

2K-Epoxidharz-Klebstoff zum Einkleben von Stahlstäben in Holzbaustoffe
– **WEVO-Spezialharz EP 32 S mit WEVO-Härter B 22 TS** –



1. ZULASSUNG

Nach DIN 1052 müssen Klebstoffe zum Einkleben von Stahlstäben in Holzbauteile in einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) geregelt sein. Die Voraussetzung für eine uneingeschränkte Verwendung des Klebstoffes ist der Nachweis der Beständigkeit bei +60°C.

WEVO-Spezialharz EP 32 S mit WEVO-Härter B 22 TS ist der zurzeit einzige Klebstoff, der diese Anforderungen erfüllt.



Bild 1: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (erste Seite der Zulassung)

2. STAHLSTÄBE

Gemäß DIBt-Zulassung dürfen

- Betonrippenstäbe aus Betonstahl BSt 500 S nach DIN 488-2 oder
- Gewindebolzen mit metrischem Gewinde nach DIN 976-1 aus Kohlenstoffstahl der Festigkeitsklassen 4.8, 5.6, 5.8 oder 8.8 nach DIN EN 898-1 verwendet werden.

Der Durchmesser der Stahlstäbe kann zwischen 6 und 30 mm liegen.



Bild 2 u. 3: Stahlstäbe zum Einkleben in Holzbaustoffe

3. TRAGENDE HOLZBAUTEILE

Die DIBt-Zulassung regelt das Einkleben in

- Brettschichtholz und
- Furnierschichtholz aus Nadelholz

4. KLEBSTOFFSYSTEM

Das Klebstoffsystem setzt sich zusammen aus

- 100 Gewichtsteilen WEVO-Spezialharz EP 32 S und
- 35 Gewichtsteilen WEVO-Härter B 22 TS



Bild 4: Komponenten des Klebstoffsystems

Die spezifischen Eigenschaften des Klebstoffes sind in der in Abstimmung mit DIBt erarbeiteten Verarbeitungsrichtlinie (Technisches Merkblatt der Firma WEVO, „WEVO-Spezialharz EP 32 S mit WEVO-Härter B 22 TS“) enthalten.

Die Anforderung der DIN 1052, Beständigkeit bis 60°C, wird vom Klebstoff erfüllt. Für spezielle Anwendungen, bei welchen höhere Temperaturen erwartet werden, kann durch eine einmalige Erwärmung der Klebstofffuge die Temperaturbeständigkeit deutlich angehoben werden. So ist etwa bei einer 2-stündigen Erwärmung der Klebstofffuge auf 60°C eine Temperaturbeständigkeit bis rund 85°C zu erwarten.

5. ANWENDUNG

Holzbauteile mit eingeklebten Stahlstäben dürfen in den Nutzungsklassen 1 und 2 nach DIN 1052 bei Tragwerken mit vorwiegend ruhender Belastung eingesetzt werden. Die eingeklebten Stahlstäbe dürfen für planmäßige Anschlüsse von Holzbauteilen untereinander oder an Bauwerken aus anderen Werkstoffen (z.B. Stahlstützen), für Verstärkungen von Ausklinkungen und Durchbrüchen, für die Quersugsicherung und die Instandsetzung bzw. Ertüchtigung von Holzbauteilen verwendet werden.



Bild 5: Mit eingeklebten Stahlstäben hergestellte Brücke Sneek (Fa. Schaffitzel)

6. BEMESSUNG

Für die Bemessung von in tragende Holzbauteile eingeklebten Stahlstäben gilt DIN 1052, Abschnitte 11.4, 14.1 und 14.3. Im Abschnitt 14.3 sind u.a. Mindestabstände der Stahlstäbe bei der Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse sowie in der Stabachse geregelt. Der Anschluss eingeklebter Stahlstäbe in tragende Holzbauteile kann vereinfacht als starre Verbindung betrachtet werden.

