

Ingenieurholzbau 2 – Prüfungsfragen

1. Grundlagen

- 1.1. Wen bezeichnet man im Allgemeinen als den „Erfinder“ des Begriffes der Nachhaltigkeit?
 - Hanz Carl von Carlowitz
- 1.2. Welche Staaten haben weltweit das schlechteste Verhältnis zwischen Holzverbrauch und eigenem Holzvorrat? Nennen Sie mindestens drei Staaten.
 - USA, Indien, China, Saudi-Arabien
- 1.3. Wo sehen Sie für Holzprodukte (hier: Beispiel Brettschichtholz) – vom Wald bis zum eingebauten Bauteil – das größte Potential weiterer Einsparung von Primärenergie (incl. kurzer Begründung)?
 - Transportwege: Verwendung von lokalem Baumbestand
 - Recycling: energetische Verwertung oder Wiederaufbereitung
- 1.4. Was sind die Baumarten mit dem größten Flächenanteil in Deutschland?
 - Fichte 29%, Kiefer 24%, Buche 15% (mehr Nadelholz als Laubholz vorhanden)

2. Materialprüfung und Verwendbarkeit

Baurechtliche Grundlage in Deutschland.

- Klebstoff = Bauprodukt
- geregelte Bauprodukte:
 - Bauregelliste (BRL) A Teil 1 (nur Klebstofftyp I für tragende Bauteile zulässig)
- nicht geregelte Bauprodukte:
 - weichen von BRL A Teil 1 ab oder es gibt keine Normen
 - Verwendbarkeitsnachweise erforderlich
 - Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) erteilt:
 - allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ)
 - allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP)
 - Zustimmung im Einzelfall (ZiE)

Baurechtliche Grundlage auf europäischer Ebene

- Klebstoffe ≠ Bauprodukte
- an Klebstoffe in harmonisierte Normen oder europäische technische Zulassung (ETA), CE-Zeichen

- 2.1. Nennen sie drei Funktionen der Bayrischen Technischen Baubestimmungen (BayTB)
 - Konkretisierung von Rechtsbegriffen
 - Festlegung technischer Regeln
 - Sicherstellung von Bauwerksanforderungen
 - Regelungen zu Bauprodukten und Bauarten
- 2.2. Nennen und erläutern Sie 3 Möglichkeiten, um Bauprodukte, die nicht in einer harmonisierten Norm geregelt sind in Deutschland in den Verkehr zu bringen und für den Kunden anwendbar zu machen.
 - abZ: allgemeine bauaufsichtliche Zulassung:
 - abP: allgemeine bauaufsichtliche Prüfung:
 - ZiE: Zustimmung im Einzelfall:
- 2.3. Erläutern Sie den wesentlichen Unterschied zwischen Bauprodukten und Bauarten und nennen Sie jeweils ein Beispiel
 - Bauprodukt: „alles was ein Werkstor verlässt“. Z.B CLT-Platten
 - Bau Art: Ist das zusammenfügen von Bauprodukten zu einer baulichen Anlage oder Teilen von baulichen Anlagen: z.B CLT-Decke auf Holzrahmenbauwänden ausrichten.
- 2.4. Wie finden sie heraus, ob ein Klebstoffprodukt für die Verklebung tragender Holzbauteile verwendbar ist (zwei Möglichkeiten)?

- Geregeltes Produkt. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) oder allgemein bauaufsichtliches Prüfungszeugnis (abP) vorhanden.
 - Muss gem. DIN301 TYP 1 sein.
- 2.5. Nennen Sie die zwei Möglichkeiten, auf deren Basis zukünftig die Leistungserklärung (Verwendbarkeitsnachweis) eines Bauproduktes erstellt werden kann?
- Entweder auf Grundlage einer harmonisierten europäischen Norm (hEN) (Produktnorm), welche von der europäischen Kommission mandatiert wurde und die Eigenschaften sowie die Anwendung des Bauproduktes abdeckt oder aber über eine europäisch technische Bewertung (ETB) auf Grundlage eines europäischen Bewertungsdokumentes (EBD).
 - ETA
 - abZ
- 2.6. Für was und wann ist eine Zustimmung im Einzelfall notwendig und wer erteilt diese bei Bedarf im Bundesland Bayern?
- Für nicht geregelte Bauprodukte für die es keine abZ gibt.
 - Der Nachweis der Verwendbarkeit von Bauprodukten im Einzelfall kann mit Zustimmung der obersten Bauaufsichtsbehörde erbracht werden.
- 2.7. Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen den Übereinstimmungsnachweisen ÜH, ÜHP und ÜZ.
- ÜH: lediglich eine werkseitige Produktionskontrolle (WPK) vorgeschrieben, in der sichergestellt wird, dass Bauprodukt bzw. Bauart den maßgebenden technischen Regeln entspricht.
 - ÜHP: neben der WPK erfolgt durch eine dafür zugelassene Prüfstelle eine Erstprüfung
 - ÜZ: neben der WPK muss eine Fremdüberwachung nach §24 Abs. 2 MBO erfolgen. Die Vorgaben, welche Auflagen die überwachende Stelle hat, sind dem jeweiligen Verwendbarkeitsnachweis zu entnehmen.
- 2.8. Wer erteilt Übereinstimmungskennzeichen?
- Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen (PÜZ)
 - Ausgabe des Ü-Zeichens durch Überwachungsstelle
- 2.9. Was bedeutet bzw. regelt das Ü-Zeichen auf Bauprodukten?
- Es ist ein Übereinstimmungszertifikat und regelt die Verwendbarkeit eines Bauprodukts, welches nicht in Bauregelliste enthalten ist.

3. Kleben, Klebstoffprüfung

3.1. Nennen sie 5 mögliche gesundheitliche Schäden, die Sie beim nicht sachgerechten Umgang mit Klebstoffen riskieren. Erläutern Sie im Anschluss, wo diese nachzulesen sind.

- Hautreizungen
- Allergische Hautreaktionen
- Schwere Augenreizung
- Gesundheitsschädlich beim Einatmen
- Kann Atemwege reizen
- Kann Krebs erzeugen
- Kann Organe Schädigen

Gefahrenpiktogramme auf Klebstoff

3.2. Nennen Sie 4 Klebstofffamilien sowie deren Abkürzungen und deren Farbe.

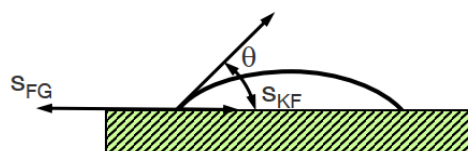
- PRF: dunkelbraun, Phenol-Resorcin-Formaldehyd-Klebstoff
- MUF: hellbeige, Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Klebstoff
- PUR: beige, Polyurethan-Klebstoff
- EPI: weiß, Emulsion-Polymer-Isocyanat Klebstoff
- EP: Epoxidharz

3.3. Klebstoffe werden u.a. anhand ihres Abbindemechanismus eingeteilt. Nennen und beschreiben Sie diese kurz.

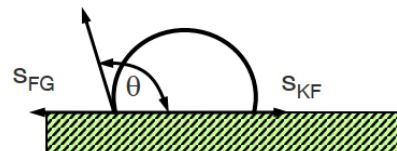
- Chemisch reagierende Klebstoffe: Ausbildung der Klebefuge erfolgt durch chemische Reaktion der einzelnen Komponenten. PRF-Polymerisation, MUF-Polykondensation, PUR-Polyaddition, EPI-Polyaddition
- Physikalisch abbindende Klebstoffe: Ausbildung der Klebefuge erfolgt durch physikalische Prozesse

3.4. Eine gute Benetzbarkeit von Holzoberflächen ist die Grundvoraussetzung für die Entwicklung hoher Adhäsionskräfte. Welche Kenngröße wird üblicherweise zur Beurteilung der Benetzbarkeit von Oberflächen herangezogen? Wie kann anhand dieser Kenngröße zwischen guter und unvollständiger Benetzung unterschieden werden?

- Über den Kontaktwinkel im Berührungspunkt zwischen Flüssigkeitstropfen und Festkörperoberfläche. $\alpha < 90^\circ \rightarrow$ gute Benetzung; $\alpha > 90^\circ \rightarrow$ schlechte Benetzung



gute Benetzung



unvollständige Benetzung

3.5. Warum darf beim Verkleben die „offene Wartezeit“ nicht überschritten werden?

- Offene Wartezeit ist die Zeit zwischen Leimauftrag und Beginn des Verpressens.
-> bei Überschreitung beginnt der Aushärtvorgang bereits vor dem Aufbringen auf das Grundwerkstoff bevor die Werkstoffe zusammengesetzt wurden. Die Adhäsionskräfte zwischen dem Klebstoff und dem Grundwerkstoff erreichen die gewünschte Größe nicht.

