

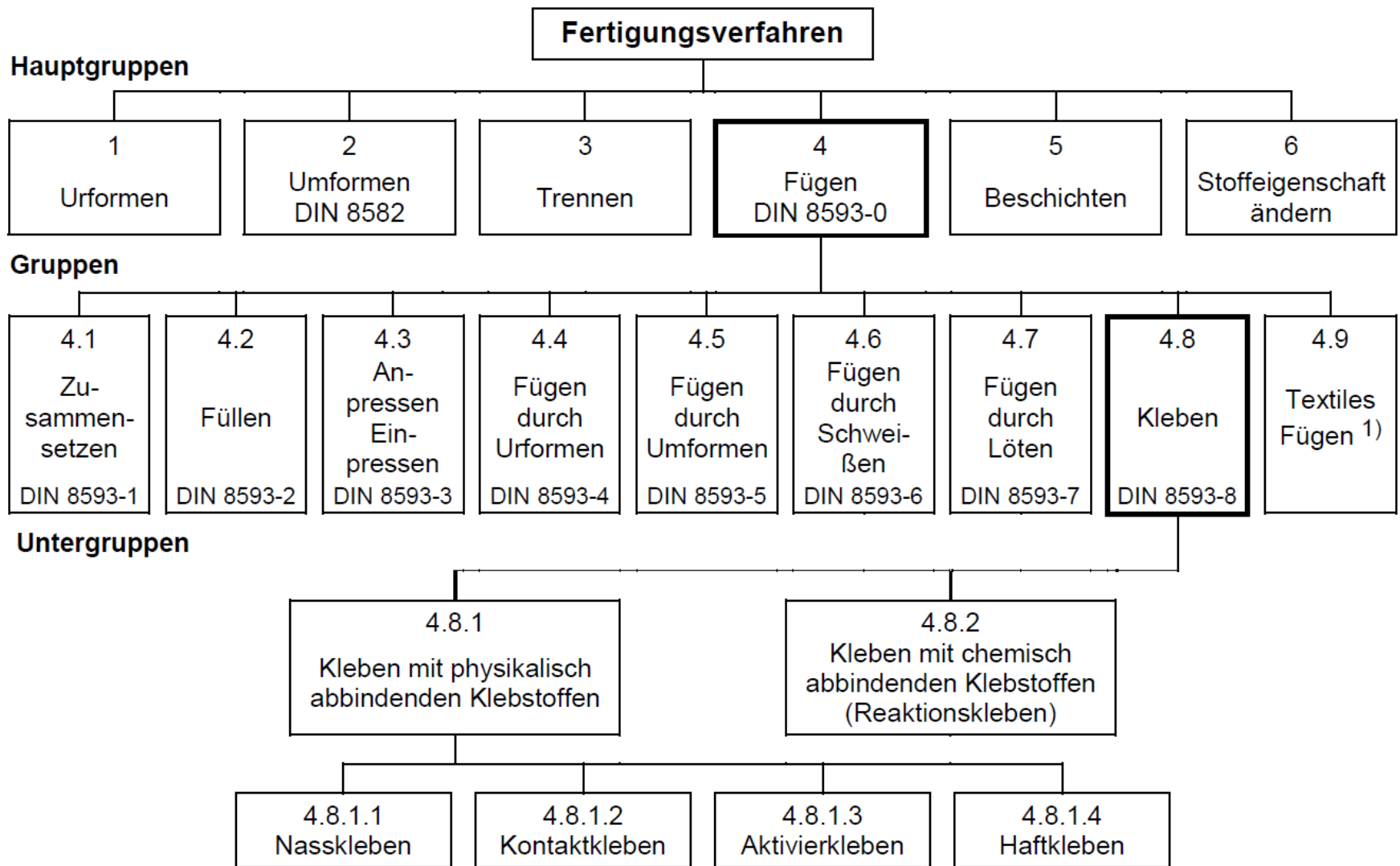
3.3.1. Einleitung / Vorteile & Grenzen

3.3.2. Charakteristische Eigenschaften von Klebstoffen

3.3.3. Hinweise zu Konstruktion und Dimensionierung

3.3.4. Kleben im Schienenfahrzeug

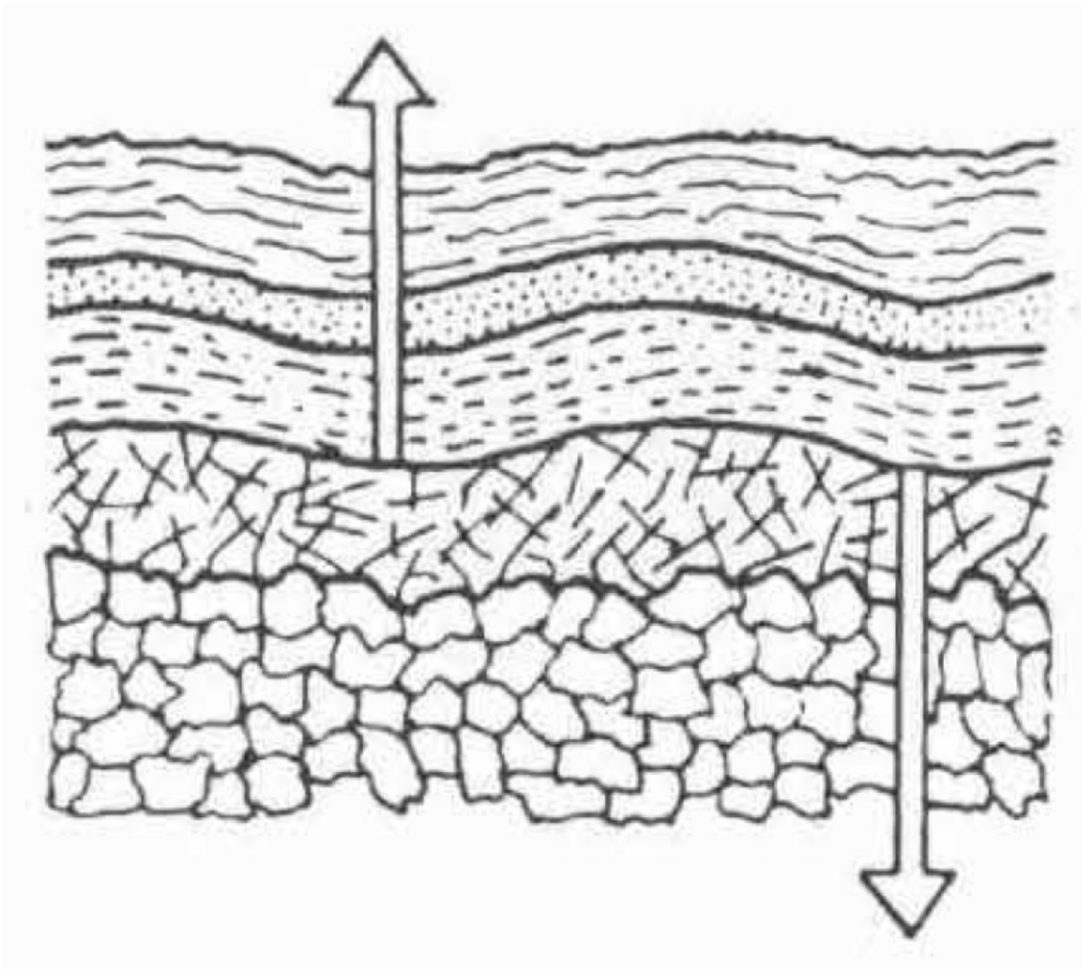
Folie Einordnung Fügen durch Kleben (nach DIN 8593-8)



Folie Vorteile / Einsatzgrenzen Klebverbindungen

Vorteile	Zu beachten
<ul style="list-style-type: none">– Geringe Wärmebeeinflussung der Fügeteile<ul style="list-style-type: none">• Keine makroskopische Beeinflussung der stofflichen Struktur der Fügeteile• Füge-Verformungen bzw. -Eigenspannungen selten– Gleichmäßige Spannungsverteilung– Flächige Verbindungen möglich– Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe möglich<ul style="list-style-type: none">• auch