Die gesamte Einklebelänge der Stahlstäbe ℓ_{kleb} darf maximal 3.000 mm betragen, wobei die Stabschlankheit $\ell_{\text{kleb}}/\text{Nenn Durchmesser des Stahlstabes in mm}$ kleiner als 110 sein muss. Die rechnerisch wirksame Einklebelänge bzw. Verankerungslänge der Stahlstäbe $\ell_{\text{ad,max}}$ darf zu maximal 40 x Nenn Durchmesser des Stahlstabes in mm angesetzt werden, sie darf aber 1000 mm nicht übersteigen.

Abweichend davon gilt für die rechnerisch ansetzbare wirksame Einklebelänge bzw. Verankerungslänge ℓ_{ad} bei Verstärkungen nach DIN 1052, Abschnitt 11.4.5 (Gekrümmte Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz) halbe Einkleblänge des Stahlstabes.

Im zugbeanspruchten Bereich von Holzbauteilen ist die Querschnittsschwächung der Holzbauteile durch die Bohrlöcher rechnerisch zu berücksichtigen (siehe DIN 1052, Abschnitt 7.2.4).

Entsprechend der Tabelle F.23 von DIN 1052 wird der charakteristische Festigkeitskennwert für Klebefugen $fk_{1,k}$ bei Beanspruchung auf Herausziehen (Beanspruchung in der Stabachse) wie folgt berechnet:

Wirksame Einkleblänge ℓ_{ad} des Stahlstabes	$fk_{1,k}$ in N/mm ²
≤ 250 mm	4,0
$250 \text{ mm} < \ell_{\text{ad}} \leq 500$ mm	$5,25 - 0,005 \cdot \ell_{\text{ad}}$
$500 \text{ mm} < \ell_{\text{ad}} \leq 1000$ mm	$3,5 - 0,0015 \cdot \ell_{\text{ad}}$

Bei der Beanspruchung von eingeklebten Stahlstäben auf Herausziehen sind folgende Versagensmechanismen zu berücksichtigen:

- Versagen des Stahlstabes
- Versagen der Klebstoffuge bzw. des Holzes entlang der Bohrlochwandung
- Versagen des Holzbauteils

Beispiel für die Berechnung von in die Holzbauteile eingeklebten Stahlstäben auf Herausziehen

In die Stirnfläche des Holzes unter Beachtung der Mindestabstände eingeklebte Gewindebolzen sollen auf Herausziehen parallel zur Faserrichtung beansprucht werden.

Mit welchem Bemessungswert darf unter folgenden Bedingungen gerechnet werden?

Klasse der Lasteinwirkungsdauer:	Mittel, $K_{mod} = 0,8$
Festigkeitsklasse des Holzes:	C24, $f_{t,k} = 14 \text{ N/mm}^2$, $f_{t,d} = \frac{14 \cdot 0,8}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$
Nenndurchmesser des Gewindebolzens:	$d = 16 \text{ mm}$
charakteristische Festigkeitsklasse:	5.8 nach DIN 976-1
Eingeklebte Länge Charakteristische Streckgrenze:	$l_{ad} = 200 \text{ mm}$
(Tabelle G12 der DIN 1052)	$f_{y,k} = 400 \text{ N/mm}^2$
Teilsicherheitsfaktor für Stahl-Festigkeitseigenschaften:	$\gamma_M = 1,25$
Bemessungswert der Fließgrenze:	$f_{y,d} = \frac{400}{1,25} = 320 \text{ N/mm}^2$
Spannungsquerschnitt des Stahlstabes:	$A_{ef} = 157 \text{ mm}^2$ (liegt zwischen dem Schaft- und Kernquerschnitt)
Charakteristischer Festigkeitskennwert für die Klebefuge zwischen Gewindebolzen und Bohrlochwandung nach Tabelle F.23 für $l_{ad} = 200 \text{ mm}$:	$fk_{1,k} = 4,0 \text{ N/mm}^2$
Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit:	$fk_{1,d} = \frac{4,0 \cdot 0,8}{1,3} = 2,5 \text{ N/mm}^2$
Wirksame Querschnittsfläche des Holzes pro Stabdübel:	$36 \cdot d^2 = 9216 \text{ mm}^2$