3.6. Sie bekommen den Auszug eines Leimbuches mit den Angaben zur Leimart und verwendetem Härter für ein Ihnen unterstelltes Ingenieurholzbau-Tragwerk. Wie überprüfen Sie, ob die Verklebung des gelieferten Brettschichtholzes für Ihr Vorhaben zulässig ist?

- Entweder nach DIN 68141/DIN EN 301/302 geprüft oder Verwendbarkeitsnachweis (abZ)

3.7. Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen Adhäsion und Kohäsion

- Adhäsion= Oberflächenhaftung
- Kohäsion= Innere Festigkeit des Klebstoffs

3.8. Erklären sie den Unterschied zwischen Adhäsion und Kohäsion

- Adhäsion: Oberflächenhaftung zwischen Kleber und Werkstoff (mechanische oder spezifische Adhäsion)
 - Kohäsion: innerer Zusammenhalt des Klebers (chemische Zusammensetzung, Wechselwirkung der einzelnen Klebstoffmoleküle)
- 3.9. Was ist der Unterschied zwischen den Versagensmechanismen Kohäsionsbruch und Adhäsionsbruch?
- Kohäsionsbruch: Bruch in Klebschicht und/oder Füge teil
 - Adhäsionsbruch: Versagen der Verbindung bei übermäßiger Belastung
- 3.10. Über welche (für die Praxisanwendung sehr wichtige) Eigenschaft macht die Youngsche Gleichung eine Aussage? Nennen Sie jeweils ein Material, welches diese Eigenschaft gut, bzw. nur gering erfüllt.
- Über die Benetzung (Fähigkeit einer Flüssigkeit sich auf einer festen Oberfläche flächig auszubreiten)
 - Gute Benetzung: Holz
 - Schlechte Benetzung: Polyethylen (PE)
- 3.11. Nennen Sie zwei Klebstofftypen und deren zugehörige Reaktionsmechanismen. Beschreiben Sie diese kurz.
- PRF: dunkelbraun, Phenol-Resorcin-Formaldehyd-Klebstoff, Polymerisation: Vernetzung von Phenol/Resorcin mit Formaldehyd zu einem duroplastischen, wasserbeständigen Netzwerk.
 - MUF: hellbeige, Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Klebstoff, Polykondensation: Reaktion von Melamin/Harnstoff mit Formaldehyd unter Bildung eines vernetzten Harzes; dabei werden kleine Moleküle (z. B. Wasser) abgespalten.
 - PUR: beige, Polyurethan-Klebstoff, Polyaddition: Isocyanat reagiert mit Hydroxylgruppen des Polymeranteils und ggf. mit Feuchtigkeit zu einem vernetzten, duroplastischen Klebstoffsystem.
 - EPI: weiß, Emulsion-Polymer-Isocyanat Klebstoff, Polyaddition
- 3.12. Nennen Sie 4 herstellbedingte Ursachen für fehlerhafte Verklebung?
- Unvollständige Benetzung
 - Zu hohe Holzfeuchte/feuchtedifferenzen
 - Zu geringe Pressdauer/-druck
 - Falsche klimatischen Bedingungen während Aushärtevorgang
- 3.13. Welches Holz wird hauptsächlich verklebt und warum?
- 96,4% Fichte und Tanne
 - Laubholz wird wegen Neigung zum Quellen und Schwinden sehr selten zur BSH-Produktion verwendet
- 3.14. Nennen Sie Gründe warum Holz verklebt wird.
- Geklebte Holzwerkstoffe haben bessere mechanische & statische Eigenschaften
 - Vermeidung von Holzfehlern
 - Größere Bauteilabmessungen möglich
 - Nachträgliches Aufkleben von Verstärkungen
 - Keine Querschnittschwächung durch Bohren
 - Leistungsfähigere Verbindungen: eingeklebte Gewindestangen oder Stahlbleche
- 3.15. Nennen Sie Anwendungsbeispiele für Verklebungen im Ingenieurholzbau
- Holzbauteile / -werkstoffe
 - Neue, verbesserte Holzprodukte
 - BSH, BSP, FSH, OSB (Lamellenverklebung)
 - Keilzinkverbindungen
 - Verbindungen: eingeklebte Stahlbleche oder Gewindestangen
 - Sanierung
- 3.16. Wie lautet die Definition von Klebstoff nach DIN EN 923?
- Klebstoff ist ein nicht-metallischer Stoff, der Werkstoffe durch Oberflächenhaftung so verbinden kann, dass die Verbindung eine ausreichende innere Festigkeit besitzt.
- 3.17. Klebstoffe werden u.a. nach ihrem Abbinde mechanismus eingeteilt. Nennen und beschreiben Sie diese kurz.

- Chemisch reagierende Klebstoffe: Ausbildung der Klebfuge durch chemische Reaktion der Komponenten
Bsp.: Polykondensationsklebstoffe, Polymerisationsklebstoffe
- Physikalisch reagierende Klebstoffe: Ausbildung der Klebfuge durch physikalische Prozesse
Bsp.: Schmelzklebstoffe, Lösungsmittelklebstoffe

3.18. Sie bekommen den Auszug eines Leimbuches mit den Angaben zu Leimart und verwendetem Härter für ein Ihnen unterstelltes Ingenieurholzbau-Tragwerk. Wie überprüfen Sie, ob die Verklebung des gelieferten Brettschichtholzes für ihr Vorhaben zulässig ist?

- abZ, Klebstoff nach DIN 301 Typ I

3.19. Klebstoffprüfungen:

- Kurzzeitfestigkeitsprüfung: nach vorgeschriebenen Klima- oder Wasserlagerungsvorbehandlung
- Langzeitfestigkeitsprüfung bei unterschiedlichen Wechselklima, z.T. mit Prüfungen der Restfestigkeit
- Gebrauchseigenschaftsprüfung unter definierten Randbedingungen zur Festlegung der in der industriellen Verwendung relevanten Verarbeitungsrandbedingungen

4. Dauerhaftigkeit von Bauwerken

4.1. Warum sind teiloffene Eishallen der Nutzungsklasse 3 zuzuordnen?

- Deutliche Klimaänderung zwischen Winter und Sommermonaten (eisfreie Zeit) -> hohe Holzfeuchten mit starken jahreszeitlichen Schwankungen, große Holzfeuchtegradienten nach Eisherstellung im Anschluss an Sommerpause, Einfluss durch Eisfläche.

4.2. Warum sind Reithallen der Nutzungsklasse 2 zuzuordnen?

- Meist teiloffene, ungedämmte Bauweise, nicht frei bewittert
-> großer Einfluss des Außenklimas; in Verbindung mit Sprinkleranlagen
-> hohe Holzfeuchten mit merklichen Holzfeuchtegradienten, teilweise Tauwasserausfall
=> Einstufung in NKL3 empfehlenswert

4.3. Beschreiben Sie die bauphysikalischen Mechanismen, welche in Eishallen zur Ausbildung einer Eisschicht an der Unterseite von Tragelementen führen können.

- Warme Luft von außen strömt in die Halle, kühlt sich an kalten Trägern ab und Tauwasser tritt auf, welches gefriert. Unterseite des Trägers ist extrem kalt, da Strahlungsaustausch zwischen Träger und Eisfläche

4.4. Nennen Sie drei mögliche Einflüsse, welche durch das Sicherheitskonzept abgedeckt sind.

- Verkehrslast, Nutzlast, Eigengewicht, Außergewöhnliche Einw., Wind
- Dauer der Einwirkung (Holzbau k_{mod})
- Luftfeuchte (NKL -> k_{mod})
- Materialfehler (γ_m)

4.5. Nennen Sie drei mögliche Einflüsse/Einwirkungen, welche durch das Sicherheitskonzept nicht abgedeckt sind?

- Konstr. + Bem. Fehler
- mangelhafte Ausführung
- Alterung/Verschleiß maßg. Bauteile (-> Unterlassene Wartung)
- Unvorhergesehene Einwirkungen

4.6. Schneelast ist häufig der Auslöser für Versagen, wieso wird er nicht als Ursache genannt?

- Schneelast nach EC0+EC1+EC5 abgedeckt. Das Problem sind systematische, nicht abgedeckte Fehler des Sicherheitssystems. Bei Schneelast wird dann nur ein hohes (erwartetes!) Lastniveau erreicht. Der Bauteil/Systemwiderstand ist hier aber unterschätzt.