gehärtete oder oberflächenveredelte– Verbinden sehr dünner Fügeteile– Gas- und flüssigkeitsdichte Fugen, keine Spaltkorrosion, Verhinderung von Kontaktkorrosion– Toleranzausgleich durch Spaltüberbrückung– Gute Dämpfungseigenschaften– Hohe dynamische Festigkeit– Verbesserte Crash- und Steifigkeitseigenschaften (Fahrzeugbau)	<ul style="list-style-type: none">– Begrenzte Warmfestigkeit– Reinigung und Oberflächenvorbehandlung der zu verbindenden Teile in vielen Fällen erforderlich– Präzises Einhalten der Fertigungsbedingungen erforderlich– Veränderung der Klebefugeneigenschaften bei Langzeiteinsätzen möglich– Zerstörungsfreie Qualitätsprüfung nur bedingt möglich– Klebgerechte Gestaltung!

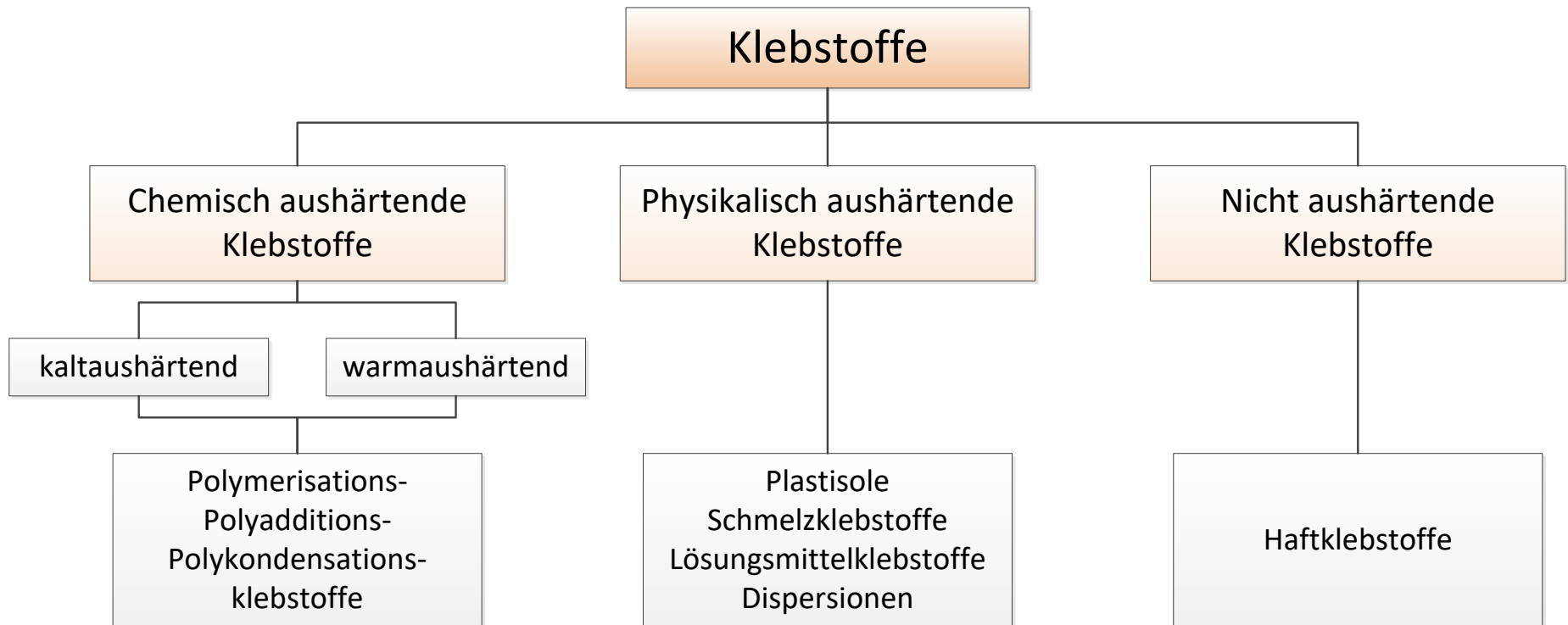
(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382)