Es ergibt sich:

bezüglich des Gewindebolzens:	$R_{ax,d} = 320 \cdot 157 = 50240 \text{ N}$
bezüglich der Klebefuge:	$R_{ax,d} = 3,14 \cdot 16 \cdot 200 \cdot 2,5 = 25120 \text{ N}$
bezüglich des Holzes:	$F_d = 36 \cdot d^2 \cdot f_{t,d} = 9216 \cdot 8,6 = 70658 \text{ N}$
Maßgebend ist der Bemessungswert der Klebefuge:	$R_{ax,d} = 25120 \text{ N}$

7. NACHWEIS DER BERECHTIGUNG ZUM EINKLEBEN VON STAHLSTÄBEN IN HOLZBAUTEILE

Betriebe, die Stahlstäbe in tragende Holzbauteile nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung einkleben, müssen im Besitz einer Bescheinigung über die Eignung zum Einkleben von Stahlstäben in tragende Holzbauteile gemäß DIN 1052 sein (MPA Stuttgart).

8. VORGEHENSWEISE BEIM EINKLEBEN VON STAHLSTÄBEN

8.1 Allgemeines

Die Holzfeuchte bei der Verklebung darf maximal 18% betragen.



Bild 6: Messung der Holzfeuchte (Fa. Derix)

Bei Gewindebolzen muss der Durchmesser des Bohrlochs mindestens 2,0 mm und darf maximal 4,0 mm größer als der Nenndurchmesser des Gewindebolzens sein.

Bei Betonrippenstählen muss der Durchmesser des Bohrlochs den Werten der Tabelle 1 aus der DIBt-Zulassung bzw. aus dem technischen Merkblatt entsprechen.

Nenndurchmesser d der Betonrippenstähle in mm	Bohrlochdurchmesser in mm
$6 \leq d \leq 10$	$d + 2,5 \pm 0,5$
$10 < d \leq 20$	$d + 4,0 \pm 1,0$
$20 < d \leq 3$	$d + 5,5 \pm 0,5$

Tabelle 1: Bohrlochdurchmesser bei Betonrippenstählen

Durch geeignete konstruktive Maßnahmen (z.B. Distanzringe oder Schweißpunkte) ist sicherzustellen, dass die Stahlstäbe im Bohrloch zentrisch eingeklebt werden.



Bild 7: Stahlstab mit Distanzring (Fa. Grossmann)

Die Bohrlöcher sind speziell bei längeren Bohrungen mit einer speziellen Führung des Bohrers/ der Bohrmaschine in die Holzbauteile einzubringen. Um eine bessere Führung des Bohrers zu ermöglichen, sollten die Löcher zunächst mit geringerer Länge und gegebenenfalls mit geringerem Durchmesser vorgebohrt und anschließend auf die erforderlichen Endabmessungen aufgebohrt werden.



Bild 8 und 9: Tiefloch-Bohrvorrichtung

Vor dem Einkleben der Stahlstäbe sind die Bohrlöcher mit Druckluft von innen liegenden Holzspänen zu befreien.