5. Feuchteeinwirkungen

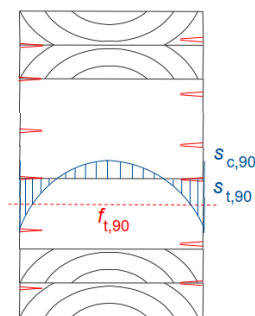
5.1. Nennen Sie eine Möglichkeit, wodurch Schwinden von Holz beeinträchtigt werden kann.

- Verformungsbehinderung durch z.B. Verbindung mit Stabdübeln (weit auseinander liegende VBM-Gruppen)

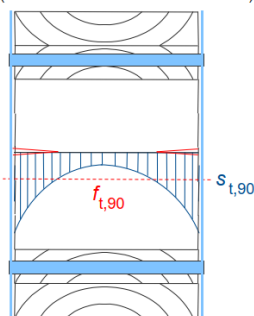
5.2. Wieso entstehen bei behinderter Verformung größere Risse als bei freiem Schwinden? Ergänzen Sie Ihre Begründung mit einer Zeichnung der feuchteinduzierten Spannung in die unten gezeigte Querschnitte mit der blauen Linie als Ausgangspunkt

- Weil die Rissbildung behindert wird. Dadurch entstehen wenige große Risse.

Feuchteinduzierte Spannungen
freies Schwinden



Feuchteinduzierte Spannungen
Verformung behindert
(Abhilfe z.B. zwei Bleche vertikal)



5.3. Wie können Sie Risse ohne bauliche Verstärkung minimieren bzw. verhindern? Nennen Sie zwei Maßnahmen (Hinweis Einbaubedingungen)

- Richtige Holzfeuchte bei Einbau. Innenräume 9-12%, Außenbereich höher
- Geeignete Lagerung und Schutz vor zu schneller Austrocknung

5.4. Bei einem Holzbauteil, welches sich beim Schwinden frei verformen kann werden sich viele gleichmäßig verteilte Risse geringerer Tiefe einstellen, wenn dieses einem Schwindvorgang unterworfen ist. Sind in diesem Holzbauteil weit auseinander liegende Verbindungsmittelgruppen angeordnet, so wird sich bei einem Schwindvorgang ein tiefer, klaffender Riss einstellen. Beschreiben Sie die Mechanismen, welche zu den unterschiedlichen Rissbildungen führen.

- Schwindmaße: tangential doppelt so hoch wie radial → Zwänge bei Feuchteänderung (Querzugspannungen) → Risse (abhängig von Trocknungsgeschwindigkeit)
- Verbindungsmittel wirken haltend gegen Verformung aus Feuchte (Höhere Steifigkeit als Holz)
-> Holz haftet an den Verbindungsmitteln
-> höhere Spannungsdifferenz als ohne Verbindungsmittel
- Nach Rissentstehung nur noch im Restquerschnitt Spannungen

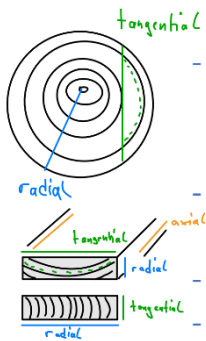
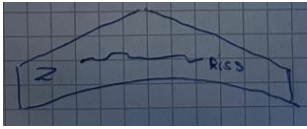


Tabelle mit differentiellen Schwindmaßen unterschiedlicher Holzarten

Holzart	in Faserrichtung (longitudinal)	quer zu den Jahresringen (radial)	längs zu den Jahresringen (tangential)
Nadelhölzer			
Fichte	0,01	0,19	0,36
Kiefer	0,01	0,19	0,36
Lärche	0,01	0,14	0,30
Laubhölzer			
Buche	0,01	0,20	0,41

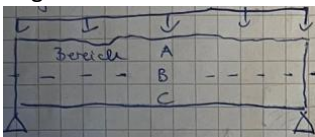
6. Begutachtung, Sanierung, Unterhalt

- 6.1. Sie wurden zur Bauwerksprüfung gerufen und finden den unten gezeigten Riss als Schaden vor. Erläutern Sie, wodurch dieser Riss vermutlich entstanden ist, und wie Sie dieses Problem lösen können.



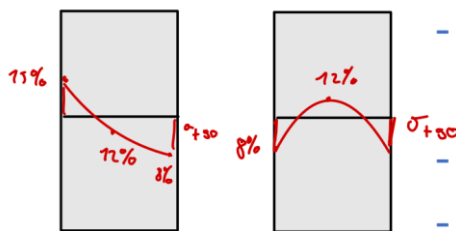
- Ursache: Querzug
- Querzugverstärkungen, Schubverstärkungen: Eingeklebte GeWi, Selbstbohrende Schrauben, vorgebohrte oder selbstbohrende GeWis

- 6.2. Um einen Träger zu prüfen, müssen sie Bohrkernentnahmen. Ihnen stehen drei Bereiche zur Verfügung an denen Sie die Bohrkernentnahmen durchführen dürfen. Reihensie die Bereiche, anhand der Schädigung des Tragwerks durch die Bohrung auf und beginnen Sie mit dem ungünstigsten Bereich. Begründen Sie anschließend Ihre Wahl!



in Feldmitte Max Moment

- C: Bohrung direkt im Zugbereich des Trägers → worst case da $f_{mt} < f_{mc}$
 - A: Bohrung direkt im Druckbereich des Trägers → immernoch schlecht aber besser als C
 - B: Am besten. Außerhalb der Druck/Zugbereiche
- 6.3. Was wird hauptsächlich durch die Entnahme von Bohrkernen bzw. an den Bohrkernen geprüft?
- (bedingte Aussage über Scherfestigkeit)
 - Faserbruchanteil
- 6.4. Welche Aussage über die Qualität von Leimfugen in BSH erhält man durch eine Bohrkernuntersuchung
- Nachweis über Mindestgüte
- 6.5. Holzfeuchtemessung: wieso kann es sinnvoll sein, Feuchtemessungen an der gleichen Stelle im Bauteil, jedoch in unterschiedlichen Tiefen durchzuführen?
- Weil die Holzfeuchte im Trägerinnern von der an den Träger Außenseiten unterscheidet. Holz trocknet von außen nach innen, dadurch entstehen Feuchtegradienten. Oberfläche trockener, Kern feuchter (oder Umgekehrt). Eine Messung an der Oberfläche würde ein falsches Bild liefern.



- 6.6. Bohrwiderstandsmessung: wozu kann die Bohrwiderstandsmessung verwendet werden? Kann über Bohrwiderstandsmessungen auf Bauteilfestigkeiten geschlossen werden?
- Ermittlung von Holzfehlern bzw. geschädigten Bereichen (Feuchte, Fäulnis...). Mittels der Bohrwiderstandsmessung kann nicht auf Bauteilfestigkeiten geschlossen werden, sie erlaubt nur Aussagen über z.B. den vorhandenen Restquerschnitt.

6.7. Nennen Sie drei Eigenschaften von Brettschichtholz, die nicht über eine Scherprüfung an Bohrkernen erfasst werden können.

- Klebstoffart
- Klebstofftyp
- Güte des Brettschichtholzes/ der Lamellen
- (Druckfestigkeit/Biegefestigkeit)
- (Globale Werte (nur kleine Probe))

6.8. Nennen Sie drei Erkenntnisse die, abgesehen von der Scherprüfung, mittels eines Bohrkerns gewonnen werden können.

- Holzart
- Lage der Jahrringe
- Lamellendicke
- (Feuchte)

6.9. Nennen Sie zwei mögliche Stellen für Feuchteschäden in Bestandsdecken in Holzbauweise und beschreiben Sie stichpunktartig, warum diese dort entstehen können.

- Deckenbalken unter oder über Feuchträumen-> Kondenswasserbildung aus hoher Luftfeuchtigkeit
- Eckbereiche und Fugen-> Mangelhafte Abdichtung eintritt über die Wände und Hirnholz. In Gebäuden wo sich das Gebäudeklima stark ändert
- Deckenbalkenköpfe in Außenwänden (Wärmebrücke, Kondenswasser->Feuchteintrag)
- Undichtes Dach

6.10. Nennen Sie zwei Methoden der Lokalisierung und Erfassung derartiger Feuchteschäden und beschreiben Sie diese kurz.

- Holzfeuchtemessgerät nimmt elektrischen Widerstand des Bauteils war
- Inaugenscheinnahme, erkennen von dunkel verfärbten Stellen

6.11. In welcher Weise sind die, aus der Prüfung enthaltenen, Scherfestigkeiten relevant für den statischen Nachweis?

- Nachweis der Mindestgüte bzw. Qualität der Verklebung. 5%-Quantile

6.12. Wofür kann die Bohrwiderstandsmessung bei der Untersuchung von Holzkonstruktionen eingesetzt werden (2 Beispiele)

- Rohdichte des Holzes eines Trägers, Hohlräume, Faulstellen, Risse,...