- ← Schicht aus Verunreinigungen
 $\approx 3 \text{ nm}$
- ← Adsorptionsschicht $\approx 0,3 \text{ nm}$
- ← Reaktionsschicht
 $\approx 1 \dots 10 \text{ nm}$
- ← (kalt) verformte Schicht
- ← ungestörtes Gefüge des
Kernwerkstoffes

(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:1998)

Folie Einteilung der Klebstoffe nach Aushärtungsmechanismus



(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:1998)

Folie Charakteristische Eigenschaften von Klebstoffen

	Verarbeitungsbedingungen		Verträglichkeit mit Mensch und Umwelt bei der Verarbeitung	Verformbarkeit	Festigkeit	Wärmebeständigkeit in °C	Alterungsbeständigkeit	Bemerkungen
	Temperatur in °C	Druck in N/mm ²						
Haftklebstoffe	10 ... 20	>1 ... 5	1	1	4	bis 120	1-2	keine Fixierung notwendig, sofort belastbar
Kontaktklebstoffe	10 ... 20	ca. 1	3-4	1	3-4	bis 120	2-3	
Dispersionsklebstoffe	10 ... 20	ca. 1	2	1	3-4	bis 100	3	
Schmelzklebstoffe	>100	Kontakt	1	1	3-4	bis 120	2	Stahlfügeteile ggf. Vorwärmen
Plastisole	>150	0	3	1	3-4	bis 120	2	halten auf veröltem Stahl
Epoxidharz 2-K	20	0	3-4	2	1-2	bis 80	3	oft lange Härtezeit, durch Erwärmung verkürzbar
Epoxidharz 1-K	120	0	2-3	2	1	bis 150	2	oft lange Härtezeit (20 min ... 1 h)
Phenolharz 1-K	150	8	2-3	3	1	bis 200	1-2	Wasserabspaltung bei Härtung
Polyurethan 2-K	20	0	2-3	1	2-3	bis 80	2-3	Härtezeiten ca. 3 min ... 5 h
Polyurethan 1-K	80	Kontakt	1-2	1	3	bis 110	2-3	nachvernetzender Schmelzklebstoff
Silikonharz 1-K	20	0	1-2	1	4	bis 200	1	spaltet bei Härtung Essigsäure ab
Cyanacrylat 1-K	20	0	1-2	3-4	2	bis 80	3	vor Verätzungen schützen
Diacrylsäureester 1-K	20	0	3-4	2	1-2	bis 100	1-2	sehr kurze Härtingszeit

