

280

BAUFORSCHUNG
BAUPRAXIS

HOLZBAU

22. Jahrestagung der Arbeitsgruppe
»Timber Structures«

Teil 2



B A U A K A D E M I E

Autoronexemplar

Holzbau

**22. Jahrestag der Arbeitsgruppe
»Timber Structures«
des Internationalen Rates
für Bauforschung**

Berlin, 25. – 28. September 1989

Teil 2

Veranstalter:

**Bauakademie
Institut für Industriebau**

**Fachverband Bauwesen der Kammer der Technik
Zentrale Fachsektion Industriebau
Fachausschuß Ingenieurholzbau**

**VEB Kombinat Bauelemente und
Faserbaustoffe Leipzig**



BAUINFORMATION · BERLIN 1990



Doz. Dr. sc. techn. Klaus Erler
 Technische Hochschule Wismar
 Dr.-Ing. Wolfgang Rug
 Bauakademie
 Institut für Industriebau

Modifikationsfaktor „Aggressive Medien“ – Vorschlag für eine Ergänzung des CIP-Model-Codes

1. Einleitung

Holz hat eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen chemisch aggressive Stoffe. Holzkonstruktionen werden deshalb häufig als Lagerhallen für chemische Stoffe oder in Industriegebäuden mit aggressiver Umwelt eingesetzt.

Auch in landwirtschaftlichen Gebäuden tritt in bestimmten Gebäuden (Lagerhallen und Produktionsgebäuden) eine hohe chemische Beanspruchung auf.

Schadensfälle an Holzkonstruktionen aus diesen Anwendungsbereichen zeigen aber, daß die korrosive Wirkung der Stoffe auf das Holz und die Verbindungen häufig unterschätzt wird. In der DDR wurden für Gebäude der Landwirtschaft häufig genagelte Fachwerkbinder mit dünnen Brettern eingesetzt, die ausschließlich nach dem Materialaufwand optimiert wurden. Die chemischen Stoffe durchdringen schnell die dünnen Bretter, was zu einer Korrosion der Nägel führt.

Der CIB-Code /1/ enthält bisher noch keine Empfehlungen zur Berücksichtigung des Angriffs chemisch aggressiver Stoffe von Holzkonstruktionen.

Dieser Bericht präsentiert einen Vorschlag für eine Ergänzung des CIB-Codes. Der Aggressivitätsgrad der chemischen Einwirkung (z. B. Salze, Säuren oder Basen) in fester, flüssiger oder gasförmiger Form, die Zeitdauer der Einwirkung, der Standort der Konstruktion, bezogen auf die Umweltbedingungen, die verwendete Holzart und die konstruktive Durchbildung bilden zusammen ein Korrosionssystem. Diese einzelnen Faktoren bestimmen die Zerstörungsrate des Holzes. Der Vorschlag für die Bildung eines Faktors zur Berücksichtigung der chemischen Einwirkung basiert sowohl auf Untersuchungen an ausgebauten Bauteilen als auch auf Tests im Labor.

2. Vorschlag für eine Ergänzung des CIB-Codes

Holz ist beständig gegen schwache Säuren bei normaler Raumtemperatur und gegen alkalische Lösungen geringer Konzentration. Nur durch stark saure und stark alkalische Lösungen stellt sich eine Korrosionswirkung ein. Im pH-Wert-Bereich $2 < \text{pH} < 11$ ist i. allg. die Holzkorrosion gering. Bei den meisten Chemikalien in fester, flüssiger oder gasförmiger Form nimmt die Korrosionswirkung mit der Zeit ab, und es erfolgt nur eine Zerstörung in oberflächennahen Bereichen. (s. auch /2/).

Den Faktor zur Berücksichtigung der chemischen Einwirkung erhält man in Abhängigkeit vom Beanspruchungsgrad, d. h. dem Grad der Aggressivität (Tab. 54 bis 58).

Die Querschnittsabmessungen beeinflussen die Auswirkung der korrosiven Wirkung auf die Tragfähigkeit. Deshalb wurde der Faktor in Abhängigkeit vom Holzquerschnitt festgelegt. Die korrosive Wirkung wird von den aufgetragenen Schutzsystemen beeinflusst, was ebenfalls Berücksichtigung findet (Tab. 56).

Anpassungsfaktor $\gamma_{d,4}$ "Aggressive Medien" im GZT und GZN von BH und BSH.

Die Art der Medien wird gegliedert in Gase, Lösungen und feste Stoffe. Mit den Kriterien Konzentration des Mediums und Feuchtekategorie ergeben sich die Beanspruchungsgrade I, II, III (Tab. 54).

