterer Winkelbodenecken	184
4.13.2.	Standfestigkeit schiefelehnender Fachwerkbauten	132	7.7.5.	Instandsetzung von Einschubdecken	185
4.13.3.	Statische Untersuchung	133	7.7.6.	Holzfußböden	189
<b>5.</b>	<b>Bewertung des baulichen Zustandes</b>	<b>134</b>	7.7.7.	Sonstige Fußböden auf Holzbalkendecken	191
5.1.	Allgemeines	134	7.8.	Feuchtraumdecken	192
5.2.	Beurteilung der Standsicherheit und Tragfähigkeit	134	7.8.1.	Allgemeines	192
5.2.1.	Sicherheit und Versagen von Bauwerken	134	7.8.2.	Grundsätzliche Forderung	193
5.2.2.	Lastannahmen	134	7.8.3.	Einfache Ausführung	194
5.2.3.	Versagensarten	135	7.8.4.	Verbesserte Ausführung	194
5.2.4.	Stabilitätsverlust	135	7.8.5.	Ausbildung der Zwischendecke	195
5.2.5.	Statische Berechnung	136	7.9.	Verbesserung des Schallschutzes bei Holzbalkendecken	196
5.2.6.	Dauerhaftigkeit und Funktionstüchtigkeit	138	7.9.1.	Allgemeine Feststellungen	196
5.2.7.	Probelastungen	138	7.9.2.	Federnde Abhängung der Unterschale	198
5.3.	Bauzustandsermittlung	138	7.9.3.	Biegeweiche Beschwerung der Deckenoberschale	198
5.3.1.	Ziel	138	7.9.4.	Schwimmender Estrich	198
5.3.2.	Bauzustandsstufen und Verschleißanteile	139	7.9.5.	Schwimmend verlegte Spanplatten	198
5.3.3.	Hinweise zur Ermittlung der Bauzustandsstufen einer Holzbalkendecke bzw. eines Daches	143	7.9.6.	Trockenestriche	198
5.3.4.	Dringlichkeit der Baumaßnahmen	143	7.10.	Brandschutztechnische Einschätzung und Verbesserung des Feuerwiderstandes von Holzbalkendecken	199
<b>6.</b>	<b>Grundlagen der Instandsetzung von Holzkonstruktionen</b>	<b>144</b>	7.10.1.	Allgemeine Forderungen	199
6.1.	Aufgaben, Probleme, Abgrenzung	144	7.10.2.	Feuerwiderstand von Holzbalkendecken	200
6.2.	Begriffe	144	7.10.3.	Einschätzung des Feuerwiderstandes von unbekleidetem Vollholz	202
6.3.	Grundsätze	145	7.10.4.	Behandlung des Holzes mit chemischen Mitteln zum Schutz vor leichter Entflammbarkeit	202
6.4.	Instandsetzungsverfahren	147	7.10.5.	Einschätzung des Feuerwiderstandes ausgewählter Holzbalkendecken	202
<b>7.</b>	<b>Instandsetzung von Holzbalkendecken</b>	<b>150</b>	7.10.6.	Verbesserung des Feuerwiderstandes	203
7.1.	Grundsätzliche Forderungen	150	7.11.	Nachträglicher Einbau von Trennwänden auf Holzbalkendecken	204
7.2.	Bebeilen von Holzbalken	150	7.11.1.	Aufgaben, Ziel	204
7.3.	Instandsetzung von Balkenköpfen	156	7.11.2.	Balkenlage kann Zusatzlast tragen	205
7.3.1.	Lösungsmöglichkeiten	156	7.11.3.	Balkenlage kann Last der Trennwand nicht übertragen	206
7.3.2.	Seitliche Anlaschungen	156	<b>8.</b>	<b>Instandsetzung zimmermannsmäßiger Dachkonstruktionen</b>	<b>208</b>
7.3.3.	Unterzüge unter den abgeschnittenen Balken	159	8.1.	Aufgaben	208
7.3.4.	Auswechslungen	160	8.2.	Instandsetzung von Dachfüßen	208
7.3.5.	Stahlprothesen	160	8.2.1.	Schadensschwerpunkt	208
7.3.6.	Zwickauer Balkenschuhe	160	8.2.2.	Statische und konstruktive Hinweise	208
7.3.7.	Aufhängung der Holzbalken	160	8.2.3.	Instandsetzung beim Sparren- bzw. Kehlbalckendach	208
7.3.8.	Instandsetzung (Ersatz) des Balkenkopfes mit Reaktionsharz-Beton oder -Mörtel	161	8.2.4.	Instandsetzung beim Pfettendach	211
7.3.9.	Berechnung von Holzlaschen	163	8.2.5.	Arbeitsgänge zur Instandsetzung von Dachfüßen	212