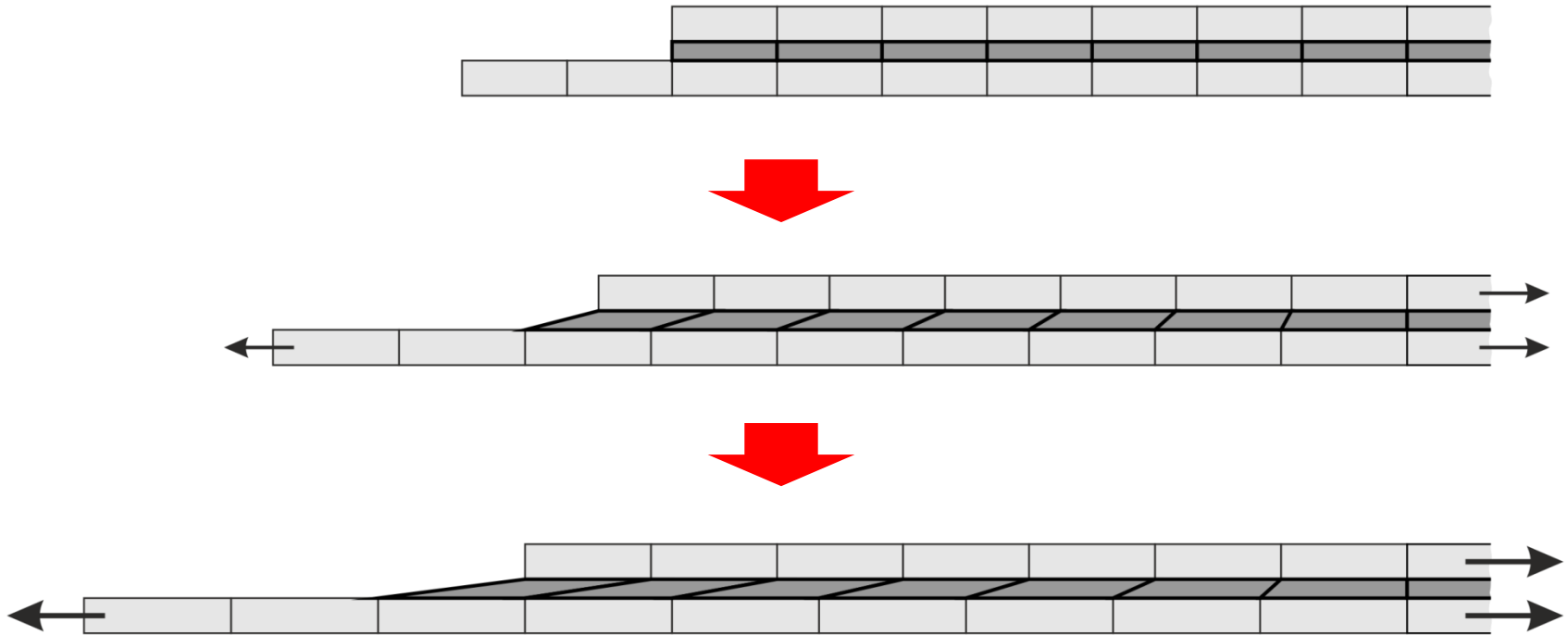
1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = mittel; 4 = niedrig bzw. ungünstig

1-K = einkomponentig; 2-K = zweikomponentig

Alle Angaben ungefährer Natur

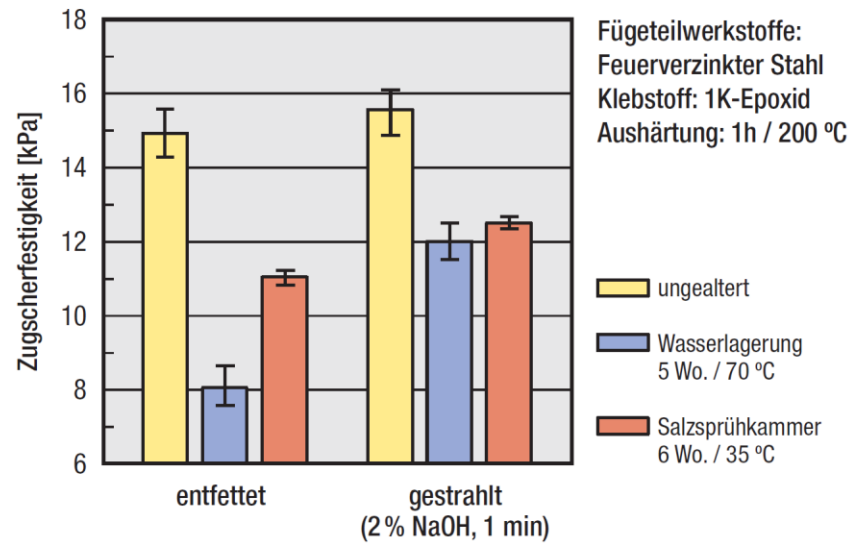
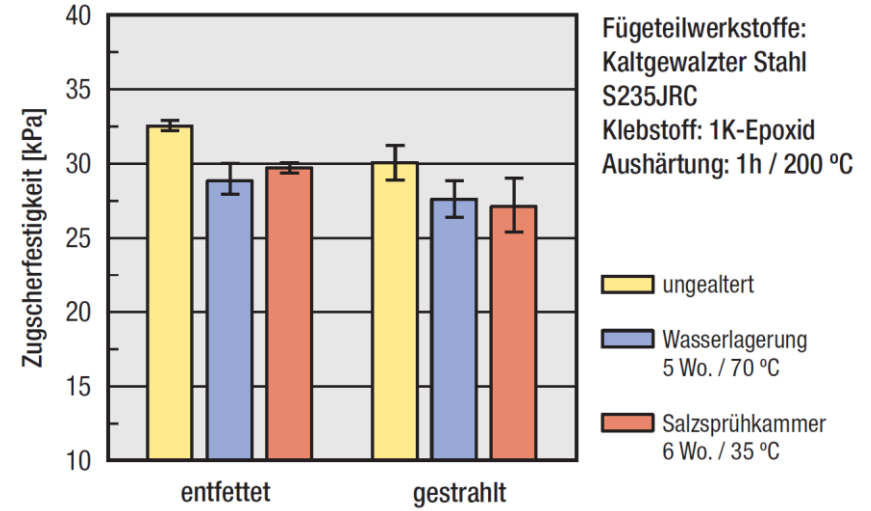
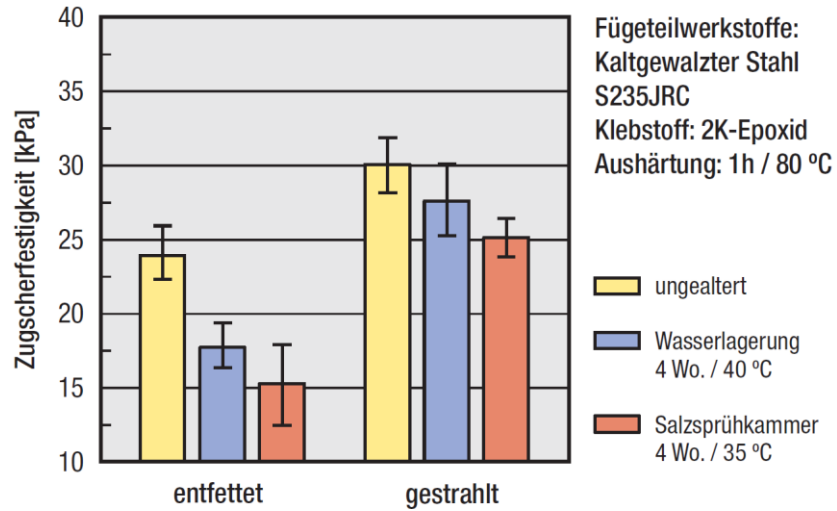
(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:1998)