Tabelle 54 Beanspruchungsgrade I, II und III

Beanspruchungsgrad	Erläuterung
BG I	nicht oder schwach aggressiv
BG II	mittel aggressiv
BG III	stark aggressiv

Tabelle 55 Aggressivitätsbereiche und Beanspruchungsgrade für Gase
 a) Aggressivitätsbereiche für Gase

Gas Aggressivität steigend	Gasgruppe bei Konzentration mg/m^3		
	A 1	A 2	A 3
1. CH_2O (Formaldehyd)	1 bis 200	-	-
2. NH_3 (Ammoniak)	0,5 bis 20	-	-
3. SO_2 (Schwefeldioxid)	0,2 bis 10	10 bis 200	-
4. NO_2 (Stickstoffdioxid)	0,1 bis 5	5 bis 25	> 25
5. HCl (Chlorwasserstoff)	0,05 bis 1	1 bis 10	> 10
6. Cl_2 (Chlor)	0,02 bis 1	1 bis 5	> 5

b) Beanspruchungsgrade für Gase

Aggressivitätsbereich	Feuchtekategorie		
	FK 1	FK 2	FK 3
A 1	I	I	I
A 2	I	II	II
A 3	II	II	II

Tabelle 56 Beanspruchungsgrad von Lösungen

Gruppe	Lösung	pH-Wert	Konzentration der Lösung	Dissoziationsgrad bei 1-norm. Lösung	Beanspruchungsgrad
Säuren	Salpetersäure HNO ₃	< 2	≤ 5	hoch	III
	> 5		III		
	Salzsäure HCl	> 15	hoch	III	
	> 5		III		
Schwefelsäure H ₂ SO ₄	4	≤ 5	mittel	I	
> 15		II/ III			
	Essigsäure CH ₃ COOH		> 15	niedrig	I
Basen	Natronlauge NaOH	> 13	≤ 2	hoch	II
	> 2		III		
	Kalilauge KOH		≤ 2	hoch	II
	Ammoniumhydroxid NH ₄ OH		≤ 5	niedrig	I
	> 5		> 5		II
Salz- lösungen	<u>Chloridlösungen:</u>				
	KCl, NaCl	7	≤ 10/ > 10	mittel	I/ II
	<u>Sulfatlösungen:</u>				
	Na ₂ SO ₄ (Glaubersalz)		≤ 10/ > 10	mittel	I
	(NH ₄) ₂ SO ₄ (Ammonsulfat)	5	≤ 40		I
(organische Verbindung)	Harnstoff CO (NH ₂) ₂	2	≤ 40		II

Tabelle 57 Beanspruchungsgrade von festen Medien

Festes Medium	pH-Wert	Löslichkeit im Wasser	Hygroskopizität	Beanspruchungsgrad		
				BG bei FK 1	FK 2	FK 3
Kalidünger	8	gut (≤ 20 %)	gut	I	II	II
Harnstoff	9	gut (≤ 40 %)	stark	I	II	II
Superphosphat	3	(≤ 5 %)	gut	I	I	II
Natriumchlorid	7	gut	gut	I	I	II
Ammoniumsulfat	5	gut (≤ 40 %)	gering	I	I	I

Tabelle 58 Anpassungsfaktoren $\gamma_{d,4}$ für aggressive Medien in Abhängigkeit von der Holzquerschnittsgröße

Beanspruchungsgrad	Querschnittsgröße (10 ³ mm ²)	$\gamma_{d,4}$
BG I		1,0
BG II	< 9	0,75
	< 30	0,85
	≥ 30	0,95
BG III	< 9	0,65
	< 30	0,75
	≥ 30	0,85

Hinweise: Mindestabmessung des Holzbauteiles bei BG II und BG III: 40 mm, Mindestquerschnittsfläche: 400 mm²

$\gamma_{d,4}$ ist auf die Fläche des ungeschwächten Querschnitts bezogen. Zugelassene Holzschutzmittel haben auf das Holz keine aggressive Wirkung. Bei Verwendung wirksamer Bekleidungen oder Beschichtungen ist $\gamma_{d,4} = 1$.

Nach der Einordnung des Mediums in Aggressivitätsbereiche ist also der Beanspruchungsgrad mit den nachfolgenden Tab. 55 bis 57 zu ermitteln. Mit den BG ist in Abhängigkeit von der Querschnittsgröße der Holzbauteile

der Anpassungsfaktor $\gamma_{d,4}$ für aggressive Medien in Tab. 58 zu entnehmen.

Die aggressive Wirkung von Gasen ergibt sich aus der Konzentration der Gase. Ausgehend

von der Konzentration der Gase erhält man in Abhängigkeit von der Feuchteklasse den Beanspruchungsgrad der chemischen Einwirkung (Tab. 55a und b). Eine Abhängigkeit des Beanspruchungsgrades von der Feuchteklasse ergibt sich auch für feste Stoffe (Tab. 56).