Bild 10: Säuberung der Bohrlöcher mit Druckluft (Mayr-Melnhof Kaufmann Reuthe GmbH)

8.2 Zubereitung des Klebstoffes

Mischungsverhältnis:

- 100 Gewichtsteile WEVO-Spezialharz EP 32 S
- 35 Gewichtsteile WEVO-Härter B 22 TS

Mischung von Hand:

Die Harz- und Härtermenge sind unbedingt genau abzuwiegen; es sind kalibrierte Waagen zu verwenden. Zur Entnahme aus den Gebinden müssen für Harz und Härter getrennte Werkzeuge (Spachtel, Spatel usw.) benutzt werden. Die Vermischung von Harz- und Härtermengen mittels Spachtel oder Handquirl ist sorgfältig durchzuführen, hierbei ist insbesondere das an Boden und Wänden des Mischgefäßes haftende Material abzustreifen. Die vollständige Durchmischung ist erreicht, wenn das Klebstoffgemisch keine Schlieren mehr zeigt.

Mischung mittels Kartuschen und statischem Mischrohr:

Zur einfacheren und sicheren Handhabung werden seitens der Fa. WEVO-CHEMIE und autorisierter Händler Kartuschen angeboten, bei welchen das aufgeführte Mischungsverhältnis in Verbindung mit der Verwendung einer Handpistole und eines statischen Mischrohres eingehalten ist.

Gebindegrößen bei Verwendung des Kartuschensystemes:

- **1 x 750 ml Kartusche befüllt mit Spezialharz EP 32 S**
- **1 x 300 ml Kartusche befüllt mit Härter B 22 TS**

Für die Kartuschenware gelten dieselben Verarbeitungsrichtlinien hinsichtlich Viskosität, Dichte und Lagertemperatur (+15°C bis +25°C) wie für das in anderen Gebinden gelieferte Produkt.

Die Verarbeitung der Kartuschenware erfolgt mittels einer Handpistole und eines statischen Mischrohres.

Geeignetes und geprüftes Mischrohr ist: **MixPac MC 10/32**

Es wird jeweils eine Harz- und eine Härter-Kartusche zusammengeklipst und in die Handpistole eingelegt. Die Versiegelungen an den Kartuschenöffnungen entfernen. Danach wird das statische Mischrohr auf die zusammengeklipsten Kartuschen aufgeschraubt. Mittels Druckförderung werden beide Komponenten durch das statische Mischrohr gepresst und vermischt. Bevor mit dem Material gearbeitet werden darf, muss das Mischrohr einmal komplett befüllt worden sein und der erste „Schuss“ verworfen werden. Gemischtes Material kann max. 15 min. im Mischrohr verbleiben. Bei längeren Verpress-/Entnahmepausen muss ein neues Mischrohr aufgeschraubt werden.

Bei Verpress-/Entnahmeabbruch und verbleibender Restmenge ist wie folgt vorzugehen: Druck von den Kartuschen nehmen, Kartuschen aus dem Dosiergerät/Handpistole entnehmen, das Mischrohr abschrauben, die Kartuschenöffnung mit einem Tuch o.ä. säubern und anschließend wieder verschließen/abdichten. Für die Abdichtung können Schraubkappen, Alufolien, Frisch-haltefolie o.ä. verwendet werden. Die Kartuschen danach aufrecht lagern. Es ist darauf zu achten, dass kein Material austreten bzw. miteinander reagieren kann.

Insbesondere bei Verarbeitung der Kartuschenware mittels Handpistole und manueller Förderung (ohne Druckluft/Druckbeaufschlagung) ist auf eine einwandfreie Homogenität/ Vermischung der beiden Komponenten zu achten. Im Einzelfall kann es in diesem Fall ratsam sein, die einwandfreie Homogenität der Mischung durch ein zu Förderbeginn hergestelltes Muster zu kontrollieren.

8.3 Benötigte Klebstoffmengen

Erforderliche Mengen an Epoxidharz beim Einkleben von Stahlstäben unter Berücksichtigung unterschiedlicher Querschnitte und Einklebelängen.