6.13. Geben Sie zwei Beispiel für Grenzen der Bohrwiderstandsmessung an.

- Nur Stichpunktmessung.
- Bei zu vielen Messpunkten: Schädigung der Holzkonstruktion

6.14. Was sind Vorteile von berührungslosen Messsystemen (mind. 3)?

- Keine Schädigungen an Bauteilen
- Sehr schnell
- verschleißarm
- Messung auch bei empfindlichen oder beschichteten Oberflächen
- keine Beeinflussung des Messwerts durch Eindringtiefe von Elektroden

6.15. Wer ist für die Instandhaltung von baulichen Anlagen erforderlich?

- Der Eigentümer bzw. Verfügungsberechtigter

6.16. Sie haben im Zuge einer Halleninspektion die Überprüfung des BSH durch Borkernentnahme veranlasst. Dem Untersuchungsbericht zu den Borkernprüfungen entnehmen Sie folgende Werte.

Mittlere Scherfestigkeit:	6,95 N/mm ²
Scherfestigkeit (5%-Quantile):	5,15 N/mm ²
Holzfaserbruchanteil	84%
Mindestfaserbruchanteil	80%

6.16.1. Was lesen Sie aus diesen Ergebnissen bezüglich des Zustandes des BSH heraus (Bgründung)?

- Scherfestigkeit gut da $< 6,0 \text{ N/mm}^2$. (Keine Info über Einzelproben, die darunter liegen könnten → falls ja: nicht bestanden!)
- Zustand von BSH gut, $< 80\%$ Faserbruchanteil ist gut!
- Ggfs. Interpolation mit Tabelle!

6.16.2. Welches BSH (güte/Festigkeit) setzen Sie bei der rechnerischen Überprüfung dieses Tragwerks an (mit Begründung)?

*) Ermittlung der Scherfestigkeit τ in Anlehnung an DIN EN 392 mit Korrekturfaktor k

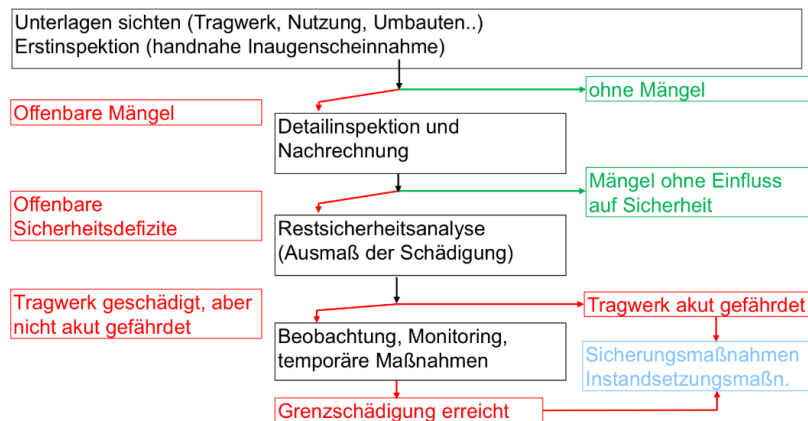
$$f_v = k \cdot \frac{\max F}{\text{Scherfläche } A} \quad \text{mit} \quad k = 0,78 + 0,0044 \cdot t$$

Kann man nicht sagen da das 5% Quantil für jeden BSH Träger $3,5 \text{ N/mm}^2$ ist.

6.17. Häufiger Grund für Schäden an Tragwerken sind Fehler in Planung, Ausführung und Betrieb. Nenne Sie drei Möglichkeiten, menschliches Versagen als Schadensursache zu reduzieren.

- Prüfung extern der Planung und Statik
- Bessere Überwachung auf Baustelle
- Untersuchung des Bauwerks während Betrieb
- Robustheit

6.18. Erläutern Sie die Methodik bei einer Bauwerksanalyse



7. Tragwerksbuch

7.1. Nennen Sie drei Gründe für die Aufstellung eines Tragwerksbuchs.

- Beinhaltet wichtige Daten & Pläne und Besonderheiten der Konstruktion
- Angabe zugrundeliegender Norm
- Wichtig für wiederkehrende Prüfungen (zum Teil vorgeschrieben bei Brücken)

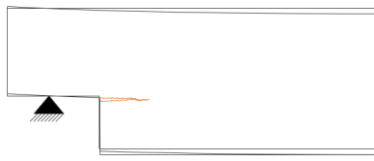
7.2. Wer sollte das Tragwerksbuch für einen Neubau bzw. für einen Bestandsbau erstellen?

- Neubau: Tragwerksplaner, Prüfeningenieur
- Bestand: mit Überprüfung beauftragte fachkundige Person

8. Ausklinkungen und Durchbrüche

8.1. Nennen Sie 2 mögliche Versagensarten im Auflagerbereich bezüglich Ausklinkung und zeichnen Sie eine davon in die Abbildung ein.

- Schubversagen, Querkzugversagen



8.2. Benennen und ergänzen Sie in der Abbildung unterhalb zwei Möglichkeiten, um die Ausklinkung zu verstärken

- Aufgeklebte Holzplatten, Schrauben, Eingeklebte Gewis

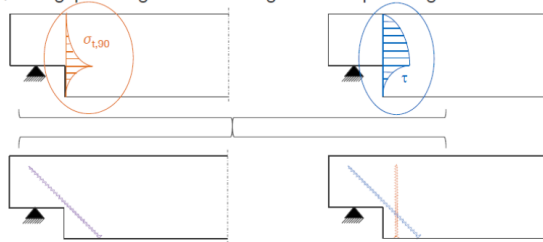
8.3. Ihr Kollege schlägt vor, als Querkzugverstärkung lange unprofilierte Nägel zu verwenden. Stimmen Sie Ihrem Kollegen zu oder raten Sie ihm davon ab. (Begründen Sie Ihre Antwort)

- Schlechte Idee. Um Querkzug aufnehmen zu können muss eine Kraft in z-Richtung aufgenommen werden. Es braucht also einen Verbund zwischen VBM und Träger. Das ist bei Schrauben durch das Gewinde und bei aufgeklebten Platten durch den Kleber gegeben. Bei Nägel ist das nicht gegeben da Nägel vor allem wenn sie glattschaftig sind kaum eine Auszugstragfähigkeit haben. Somit ist kein Verbund zwischen Nagel und Träger gewährleistet.

8.4. Zeichnen Sie die Querkzug- und Schubspannungsverteilung und zeigen Sie mögliche Verstärkungsmaßnahmen

- Maximale Schubspannung verschiebt sich in den Restquerschnitt
- Querkzugspannung ist an QS-Sprung maximal

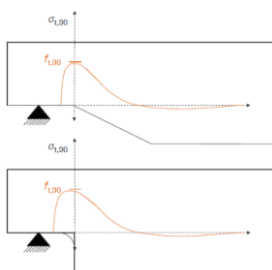
Querkzugspannung in Ausklinkung + Schubspannung in Ausklinkung



Optimierte Verstärkung durch schräg eingebrachte Schrauben u.a. [Jockwer 2014]

oder eine Kombination aus senkrecht und schräg eingebrachten Schrauben

8.5. Zeichnen Sie geometrische Verbesserungsmaßnahmen bei Ausbildung einer Ausklinkung.



8.6. Schadensbilder Durchbruch.



9. Verstärken von Verbindungen

- 9.1. Benennen und Zeichnen Sie mind. 4 Maßnahmen, welche die Ausnutzung des Querschnittsnachweises reduzieren. (Querdruck)
- Breiterer QS
 - Sattel als Auflager
 - Querdruckverstärkung Schrauben
 - Ggf. Stirnholzlastübertragung wenn möglich -> Zapfenloch
- 9.2. Für die Verstärkung eines Trägers in einem Bestandsbau stehen Ihnen einzuklebende oder vorzubohrende, einzudrehende Gewindestangen zur Verfügung. Welche würden Sie wählen und warum?
- Vorzubohrende, einzudrehende Gewindestangen. Grund: Das Einbringen des Leimes unter Hallendach, über Kopf und mit vorgeschriebener Geschwindigkeit und Umgebungsbedingung ist schwer durchführbar.
 - Festigkeit der Klebefuge abhängig von äußeren Einflüssen (Temperatur, Feuchtigkeit, Holzfeuchte) es können unterschiedliche Festigkeiten entstehen.
- 9.3. Welchen Einfluss und welches damit einhergehende Schädigungspotential können als Verstärkungselemente eingeklebte oder eingedrehte Gewindestangen in Brettschichtholzbauteilen haben?
- Sperrwirkung im Falle von Quellen und Schwinden des Holzbauteils – evtl. erhöhte Gefahr der Rissbildung.
- 9.4. Warum sind die Plattendicke und die Verbindungsmittelabstände bei der Schraubenpressklebung begrenzt?
- Plattendicke: Die Verformungsfähigkeit der Platte verringert mit zunehmender Plattendicke den zu erreichenden Pressdruck in der Klebefuge.
 - Verbindungsmittelabstand: Bei zu großen Abständen hätte der Zwischenbereich evtl. zu geringen Anpressdruck. Mindestabstand wegen Spaltgefahr der Platte.
- 9.5. Schraubpressverklebung
- Immer mit TG. Am besten TK

10. Aussteifung

10.1. Nennen Sie zwei Besonderheiten der Gebäudeaussteifung im Holzbau, die beim Entwurf zu beachten sind und begründen Sie diese.