Folie Dehnung / Verformung Klebschicht unter Last



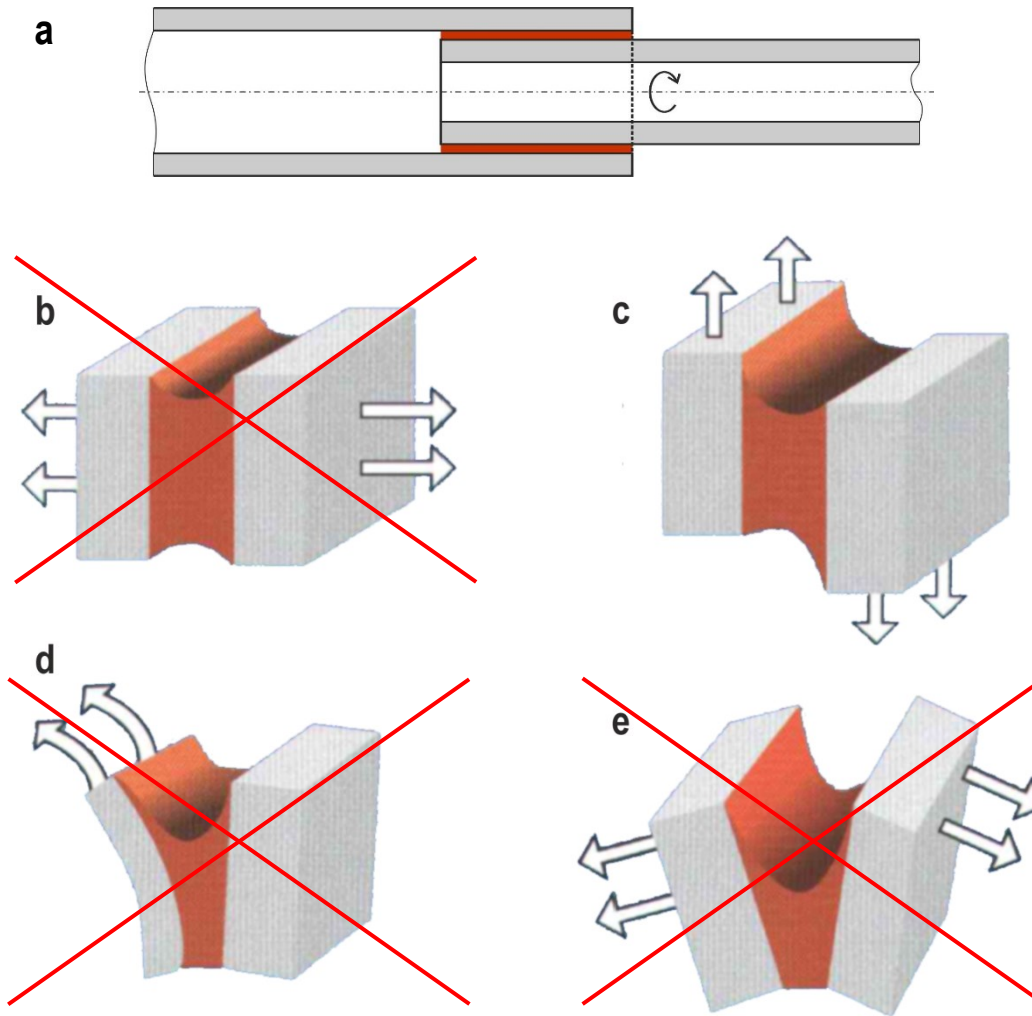
(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:1998)

Folie Zugscherfestigkeiten Stahlklebungen



(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:2012)

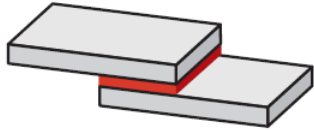
Folie Beanspruchung von Klebverbindungen