(Bohrloch 4mm breiter als Querschnitt des Stahlstabs, Mengenangaben in Gramm, ca. Angaben)

		Einklebelängen in mm		
		400	600	800
Ø Stahlstäbe in mm	16	51 (61)*	80 (96)	108 (130)
	20	63 (76)	97 (116)	125 (150)
	30	91 (109)	137 (164)	182 (218)

**Klammerangaben: mit ca. 20% Überschuss*

8.4 Einfüllen des Klebstoffes

Das Einfüllen des Klebstoffes in die Bohrlöcher muss so erfolgen, dass eine blasenfreie Verklebung der Stahlstäbe über die ganze im Holz vorhandene Länge erfolgt.

Dabei wird in der Regel eines der drei nachfolgenden Verfahren angewandt:

Verfahren A:

Bei diesem Verfahren sind die Bohrlöcher von oben sichtbar und zugänglich.

Dabei wird wie folgt vorgegangen:

- In Abhängigkeit von dem vorgesehenen Übermaß des Bohrloches gegenüber dem Nenndurchmesser des Stahlstabes wird die erforderliche Klebstoffmenge, einschließlich Sicherheitszuschlag, berechnet, abgemessen und anschließend bis zu einer bestimmten Höhe in das Bohrloch eingefüllt. Die eingefüllte Klebstoffmenge muss so bemessen werden, dass nach der vollständigen Einführung des Stahlstabes ein Teil des eingefüllten Klebstoffs aus dem Bohrloch herausquillt.
- Der Stahlstab wird vorsichtig in das Bohrloch eingeführt und dabei leicht gedreht.

Beispiel für die Ausführung bei vertikalen Bohrlöchern



Bild 11: Einfüllen des Epoxid-Harz Klebstoffes in die Bohrlöcher (Fa. Gröber)



Bild 12: Einführen eines Stahlstabes in das Bohrloch (Fa.Gröber)

Verfahren B:

- Entlang des Bohrlochs werden von einer Bauteilseitenfläche her zusätzliche Bohrungen zum Einfüllen des Klebstoffs sowie zum Entweichen der Luft aus den Hohlräumen angebracht. Die Anzahl dieser Bohrungen und deren Durchmesser richten sich nach der Länge des Bohrlochs und dem verwendeten Einfüllgerät.
- Der Stahlstab wird zentrisch in das Bohrloch eingeführt.
- Wenn der Stahlstab von unten eingeführt wird, wird das Bohrloch vor dem Einfüllen des Klebstoffes von unten abgedichtet.
- Der Klebstoff wird durch die zusätzlich angebrachten Bohrlöcher in die Hohlräume zwischen dem Stahlstab und der Bohrlochwand injiziert. Mit dem Einfüllen des Klebstoffes beginnt man bei dem untersten Bohrloch bis der Klebstoff aus dem nächst höherem Bohrloch austritt.
- Das unterste Bohrloch wird dann verschlossen. Dabei werden entweder Holz- oder Kunststoffdübel verwendet.
- Das Injizieren des Klebstoffes in das nächst höhere Bohrloch und in die weiteren Bohrlöcher sowie das Verschließen der Bohrlöcher erfolgt in der gleichen Weise, bis der Klebstoff am obersten Bohrloch zur Füllungskontrolle austritt.

Beispiel für die Ausführung mit stehenden Bohrlöchern



Bild 13: Seitliche Bohrlöcher zum Einfüllen des Klebstoffes (Fa. Derix)



Bild 14: Einführen der Stahlstäbe in die vorbereiteten Bohrlöcher (Fa. Grossmann)

Beispiel für die Ausführung mit stehenden Bohrlöchern



Bild 15: Einfüllen des Klebstoffes über seitliche Bohrlöcher (Fa. Derix)



Bild 16: Austreten des Klebstoffes aus dem obersten Loch und Verschließen des Lochs mit Kunststoffdübeln (Fa. Derix)

Beispiel für die Ausführung bei liegenden Bohrlöchern



Bild 17: Seitliche Bohrlöcher zum Einfüllen des Klebstoffes, ersichtlich sind auch die vorbereiteten Bohrlöcher für die Stahlstäbe und die zu verwendenden Stahlstäbe (Mayr-Melnhof Kaufmann Reuthe GmbH)