- Nachgiebigkeit in den Verbindungen. Schlupf usw..
- Es braucht Scheiben! Am besten durchgängige Scheiben von oben bis unten ohne Öffnungen.
- Es braucht mindestens 3 Scheiben, um ein Gebäude auszusteifen

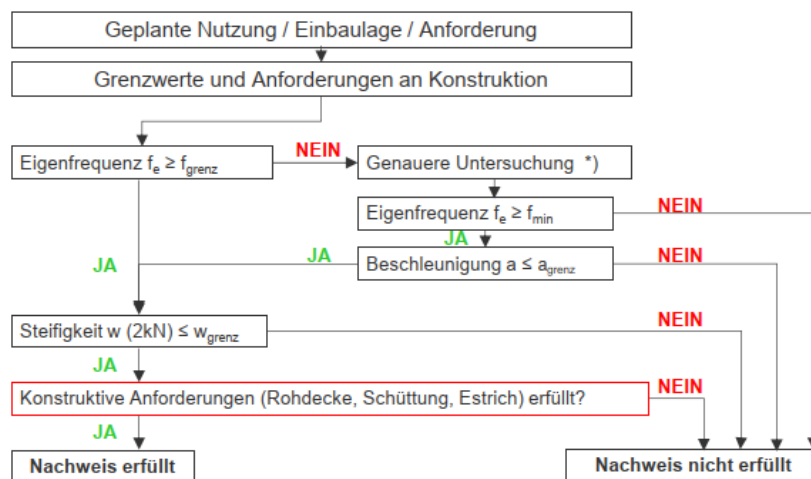
10.2. Nennen Sie die Prinzipien der Aussteifung

- $l > 25m$: zwei Verbände notwendig
- horizontal: Scheibenausbildung zur Aufnahme der Kräfte
 - Aufnahme Wind in Pfetten
 - Einzelabstützungen
 - Verbände
- Vertikal: Weiterleiten der H-Lasten in den Baugrund
- Ein Feld frei, damit Platz für Öffnungen
- Wandverband am Dachverband anschließen
- Zug- und druckfest angeschlossene Pfetten

11. Schwingungen

11.1. Ergänzen Sie im unten gezeigten Ablaufdiagramm nach Hamm die notwendigen Überprüfungen, um den Schwingungsnachweis zu führen

4 Konstruktions- und Bemessungsregeln



11.2. Wo sehen Sie das Problem der Schwingung mehr, im Holzbau oder im Stahlbetonbau? (Begründen Sie)

- Holz da die Steifigkeit geringer ist.

11.3. Gegeben ist folgendes System einer Decke über einem Wohnraum:

Deckenbalken im Abstand von 0.625m als Einfeldträger mit einer Spannweite von 4.1m. Holzbalken: C24, $b/h=80/???$ mm. Die Eigenlast der ausgebauten Decke (inkl. Tragsystem) liegt bei $g_k=2,75\text{kN/m}^2$. Der Einfluss des Deckenaufbaus darf bei dieser Berechnung vereinfachend vernachlässigt werden. Bestimmen Sie die erforderliche Balkenhöhe, damit die Eigenfrequenz $f_1 > 8\text{Hz}$ ist.

11.4. Schwingungsmessung: welche zwei Parameter können durch eine Schwingungsmessung bestimmt werden? Können diese Parameter unabhängig voneinander bestimmt werden?

- E-Modul, Masse (Belastung). Um den einen Parameter zu bestimmen, muss der andere bekannt sein bzw. geschätzt werden.
- -> Dann Eigenfrequenz bestimmen

11.5. Wovon ist die Empfindsamkeit gegenüber Schwingungen abhängig? Nennen Sie vier Einflüsse incl. Angabe, ob die Empfindsamkeit mit zunehmendem Einfluss zu- oder abnimmt.

Einfluss	Empfindsamkeit
Schwingdauer	↑ nimmt zu
Nähe zu & Bewusstsein zu Schwingursache	↓ nimmt ab
Zunehmende Körpertätigkeit	↓ nimmt ab
Zunehmende Gewohnheit	↓ nimmt ab

Gewöhnung

11.6. Welche Beschleunigung einer schwingenden Decke wird in Wohnräumen als „störend“ empfunden?

- 0.1 m/s²

11.7. Wo liegt die Wahrnehmungsgrenze der Schwingungsbeschleunigung? 0.01 m/s²

11.8. Geben Sie drei konstruktive Möglichkeiten an, das Schwingungsverhalten von Holzdecken zu verbessern.

- Schwere Schüttung, (schwimmender Nass)Estrich einbauen, HBV-Decken

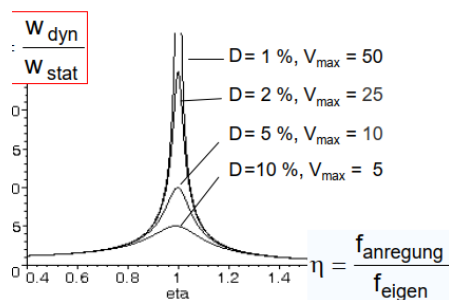
11.9. Was ist unter dem Begriff „Einschwingvorgang“ zu verstehen?

Vorgang, bei dem sich das System auf die Anregerfrequenz einstellt. System schwingt am Anfang in der Eigenfrequenz f_1 . Ist der Einschwingvorgang abgeschlossen, schwingt das System in der Anregerfrequenz.

11.10. Wann hat ein System den „Eingeschwungenen Zustand“ erreicht?

- Wenn das System in der Anregerfrequenz mit einem Phasenversatz schwingt.

11.11. Zeichnen Sie schematisch den Eigenschwingungsvorgang im Resonanzfall für ein gedämpftes System



11.12. In Bereichen welcher Frequenz regen Fußgänger bzw. Läufer eine Brücke in der 1. Harmonischen an?

- 1,5 bis 2,4 Hz

11.13. Aufgabe:W

Gegeben ist ein Deckenfeld (EFT) mit den Abmessungen $\ell / b = 7.5 / 5$ m mit einer mitschwingenden Masse (quasi-ständig) von 500 kg/m². *5 kN/m²*

Ermitteln Sie – unter Verwendung der drei Nachweise der „genaueren Untersuchung“ – die Mindeststeifigkeit (EI) sowie die Mindestdämpfung des Systems. Die maximal erlaubte Durchbiegung unter Einzellast sei 0.5 mm.

11.14. Wie ist den Schwingungsnachweis betreffend die rechtliche Situation in Deutschland?

- GZG

Ermitteln Sie z.B. durch Verwendung einer Durchbiegungsbeschränkung von $l/300$, die wahrscheinliche Frequenz einer 45m langen und 1,8m breiten, zu planenden Fußgängerbrücke aus Holz.

$$\left(f = \frac{5}{\sqrt{0,8 \cdot w}} = \frac{5}{\sqrt{0,8 \cdot \frac{4500}{300}}} = 1,4 \text{ Hz} \right) \quad \delta_1 = \frac{1,8}{\sqrt{\frac{45000}{300}}} = 1,4$$

$\nwarrow$ mm

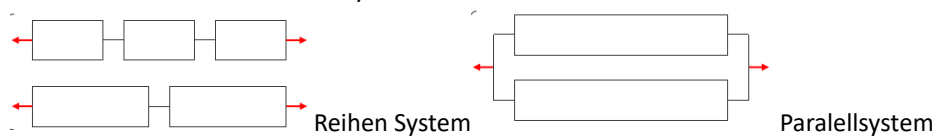
12. Robustheit von Tragwerken

Ein Tragwerk ist so auszubilden und auszuführen, dass durch Ereignisse wie Explosionen, Anprall oder menschliches Versagen keine Schadensfolgen entstehen, die in keinem Verhältnis zur Schadensursache stehen.