7.4.	Ermittlung der Balkentragfähigkeit	169	8.3.	Verstärkung von Strebenanschlüssen	213
			8.3.1.	Allgemeines	213
			8.3.2.	Verstärkung von Stirnversätzen	213

8.3.3.	Nachweis der Tragkraft und Verstärkung von Strebenanschlüssen mit Versatz	213	11.13.	Verstärkung von querzugbeanspruchten Holzbauteilen	259
8.3.4.	Strebenanschluß mit Rückversatz	214	11.13.1.	Auftreten von Querzugspannungen	259
8.4.	Instandsetzung bzw. nachträglicher Einbau von Aussteifungsverbänden bei Pfettendächern	216	11.13.2.	Konstruktionshinweise	259
8.5.	Instandsetzung von Pfettendächern	217	11.13.3.	Erhöhte Querzugbelastbarkeit	260
8.5.1.	Instandsetzung eines Pfettendaches (doppeltes Hängewerk mit liegenden Stielen) und Kniestock (Drempel)	217	11.13.4.	Technologische Hinweise	260
8.5.2.	Instandsetzung eines Lagerschuppens (Pfettendach mit Sprengwerkstreben)	220	11.13.5.	Ausbildung von Queranschlüssen	260
8.5.3.	Schadensbehebung an einem Pfettendach	222	<b>12.</b>	<b>Auswechslung und Erneuerung von Holzkonstruktionen</b>	262
8.6.	Instandsetzung von Kehlbalkendächern	222	12.1.	Ziel und bauliche Maßnahmen	262
8.6.1.	Konstruktionshinweise für ältere Kehlbalkendächer	222	12.2.	Varianten zum Ersatz alter Dachkonstruktionen	262
8.6.2.	Stabilisierung von schrägstehenden Sparrenfüßen	224	12.3.	Anwendungsbeispiele	262
8.6.3.	Instandsetzung von liegenden Dachstühlen	225	<b>13.</b>	<b>Abstützungen von Dachkonstruktionen</b>	264
8.6.4.	Instandsetzung eines Kirchendachstuhles	226	13.1.	Grundsätzliche Forderungen	264
8.7.	Instandsetzung von Hängewerksdächern	227	13.1.1.	Anforderungen an eine Abstützung	264
8.7.1.	Statische Hinweise	227	13.1.2.	Allgemeine Konstruktionsgrundsätze	264
8.7.2.	Instandsetzung, Sanierung und Verstärkung eines doppelten Hängewerks über einem Saal	227	13.1.3.	Arbeitsschutz bei Abstützungsarbeiten	265
<b>9.</b>	<b>Instandsetzung von Stützenfüßen</b>	236	13.2.	Abstützungen von zimmermannsmäßigen Dachkonstruktionen	265
9.1.	Schadensstellen	236	13.2.1.	Einfache Abstützungen bei Instandsetzung von Dachfüßen	265
9.2.	Statische und konstruktive Forderungen an Stützenfüßen	236	13.2.2.	Abstützung von Kehlbalkendächern	265
9.3.	Schadensbehebung	236	13.2.3.	Abstützung und Instandsetzung eines doppelten Hängewerkes mit Drempel	267
9.4.	Konstruktionsbeispiele	236	13.3.	Abstützung von freitragenden Dachbindern	271
9.5.	Nachträgliche Strebenanschlüsse an Holzstützen	240	13.3.1.	Allgemeine Hinweise	271
<b>10.</b>	<b>Instandsetzung von Ingenieur-Holzkonstruktionen</b>	241	13.3.2.	Zeitweilige Abstützung eines gebrochenen, genagelten Satteldachbinders	272
10.1.	Stabilisierung schräggestellter freitragender Holzkonstruktionen	241	13.3.3.	Abstützung eines freitragenden Kantholzbinders, die im Bauwerk verbleibt	272
10.1.1.	Grundsätze	241	13.4.	Abstützung der Gurtbögen einer Turnhalle	273
10.1.2.	Hinweise zur statischen Berechnung	241	<b>14.</b>	<b>Instandsetzung von Fachwerkwänden</b>	274
10.2.	Nachträgliche Längsaussteifung schräggestellter Fachwerkbinder	241	14.1.	Kurzer geschichtlicher Rückblick	274
10.3.	Stabilisierung einer schiefgestellten Holz-Stahl-Dreieckbinder-Dachkonstruktion	242	14.2.	Hinweise für die Instandsetzung bzw. Sanierung denkmalgeschützter Fachwerkhäuser	274