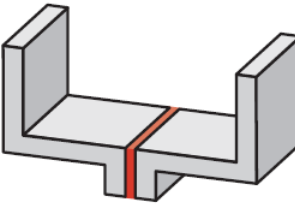
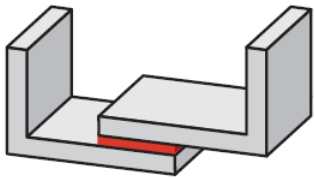
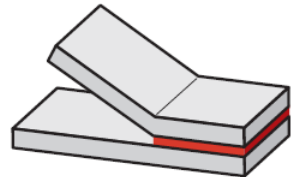
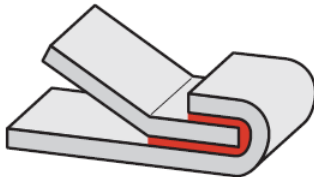
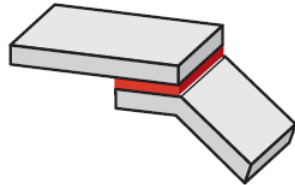
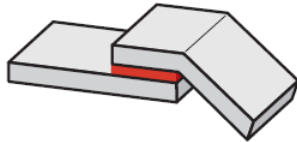
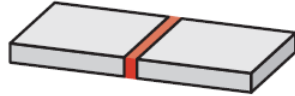
(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:1998)

Folie Beanspruchung von Klebverbindungen

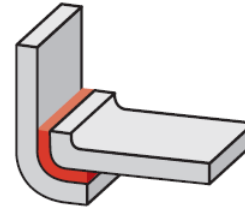
vorteilhaft



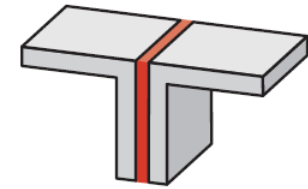
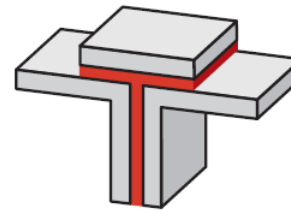
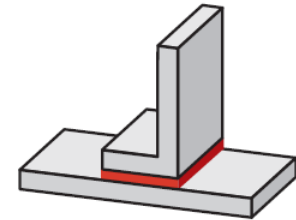
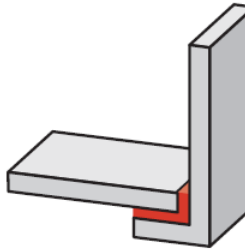
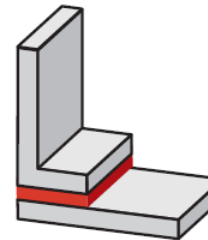
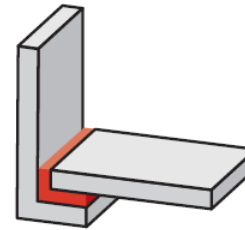
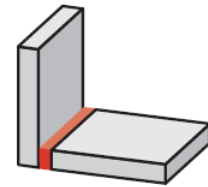
zu vermeiden



vorteilhaft



zu vermeiden

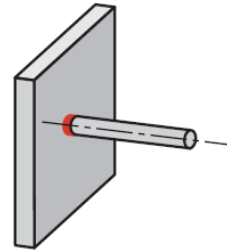
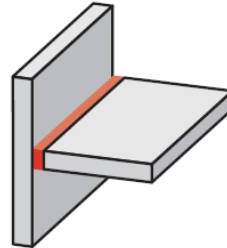
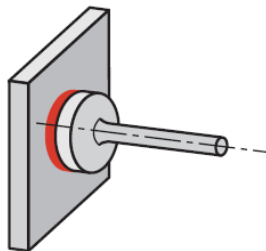
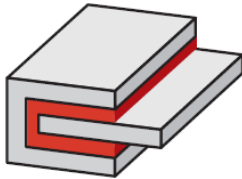
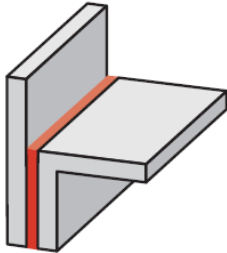
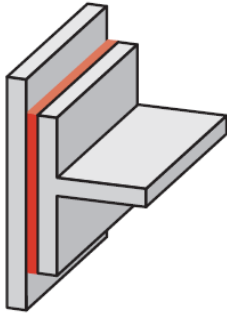


(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:2012)

Folie Beanspruchung von Klebverbindungen

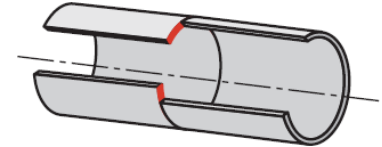
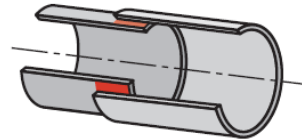
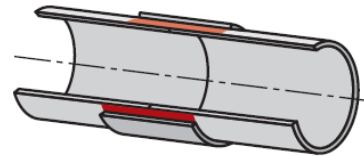
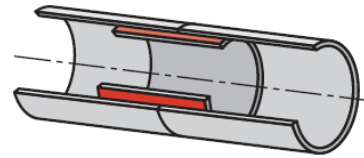
vorteilhaft

zu vermeiden



vorteilhaft

zu vermeiden



(Quelle: nach Stahl-Innovations-Zentrum Merkblatt 382:2012)