12.1. Welche Aussagen über die Robustheit von Tragwerken treffen zu? Kreuzen Sie an.

- a) Das Versagen eines begrenzten Tragglieds nicht in einem großflächigen Einsturz resultiert
- b) X- der Nachweis „Stabausfall“ in der außergewöhnlichen Bemessungssituation nicht geführt werden kann
- c) es über statisch bestimmte Sekundärtragwerke verfügt
- d) progressiver Kollaps vermieden wird
- e) X- Tragwerksteile, welche für die Tragsicherheit maßgeblich sind, eine hohe Sensibilität gegenüber unbeabsichtigten Lasten und Schäden hat

12.2. Erklären Sie den Unterschied zwischen Reihensystemen und parallelen Systemen bezüglich der Duktilität und zeichnen Sie die Systeme schematisch auf.



- Ein Parallelsystem ist duktiler, da bei einem Reihensystem größere Verformungen entstehen. Diese Verformungen können dazu führen, dass das Holz spröde versagt.
- Im Reihensystem summieren sich die Verformungen der einzelnen Elemente, während sie im Parallelsystem gleichzeitig wirken und dadurch eine Plastifizierung ermöglichen.

12.3. Nennen Sie die Schadensfolgeklassen mit Abkürzung und Namen und erklären Sie wieso diese benötigt werden.

- CC1: geringe Versagensfolgen
- CC2: mittlere Versagensfolgen
- CC3: hohe Versagensfolgen



braucht man um das Risiko eines Versagensfall abschätzen zu können. Und dementsprechend die Gebäude sicherer plant

12.4. Erläutern Sie kurz den Begriff Segmentierung.

- Unterteilung des Tragwerks in für die Lastabtragung sichere Teilsysteme (Segmente)
- Vermeidung einer globalen Schädigung im Falle einer lokalen Schädigung (Begrenzung der Effekte auf lokale Bereiche)

12.5. Was sind die Robustheitsanforderungen nach Eurocode?

- Unempfindlichkeit des Gesamtsystems gegenüber lokalem Versagen
- Progressiver Kollaps ist zu vermeiden
 - o Möglichkeit der Lastverteilung bei Versagen eines Elementes
 - o Verwendung redundanter Systeme
 - o Mögliche Nachweisform: Stabausfall

12.6. Warum ist der Großteil der Schäden nicht auf lokale Effekte oder außergewöhnliche Ereignisse, sondern hauptsächlich auf systematische Fehler oder globale Schädigungen zurückzuführen?

Grund: Tragwerke sind üblicherweise aus sich wiederholenden Tragelementen zusammengesetzt, welche durch vergleichbare Konstruktionsprinzipien miteinander verbunden werden.

- Fehler in der Planungs- oder Konstruktionsphase werden sich höchstwahrscheinlich in allen identischen Tragelementen wiederholen.
- Tragwerke mit redundanten Sekundärtragwerken, die systematische Fehler beinhalten, werden einer größeren Lastweiterleitung nach dem Versagen eines Bauteils nicht standhalten.
- Höhere Anfälligkeit gegenüber progressivem Versagen!

12.7. Nennen Sie lokale Effekte – lokale Schädigungen und die Strategie für Robustheit.

- lokale Schädigung eines Bauteils z.B. durch lokalen Wassereinbruch
- lokale Schwächung eines Bauteils durch z.B. nachträglichem Durchbruch
- lokale Überbeanspruchung durch z.B. Schneeanhäufung
- Strategie für Robustheit: Umlagerung der Beanspruchungen auf angrenzende (ungeschädigte) Bauteile durch z.B. redundantes Sekundärtragwerk

12.8. Nennen Sie globale Effekte – globale Schädigungen und die Strategie für Robustheit.

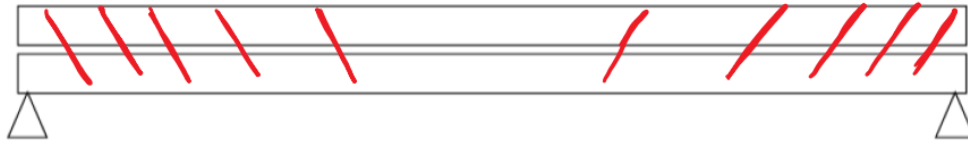
- Globale Schädigung der Bauteile durch z.B. falsche Annahme der Umgebungsbedingungen
- Globale Schwächung der Bauteile durch systematische Fehler
- Globale Überbeanspruchung durch z.B. Aufbringen eines Gründaches ohne weiteren statischen Nachweis
- Strategie für Robustheit: Begrenzung möglichen Versagens auf lokale Ebene durch z.B. statisch bestimmte Sekundärtragwerke mit Verbindungen hoher Nachgiebigkeit und/oder Sollbruchstellen. Segmentierung / Kompartimentierung

12.9. Nennen Sie einige Konzepte für die Robustheit von Holztragwerken

- Diversität und Redundanz in Tragsystemen
- Primärtragssysteme
 - o Redundantes Tragsystem (statisch Unbestimmt)
 - o Interne Redundanz durch Verstärkungen (zweite Barriere gegenüber spröden Versagensmechanismen -> QZ-Verstärkung im SDBinder = 2. Barriere)
- Sekundärtragwerke (Nebentragwerke) Ziel: Segmentierung (stat. Bestimmt)

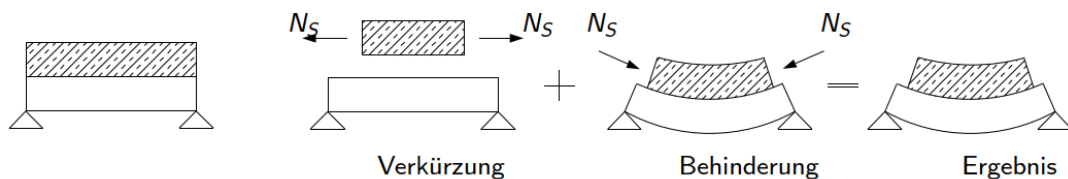
13. Holz-Beton-Verbund / Langzeitverhalten von Hybridkonstruktionen

- 13.1. Ein nachgiebig verbundener Querschnitt (Einfeldträger unter Gleichlast) soll mit Schrauben $\alpha = 45^\circ$ verbunden werden. Ordnen Sie die geeigneten Schrauben - der Schubkraft entsprechend – vom rechten zum linken Auflager an.



- 13.2. Erläutern Sie anhand einer Skizze und mit Stichpunkten die Auswirkungen von Betonschwinden auf das Tragverhalten einer Holz-Beton-Verbund-Decke?

Ausgang



- 13.3. Wie wird bei Holz-Beton-Verbundquerschnitten die Schwindverkürzung des Betons rechnerisch angesetzt?

- Durch dehnungslastfall oder Temperaturlastfall auf den Betonquerschnitt.

- 13.4. Wie wird bei Beton-Verbundquerschnitten die Schwindverkürzung des Betons rechnerisch angesetzt?

- Effektiver E modul über Materialkriechzahl

- 13.5. Wie wird bei Holz-Beton-Verbundquerschnitten das unterschiedliche Kriechverhalten der Querschnitte rechnerisch angesetzt?

- Verbundkriechzahlen (und effektive Emodul)
- Durch die Abminderung der E-Moduli zu den jeweiligen betrachteten Zeitpunkten ($t=0$, $t=3-7a$ und $t=\infty$)

Zeit	Tag	Beschreibung
$t = 0$	28 Tage	Tage die der Beton zur Aushärtung benötigt.
$t = 3-7$	2555 Tage	Untersuchung des Übergangszustands von Kurz- und Langzeiteffekten
$t = \infty$	18250 Tage	Untersuchen der Langzeiteffekte

- Tabelle 3: Übersicht Betrachtungszeitpunkte

$$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{(1 + \psi_{tim} \cdot k_{def})}$$

$$E_{conc,fin} = \frac{E_{conc,t_0}}{1 + \psi_{conc} \cdot \varphi(\infty, t_0)}$$

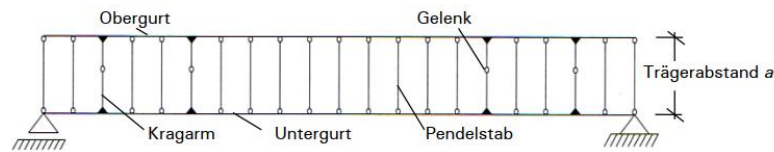
- 13.6. Nennen Sie 4 Vorteile von HBV-Decken in Bezug auf Altbausanierungen.