3. Beispiele

3.1. Holzbauteile in Lagerhallen

In einer Lagerhalle für Kalihallen werden Kanthölzer von 100 mm x 120 mm verwendet. Die Lagerhalle wird nicht beheizt. Einordnung: Feuchteklasse 2, nach Tabelle 55b erhält man einen Beanspruchungsgrad II

Der Modifizierungsfaktor in Abhängigkeit von der Querschnittsgröße und dem Beanspruchungsgrad beträgt 0,85 (Tab. 58, /2/). Der statisch tragfähige Querschnitt ist um diesen Wert zu vermindern (Bild 75):
 vorh. A = 0,85 · 12 000 mm² = 10 200 mm²

Es verbleibt also eine Schutzschicht aus Holz von 5 mm als bautechnischer Korrosionsschutz.

An Kanthölzern aus vorhandenen Kalihallen mit einer Standzeit von 50 bis 70 Jahren wurde die Festigkeit über dem Querschnitt ermittelt (Bild 56 in /2/). Man erkennt, daß gerade im Randbereich < 5 mm eine große Festigkeitsreduzierung nachweisbar ist.

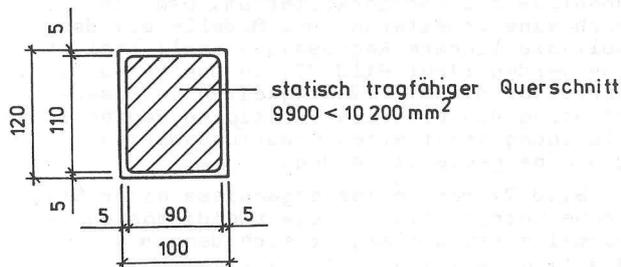


Bild 75 Statisch tragfähiger Querschnitt

3.2. Genagelte Fachwerkbinder in Lagerhallen

Für die Überdachung einer unbeheizten Lagerhalle für Düngemittel wird ein genagelter Fachwerkbinder verwendet. Die Stäbe bestehen aus Brettern 25/115, 25/85 und 25/75. Einordnung: Feuchteklasse 2, nach Tab. 57 erhält man Beanspruchungsgrad II
 Modifizierungsfaktor = 0,75; $A \leq 9000 \text{ mm}^2$, Tab. 58.

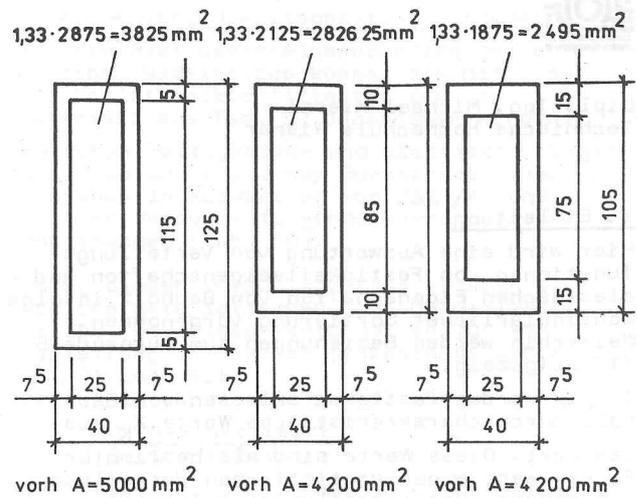


Bild 76 Statisch vollständig ausgelastete Querschnitte

Die statisch vollständig ausgelasteten Querschnitte müssen vergrößert werden mit dem Faktor $1/0,75 = 1,33$ (Bild 76).

Während bei großformatigen Querschnitten die aggressiven Stoffe sich nur im Randbereich einlagern, werden kleinformatige Querschnitte fast vollständig durchdrungen.

Deshalb wurden für die Beanspruchungsgrade II und III Mindestquerschnitte und Minstdicken festgelegt.

Bauschäden an zahlreichen genagelten Fachwerkbindern, mit den o. g. Brettquerschnitten (25 mm x 115 mm, 25 mm x 85 mm und 25 mm x 75 mm) beweisen eine Lebensdauer von nur maximal 20 Jahren gegenüber 40 bis 60 Jahren bei normaler Umwelt. Für die Erhöhung der Lebensdauer gibt es nur zwei Wege:

- Vergrößerung der Querschnitte unter Beachtung der geforderten Mindestwerte
- Aufbringen eines geeigneten und wirksamen Korrosionsschutzsystems.

4. Literatur

- /1/ CIB Structural Timber Design Code. - CIB Report Publication 66, 1983
- /2/ Korrosion und Anpassungsfaktoren für chemisch-aggressive Medien bei Holzkonstruktionen / Erler, K. - Paper 22-11-1, 22nd CIB-W 18 A-Meeting. - Berlin, 1989