10.3.1.	Angaben zum Bauwerk	242	14.3.	Allgemeines	275
10.3.2.	Schadensursachen	243	14.4.	Stabilisierung der Fachwerkwände	275
10.3.3.	Hinweise zur Schadensbehebung	243	14.5.	Instandsetzung der Fachwerkhölzer	276
10.4.	Stabilisierung der schräggestellten Dreigelenkbinder einer Düngerlagerhalle	246	14.5.1.	Erneuerung von Stiefüßen und Schwellen	276
10.4.1.	Angaben zum Bauwerk	246	14.5.2.	Einbau von neuen Riegeln	277
10.4.2.	Baulicher Zustand	246	14.5.3.	Holznägel und Holznagelungen	278
10.4.3.	Ursachenanalyse	246	14.5.4.	Ausgewählte Instandsetzungsbeispiele	279
10.4.4.	Belastungsannahme für die Stabilisierungselemente (Aussteifung)	247	14.6.	Instandsetzung geschädigter Fachwerkhölzer infolge Trocken- (Schwind-)risse	281
10.4.5.	Baustoffe und Verbindungsmittel	247	14.6.1.	Schädigungen	281
10.4.6.	Ausführung der Instandsetzung	248	14.6.2.	Entstehung von Trockenrissen	281
10.5.	Instandsetzung gebrochener Zugstäbe	248	14.6.3.	Folgen von Trockenrissen	282
<b>11.</b>	<b>Verstärkung von Bauwerksteilen</b>	250	14.6.4.	Trockenrisse und statisch konstruktive Probleme	282
11.1.	Begriffe, Notwendigkeit	250	14.6.5.	Schwächung von Biegestäben durch Trockenrisse	283
11.2.	Grundsätze	250	14.6.6.	Schwächung von Druckstäben durch Trockenrisse	284
11.3.	Zusammenwirken alter und neuer Elemente	250	14.6.7.	Verminderung von Trockenrissen	284
11.4.	Verstärkungsbeispiele	250	14.6.8.	Abdichtung von Schwindrissen	285
11.4.1.	Querschnittsvergrößerungen	250	14.6.9.	Instandsetzung von gerissenen Vollholzstützen	287
11.4.2.	Einsatz von Zusatztraggliedern	251	14.7.	Auswechseln von sichtbaren Balkenköpfen	288
11.4.3.	Verringerung der Stützweiten von Biegestäben	251	14.7.1.	Probleme, Forderungen	288
11.5.	Verstärkung von Holzbalkendecken	252	14.7.2.	Anschauen eines neuen Balkenkopfes	289
11.6.	Verstärkung von Unterzügen	252	14.7.3.	Einbau neuer Balken	289
11.7.	Unterspannung von Biegeträgern	253	14.7.4.	Äußere Abstützung einer Fachwerk-Giebelwand	289
11.8.	Unterspannung von Fachwerkbindern	255	14.8.	Wärmedämmung von Fachwerk-Außenwänden	289
11.9.	Fachwerke mit biegesteifen Einzelstäben	256	14.8.1.	Probleme	289
11.10.	Fachwerke mit Zwischennetzen und verstärkten Obergurten	257	14.8.2.	Der Fachwerkbau ist eine historische Bauweise	291
11.11.	Verstärkung von freitragenden Dachbindern durch Einbau von Mittelstützen und zusätzlichen Stäben	257	14.8.3.	Zusätzliche Beanspruchungen der Außenwände	291
11.12.	Verstärkung von gespreizten Druckstäben	257	14.8.4.	Grundsätze für die Wärmedämmung	292
			14.8.5.	Nachträgliche Wärmedämmung	293
			14.8.6.	Wärmebrücken	296
			14.8.7.	Einbau und Verputz von Fachwerkausfachungen	296
			14.8.8.	Instandsetzung von Lehmausfachungen	298

<b>15. Regeln und Vorschriften im Holzbau – einst, jetzt und zukünftig</b> <i>von Dr.-Ing. habil Klaus Erler</i> .....	300	15.5. Verbindungsmittel.....	300
15.1. Überblick.....	300	15.6. DIN und Eurocode bei alten Holzkonstruktionen.	300
15.2. Zulässige Spannungen etwa ab 1875 .....	300	15.7. Quellenangaben .....	300
15.3. Hinweise zu Berechnungsgrundlagen .....	300	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	305
15.4. Regeln und Vorschriften für Deckenbalken .....	300	<b>Sachwörterverzeichnis</b> .....	312