Bild 18: Positionierung des Stahlstabes in dem vorbereiteten Bohrloch (Mayr-Melnhof Kaufmann Reuthe GmbH)



Bild 19: Einfüllen des Klebstoffes über zusätzliche Bohrlöcher, ersichtlich ist auch das Austreten des Klebstoffes aus den Bohrlöchern (Mayr-Melnhof Kaufmann Reuthe GmbH)

Verfahren C:

- Entlang des Bohrlochs werden Entlüftungslöcher gebohrt.
- Stahlstäbe werden in die vorbereiteten Bohrlöcher zentrisch eingeführt.
- Die Bohrlöcher für die Stahlstäbe werden verschlossen.
- Im Bereich der verschlossenen Bohrlöcher für die Stahlstäbe wird ein Hohlbohrer mit Schlauchkupplung eingebracht.
- Der Klebstoff wird mit einer speziellen Duckvorrichtung mit Hilfe eines Hohlbohrers mit einer Schlauchkupplung in die Hohlräume zwischen den Stahlstab und der Bohrlochwand eingepresst.
- Im Bereich der Holzoberfläche werden die Bohrlöcher für die Stahlstäbe bündig mit passenden Holzteilen verschlossen.



Bild 20: Einfüllen des Klebstoffs mittels Injektoren (Finnforest-Merk)

**Beispiele für die Ausführung: Einbringung der Stahlstäbe
bei einem blockverklebten Brettchichholzträger**



Bild 21: Blockverklebter Brettchichholzträger für die Brücke Sneek, NL, Randträger (Fa. Schaffitzel)



Bild 22: Bohrlöcher für die Stahlstäbe (Fa. Schaffitzel)

Entlüftungslöcher



Bild 23: Entlüftungslöcher (Fa. Schaffitzel)



Bild 24: Zentrisches Einführen von Stahlstäben (Fa. Schaffitzel)



Bild 25: fast vollständig eingeführte Stahlstäbe (Fa. Schaffitzel)



Bild 26: Zwei eingebrachte Hohlbohrer mit der Schlauchkupplung (Fa. Schaffitzel)