Mechanische Prüfungen	Physikalisch-chemische Prüfungen
Zugscherversuch EN 1465	Oberflächenspannung EN 828
Rollenschälversuch EN 1464	Salzsprühnebeltest DIN50021
Keilspalttest ASTM D3762-03	Kondenswassertest DIN50017
Druckscherversuch DIN 54452	Diverse Wechselklimatests
Zeitstandversuch DIN 53284	Kataplasma-Test DIN EN ISO 9142
Dynamische Prüfung EN ISO 9664	Prüfung auf migrable Substanzen mittels FTIR und GC
Raupenabzugstest nach DVS 1618 Anlage 3	Künstliche Bewitterung



Merkblatt DVS 1618: „Elastisches Dickschichtkleben im Schienenfahrzeugbau“, 2002-01

(Quelle: nach Kammerer, ofi Institut für Klebetechnik)

3.1

Kleben

Verbinden von Fügeteilen über **Adhäsion** (Oberflächenhaftung) und **Kohäsion** (innere Festigkeit) mit einem **nichtmetallischen Bindemittel** (Klebstoff). Es können grundsätzlich sowohl Fügeteile aus gleichen als auch unterschiedlichen Werkstoffen mit gleichen oder unterschiedlichen Oberflächen oder Beschichtungen miteinander verbunden werden. Dabei bleiben die Werkstoffeigenschaften der Fügeteile im Regelfall erhalten und können optimal genutzt werden (siehe auch **DIN 8593-8**).

3.1.1

spezieller Prozess Kleben

Prozess, dessen Ergebnis durch nachfolgende Qualitäts- und Erzeugnisprüfungen zerstörungsfrei nicht vollständig bestätigt werden kann und bei dem sich z.B. Fertigungsmängel erst zeigen, nachdem das Erzeugnis im Einsatz ist.

AMMERMUNG Entsprechend dieser Definition werden ständige Überwachung und/oder Befolgung der dokumentierten Verfahrensanweisungen gefordert, um sicherzustellen, dass die festgelegten Anforderungen erfüllt werden.

! nicht über Entwurfsstadium hinausgekommen !

(Quelle **DIN 6701-1:2004-11**)

Tabelle 1 — Klassifizierung der Klebverbindungen

Klasse	Beschreibung	Definition der Sicherheitsanforderungen
A1	Klebverbindungen von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen mit hoher Sicherheitsanforderung	Hohe Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung führt zu einer unabwendbaren Gefahr für Leib und Leben oder zur Gefährdung des sicheren Betriebs von Schienenfahrzeugen.
A2	Klebverbindungen von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen mit mittlerer Sicherheitsanforderung	Mittlere Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung kann zur Betriebsgefahr mit Personenschäden oder zur Beeinträchtigung der Gesamtfunktion des Schienenfahrzeugs führen.
A3	Klebverbindungen von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen mit geringer Sicherheitsanforderung	Geringe Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung führt maximal zu Komforteinbußen. Personenschäden sind unwahrscheinlich.
Z	Klebverbindungen von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen ohne Sicherheitsanforderung	Keine Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung führt weder zu Personenschäden noch zu Beeinträchtigungen des Betriebsablaufs.

(Quelle: DIN 6701-3:2015-12)

Folie Nachweisführung in Abhängigkeit von Klassifizierung (nach DIN 6701-3:2015-12)

	A1	A2	A3	Abschnitt in DIN 6701-3
Konstruktive Auslegung der Klebverbindung				
1 Klasse festlegen / Anforderungsprofil erarbeiten	X	X	X	4 / 5
2 Klebstoffauswahl treffen	X	X	X	6
3 Klebgerechte Ausarbeitung —Gestalten von Baugruppen, Bauteilen und Klebverbindungen durchführen	X	X	-	7
Dokumentation				
4 Einstufung in Klasse mit Begründung	D	D	D	
5 Anforderungsprofil	D	D	-	Tab. B.1
6 Prüfberichte und Prüfprotokolle zu Werkstoff- und Verbindungskennwerten	D		-	8.4
7 Datenblätter	D	D	D	
8 Berechnung zur Dimensionierung				8.3
Berechnung nach dem Stand der Technik oder Bauteilprüfung, Nachweis der Schadensfreiheit bei Vergleich mit Erfahrung (Nachweis der Übereinstimmung)	D	-	-	
Überschlägige Dimensionierung, Vergleich mit Erfahrung	-	D	-	
9 Feststellung, dass Beanspruchung kleiner ist als Beanspruchbarkeit (für dimensionierende Lastfälle)	D	D	-	8.4.5, 8.5
10 Konstruktionsunterlagen, klebtechnisch geprüft	D	D	-	
Ermittlung der Beanspruchung				
11 exakte Analyse aller im Anforderungsprofil beschriebenen Lastfälle, Identifikation ihrer relevanten Kombinationen, Feststellung der dimensionierenden Lastfälle	D	-	-	
12 überschlägige Abschätzung für dimensionierende Lastfälle	-	D	-	
Ermittlung der Beanspruchbarkeit (in Bezug auf das Anforderungsprofil)				
13 Haftung				8.4.2
Prüfung der relevanten Werkstoffkombination bei Temperatur- und Feuchtebeanspruchung mit Bruchbildbewertung	DP	DP	-	
Herstellerangaben	-	-	DP	
14 Verbundfestigkeit (ohne Alterung, prüfen bei Normklima)	DP	DP	-	8.4.3
15 Kennwertermittlung (entsprechend der in Pos. 11 bzw. Pos. 12 ermittelten dimensionierenden Lastfälle)				
Klebstoffeigenschaften und Verbundfestigkeit bei geforderter medialer und thermischer Beanspruchung	DP	DP	-	8.4.3.2, Anh. E, Tab. E.1
Kriechverhalten, Kriechgrenze bei statischer Beanspruchung	DP	DP	-	8.4.3.3, i
Relaxationsbruchdehnung bei statischer Beanspruchung	DP	DP	-	8.4.3.3 ii
Schwingende Beanspruchung	DP	DP	-	8.4.3.4
Crash- und Impactverhalten	DP	DP	-	8.4.3.5
Bauteilprüfung	DP	DP	-	8.4.4
16 Kennwertvalidierung unter fertigungsrelevanten Bedingungen	DP	-	-	8.6