- Erhalt der Bausubstanz
- Verbesserung des Trag- und Verformungsverhaltens
- Konstruktiv einfacher Einbau (Unterdecke muss nicht entfernt werden, Raumnutzung unter der sanierten Decke möglich)
- Günstigeres Schwingungsverhalten
- Verbesserter Schallschutz und Brandschutz
- Keine Änderung des Tragsystems

- 13.7. Nennen Sie je zwei Verbindungsmitteltypen, die zu bevorzugen sind

- bei Altbausanierungen: Durch vorgebohrte einzudrehende Gewindestangen; ggf. Kleben mit Epoxidharz falls zugänglich, da kein Anpressdruck notwendig
- bei Neubauten: Klebeverbindungen, Schrauben, Bolzen, Dübel, Nägel, Kerfen

- 13.8. Eine Holz-Beton-Verbunddecke mit Kerfen als Schubverbinder soll anhand eines Fachwerkmodells berechnet werden. Erläutern Sie die Funktionen/Steifigkeiten der im unten gegebenen Modell gekennzeichneten Tragwerksteile.



Komponente	Funktion	Realität	Langzeitverhalten?	Berechnung
Beton qs	Druckstab	Beton	Ja	$E_{\text{tin,fin}}$
Holz qs	Zugstab	Holz	Ja	$E_{\text{conc,fin}}$
Koppelstäbe	Fachwerkstab	Kopplung	Nein	-
Schubverbinder	Kragarm	Schubkopplung	Ja	$K_{\text{ser,fin}}$
Gelenk	Gelenk	Schubfuge	nein	-

13.9. Nennen Sie 4 Vorteile von HBV-Decken gegenüber konventioneller Holzbalkendecken

- Erhöhte Tragfähigkeit
- Günstiges Schwingungsverhalten
- Besserer Schallschutz
- Besserer Brandschutz

13.10. Wie werden sehr steife, konzentriert angeordnete Verbindungsmittel (z.B. Kerfen) im Berechnungsverfahren der Schubanalogie berücksichtigt.

- Über praktisch unendlich steifen Verbund zwischen den Teilquerschnitten $k=00$

13.11. Welche Eigenschaften weist ein Schubverbindungsmittel idealerweise auf?

- Hohe Steifigkeit, hohe Tragfähigkeit

13.12. Nennen sie jeweils ein Beispiel für ein schubweiches und ein steifes Verbindungsmittel und geben Sie jeweils eine typische Anwendung an.

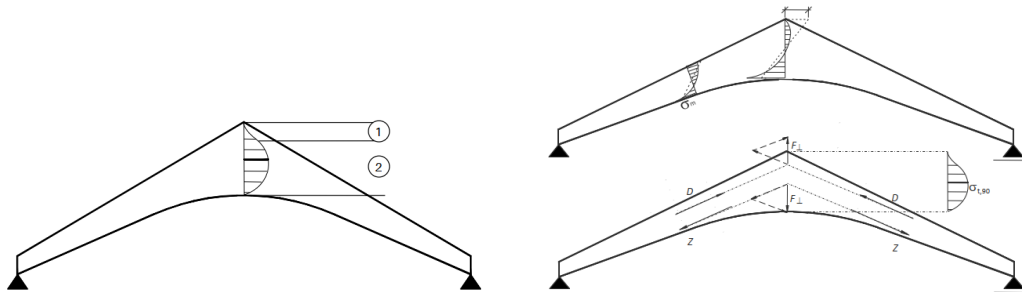
- Schubsteif: Kerfen
- Schubweich: Schrauben

14. Schub und Querkzugspannungen

14.1. Geben Sie Beispiele an (gerne mit Skizze), welche lokal zu hohen Schubspannungen führen können.

- Aufgrund Laststellung (1 Beispiel): [Auflagnernahe Einzellasten](#)
- Aufgrund des statischen Systems (1 Beispiel): [Durchlaufträger](#)
- Aufgrund der Trägerform (3 Beispiele): [Ausklinkungen](#), [Durchbrüche](#), [angeschnittener Rand](#)

14.2. Gegeben ist folgender Verlauf der Querkzugspannungen im First eines Satteldachträgers.



Begründen Sie den Verlauf der Querkzugspannungen über die Trägerhöhe für die zwei gegebenen Bereiche (evtl. unter Zuhilfenahme von Skizzen).

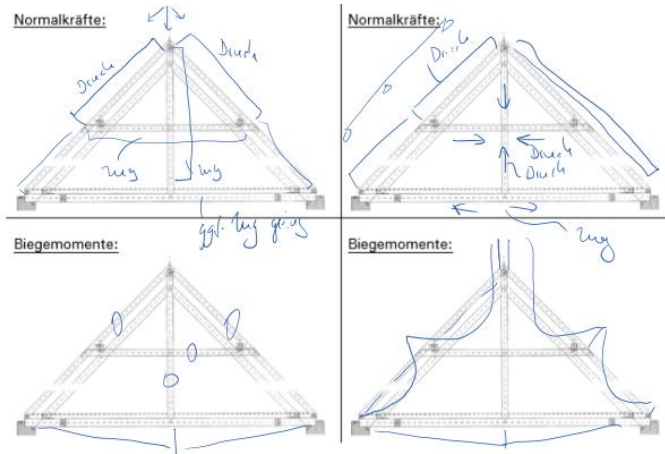
- Im First muss die Biegespannung zu Null werden. Daraus resultieren in diesem Bereich geringere Biegespannungen als in einem vergleichbaren parallelgurtigen Träger. Dieser Zustand resultiert wiederum in geringeren auftretenden Umlenkkräften was den geringeren Anstieg der Querkzugspannungen in Bereich 1 erklärt.
- In Bereich 2 stellt sich ein Biegespannungsverlauf ein, welcher mit dem eines gekrümmten Trägers vergleichbar ist. Daraus resultieren vergleichbare Umlenkkräfte und resultierende Querkzugspannungen.

14.3. Was ist der Unterschied zwischen statisch planmäßiger Torsion und Verträglichkeitstorsion?

- Statisch planmäßige Torsion: Torsion die sich aus dem Gleichgewicht der äußeren Einwirkungen ergibt (z.B. exzentrische Belastung)
- Torsion infolge Verformungszwängen bzw. Systemverträglichkeit.

15. Praxisvortrag

15.1. Sie bekommen unten dargestellten Planauszug eines Dachtragwerks. Stellen Sie für die beiden angegebenen Belastungen qualitativ dar, welchen zugehörigen Schnittgrößen die Bauteile ausgesetzt sind (Zug oder Druck und/oder Biegung). Hierzu sind möglicherweise Annahmen zu treffen. Nennen und erläutern Sie diese Annahmen kurz.



15.2. Aufgabe:

Gegeben ist ein gekrümmter Mehrfeldträger.

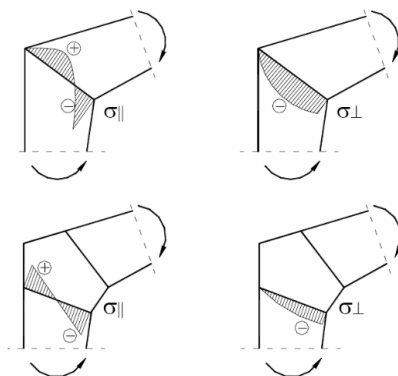
Welche Einteilungen / Vereinfachungsmöglichkeiten erkennen Sie, um diesen Träger mit den Rechenvorschriften der DIN 1052:2004-08 nachweisen zu können?



Rahmenecken

2. Skizzieren Sie zwei Ausführungsvarianten für geklebte, keilgezinkte Rahmenecken und zeichnen Sie den Spannungsverlauf parallel und senkrecht zur Faser an der Verbindungsstelle ein.

- Keilzinkenstoß
- Keilzinkenstoß mit Eckstück



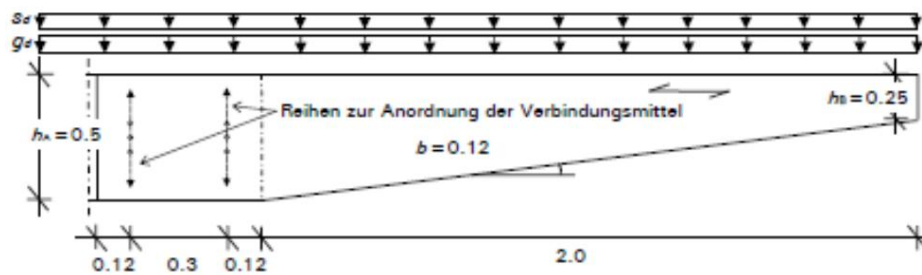
3. Beschreiben Sie kurz, welche Spannungsnachweise für geklebte Rahmenecken zu führen sind und welche Festlegungen für diese getroffen werden.