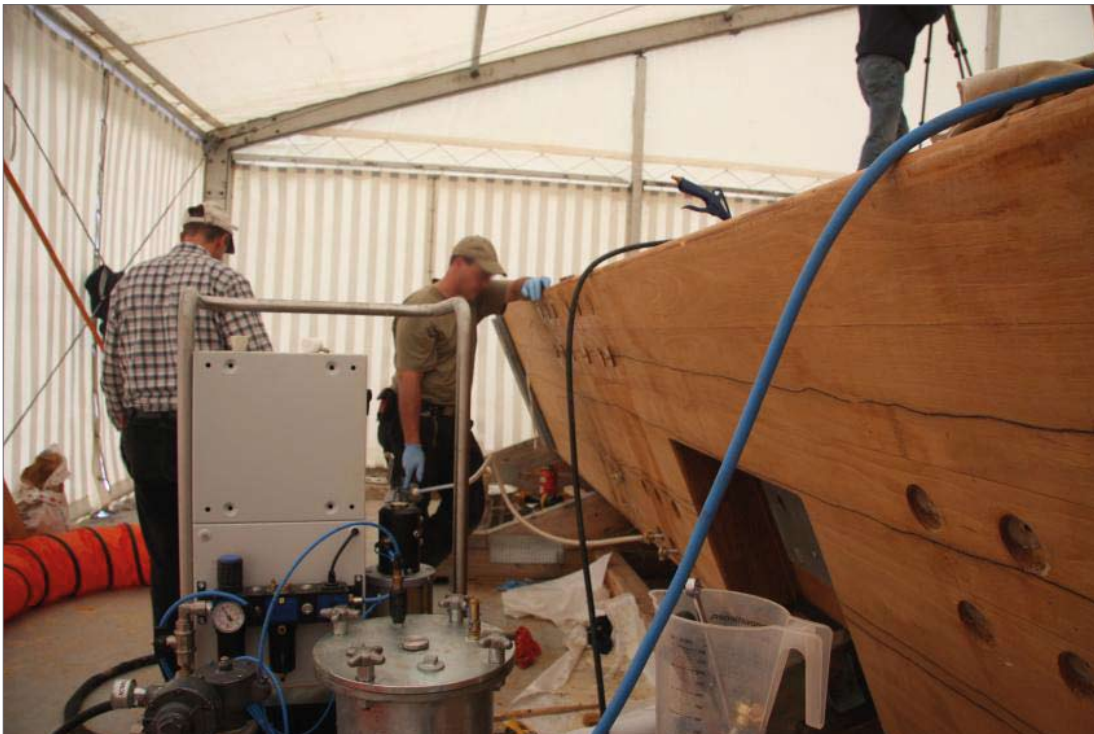


Bild 27: Einfüllen des Klebstoffes (Fa. Schaffitzel)



Bild 28: Verschließen der Löcher für den Hohlbohrer mit Holzdübeln (Fa. Schaffitzel)



Bild 29: Bündiger Verschluss der Bohrlöcher für die Stahlstäbe im Bereich der Holzoberfläche (Fa. Schaffitzel)



Bild 30: Einige Stahlstäbe wurden nur zum Teil mit dem Holz verklebt. Die freien Teile der Stahlstäbe dienen dem Anschluss an die anderen Konstruktionsteile (Fa. Schaffitzel)

9. STATISCHE BEANSPRUCHUNG DER KLEBEVERBINDUNG

Die Klebeverbindung darf erst nach vollständiger Aushärtung des Klebstoffes statisch beansprucht werden.

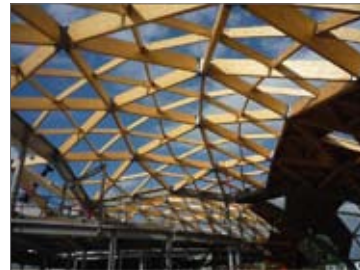
10. BEISPIELE FÜR AUSGEFÜHRTE VORHABEN

Bauweise: Eingeklebte Stahlstäbe als Verbindungselement

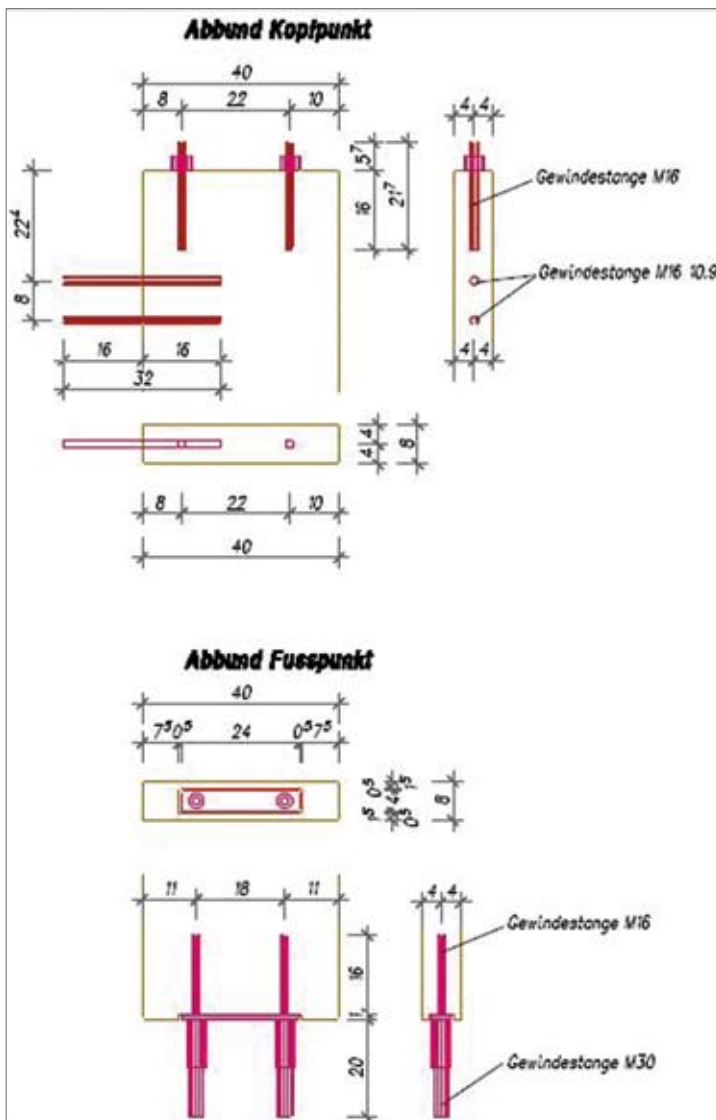
- Grossmann – Rosenheim
Bauvorhaben Bahnhof Kassel