- Querkraft und Biegung
- Annahme: biegesteifer Verbund
- Bei Keilzinkenverbindung Nettoquerschnitt berücksichtigen (bis zu 20% Schwächung)
- Nur NKL1 und NKL2

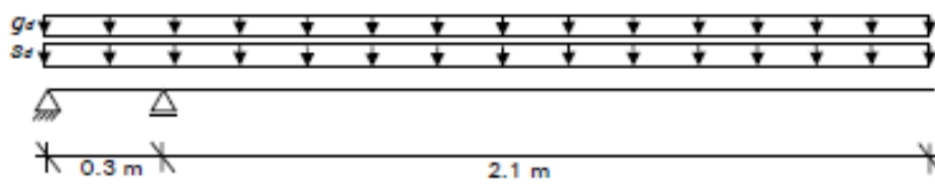
16. Ersatzsystem

Vorteile unterschiedlicher Möglichkeiten von Ersatzsystemen

Ansicht: (alle Maße in [m])

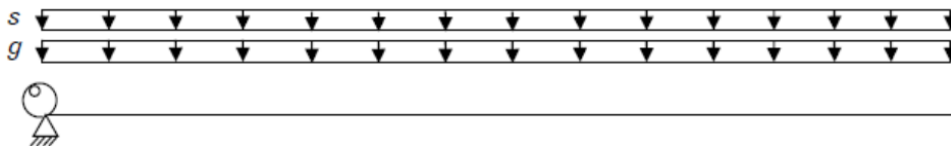


- Möglichkeit 1:



- Vorteil: das System bildet die tatsächlich in der Verbindung auf das BSH-Bauteil wirksamen Querkraften realistischer ab
- Nachteil: die auf die VBM wirkenden Kräfte werden nur zum Teil abgebildet. Führt zu einer Unterschätzung der tatsächlich wirkenden Kräfte (hier um ca. 35%)

- Möglichkeit 2:



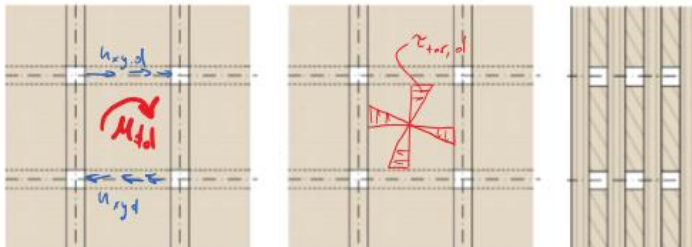
- Vorteil: Moment wird realistischer abgebildet
- Nachteil: Querkraften werden unrealistisch abgebildet

ALTES SKRIPT**17. Holzschalen, Holzkuppeln**

- 17.1. Nennen Sie drei Ansätze/Verfahren zur Berechnung von Schalentragerwerken.
- Z.B. Berechnungsverfahren nach Lundgren, Trägerrostmodelle, FEM
- 17.2. Wie können später im Tragwerk auftretende Eigenspannungen im statischen System berücksichtigt werden?
- Z.B. über Temperaturlasten und/oder Randmomente
- 17.3. Mit welchem Maß der Relaxation kann nach 25 Jahren Nutzung in Nutzungsklasse 1 ungefähr gerechnet werden?
- ca. 50%

18. Brettsperrholz

- 18.1. Beschreiben Sie stichpunktartig die Herstellung von Brettsperrholz.
- Trocknung -> Sortierung -> Hobeln und Keilzinken -> Leimauftrag -> Zusammensetzen unter hydraulischen Pressen -> Verklebung im Vakuumverfahren -> Abbund mit CNC-Maschinen
- 18.2. Welchen Vorteil besitzt die kreuzweise Anordnung der einzelnen Lagen von Brettsperrholz hinsichtlich
- a) der Lastabtragung: in beide Richtungen der Scheibe wirkt der gleiche effektive Querschnitt -> zweiachsialer Lastabtrag
 - b) des Verhaltens bei Feuchtebeanspruchungen? Nahezu keine Quell/ und Schwindverformungen auftreten
- 18.3. Welchen Nachweis würden Sie für die Vordimensionierung von biegebeanspruchten Deckenelementen aus Brettsperrholz verwenden?
- Schwingungsnachweis über die Verformungsbegrenzung wquasi-ständig < 6mm -> die Decke ist steif genug, um die Lasten abzutragen
- 18.4. Erläutern Sie anhand einer Skizze, warum bei einem Wandelement unter Scheibenschubbeanspruchung ein Torsionsschubspannungsnachweis in den Klebeflächen der Kreuzungspunkte zu führen ist. Skizzieren Sie qualitativ den sich einstellenden Torsionsschubspannungsverlauf.

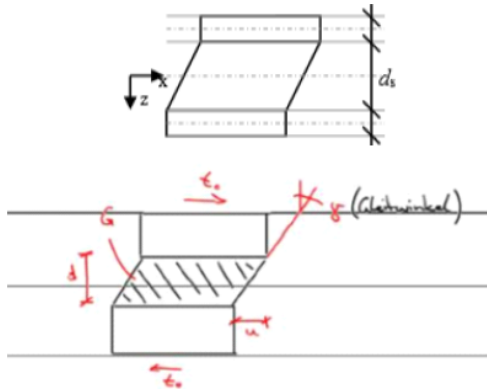


Keine Schmalseitenverklebung

19. Nachgiebiger Verbund

- 19.1. Nennen Sie 5 Randbedingungen, unter denen das y-Verfahren die theoretisch exakte Lösung liefert.
- statisch bestimmter Einfeldträger
 - sinusförmige Belastung
 - konstante Querschnitte (max. drei Teilquerschnitte)
 - Gültigkeit der Bernoulli-Hypothese in den Teilquerschnitten
 - linear elastisches Werkstoffverhalten
 - kontinuierlicher, konstanter Verbund
 - Vernachlässigung der Schubverformung der Teilquerschnitte
- 19.2. Welche Anpassung muss bei der Berechnung von γ erfolgen, wenn das System aus einem Durchlaufträger mit Spannweite ℓ_i oder einem Kragarm der Länge ℓ_k besteht.
- Durchlaufträger: $l = 0.8 \ell_i$
 - Kragarm: $l = 2.0 \ell_k$

- 19.3. Geben Sie an, wie der Beiwert η zu berechnen ist, wenn zwei Querschnitte über eine schubweiche Schicht (Schubmodul GS) der Dicke d_s nachgiebig miteinander verbunden sind.

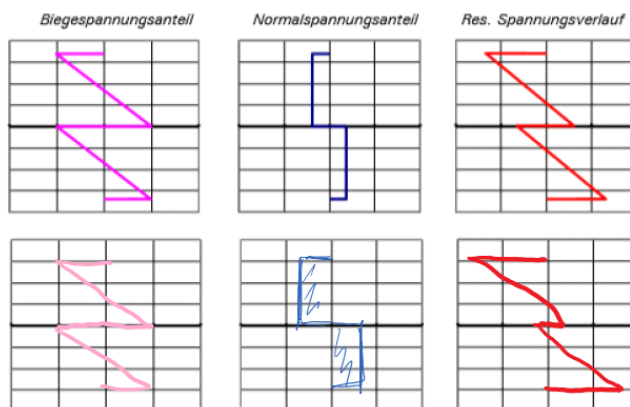


$$u = \gamma \cdot d = \frac{\tau}{G} \cdot d = \frac{\tau_0}{G \cdot b} \cdot d$$

$$\rightarrow \frac{1}{\eta^2} = \frac{d}{G \cdot b}$$

$$\eta_i = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_i \cdot A_i \cdot s_i}{K_i \cdot l_i}}$$

- 19.4. In nachfolgender Abbildung sind die Biegespannungs- und die Normalspannungsverteilung sowie der resultierende Spannungsverlauf eines nachgiebig miteinander verbundenen Zweipunktquerschnittes dargestellt. Wie ändern sich die Verläufe, wenn die Steifigkeit der Verbundfuge erhöht wird? Zeichnen Sie die veränderten Spannungsverläufe in die dafür vorgesehenen Abbildungen. #



Anteile der Biegespannung bleiben gleich. Normalspannung wird größer. Im res. Spannungsverlauf wird die Fuge kleiner (besserer Verbund)