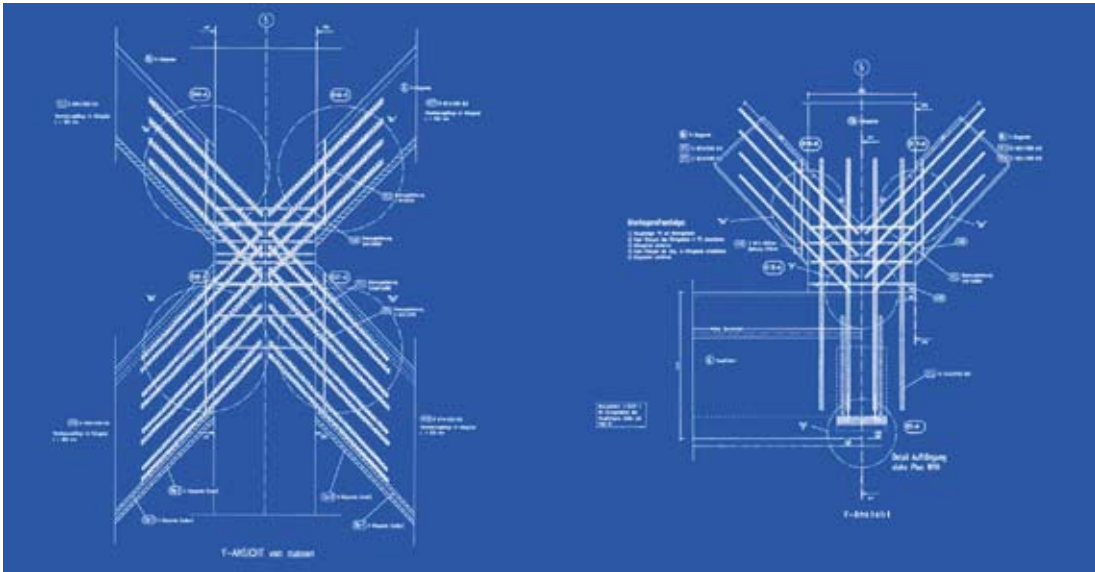
- Mayr-Melnhof Kaufmann Reuthe GmbH
Bauvorhaben Scunthorpe



- müllerblaustein HOLZBAUWERKE
Bauvorhaben Cafeteria Aalen



- Schaffitzel – Schwäbisch Hall
Bauvorhaben Schwerlastbrücke Sneek I (NL)



Bei diesem Projekt wurde das WEVO-Spezialharz EP 20 VP 1 mit dem WEVO-Härter B 20/1 eingesetzt

- Finnforest Merk – Aichach
Bauvorhaben Parasol, Sevilla (E)