X: Durchführen der Maßnahme

D: Dokumentation

DP: Dokumentation ergänzt durch Prüfbericht bzw. Prüfprotokoll

Folie Kriterien zur Auswahl des Klebsystems (DIN 6701-3:2015-12 Anhang C)

DIN 6701-3:2015-12

Anhang C (informativ)

Kriterien zur Auswahl des Klebsystems

Tabelle C.1 — Kriterien zur Auswahl des Klebsystems

Informationen zur Chemie des Klebsystems	Beispiele / Bemerkungen
C1	Chemische Basis <i>Die Kenntnis der chemischen Basis kann die Auswahl vergleichbarer Klebstoffe vereinfachen und kann Hinweise auf die Eigenschaften und das Alterungsverhalten der Klebverbindung geben.</i>
C2	Art des Aushärtens / Abbindens <i>Diese Angabe gibt Hinweise auf die Verarbeitungseigenschaften des Klebstoffs und evtl. auftretende Chemikalien, die beim Aushärten / Abbinden freigesetzt werden.</i>
C3	Volatile Organic Compounds (VOC) / flüchtige Substanzen <i>Gibt Hinweise auf Chemikalien bzw. Gefahrstoffe, die vom Klebstoff beim Gebrauch freigesetzt werden können.</i>
C4	Toxikologische Eigenschaften <i>Dient der frühzeitigen Berücksichtigung der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes.</i>
C5	pH-Verhalten <i>Die Kenntnis des pH-Verhaltens leistet einen Beitrag zur Abschätzung des Alterungsverhaltens der Klebverbindung.</i>
Mechanische und physikalische Eigenschaften des Klebstoffs	Beispiele / Bemerkungen
M1	Dichte im Anlieferzustand <i>Dient der Umrechnung von Gewichts- in Volumengrößen.</i>
M2	Dichte im Aushärtzustand <i>Dient der Abschätzung des Strukturgewichte und der Einschätzung des Verhaltens bei zerstörungsfreien Prüfverfahren.</i>
M3	Farbe und Überlackierbarkeit <i>Farbe dient z. B. der Vermeidung von Verwechslung und des Abschätzens der Mischgüte von 2K-Klebstoffen.</i>

26

DIN 6701-3:2015-12

(zzt)

Beispiele / Bemerkungen

IN 52451-1

Hinweise auf eine Gestaltung des Aushärte- / Abbindens

Klebstoffe (auch Klebstoffe): TMA in Anlehnung an DIN 52451-1

Gelegentlich verwendete Werkstoffe (Metalle, Gläser usw.) mit Anlehnung an DIN 51045-1

Es kann die Dimensionierung von Klebfugen nach Torsionspendelversuch nach ISO 6721-2, Biegeschwingversuch nach ISO 6721-3 sowie DIN 53535 zum Abgleich der Einsatztemperatur des Bauteils, Diagramm herangezogen werden und kann die Dimensionierung der Klebfuge nach DIN 52451-1 herangezogen werden.

Einfluss von mechanischen Druck

Prüfung nach DIN EN ISO 527-1, DIN EN ISO 527-2, DIN EN ISO 527-3, siehe A.3.2, Prüftemperatur: bei -35 °C, +23 °C/50 % relative Luftfeuchte und +70 °C/85 % relative Luftfeuchte, gegebenenfalls zusätzliche Prüfungen Anforderungsprofil, Probenkonditionierung IN EN 1067

Werkstoffmodelle des Klebstoffes. Die Daten sind anzugeben und ermöglichen außerdem die Nutzung der Modelle.

Prüfung (siehe A.3.4)

Prüfung (siehe A.3.3 und A.4.2) und Prüfung nach DIN 54461, DIN EN 1464, DIN EN 1967, DIN EN 28510-1, DIN EN 28510-2

Klebstoffverbindung unter Scherbeanspruchung

auch A.3.6 und A.4.3)

Beanspruchung (konstante Lasten).

auch A.3.5)

beanspruchungsrelaxierender, lokal mehrachsiger Beanspruchung

auch A.3.7 und A.4.4)

27

DIN 6701-3:2015-12

(zzt)

Beispiele / Bemerkungen

Beanspruchung.

Prüfung nach DIN 52451-1, siehe auch Tabelle E.1

Beanspruchungsgeschwindigkeit.

60093 (VDE 0303-30)

Verbindung verschiedener Leitfähiger Verbundwerkstoff.

auch Klebstoffe): (Plattenmethode) gut leitende Werkstoffe nach ASTM (flash-Verfahren) [13]

Prüfung

Prüfungsaufnahme in Anlehnung an DIN 52451-1 unter Berücksichtigung des Anforderungsprofils, Beständigkeit gegen Wasser, Luft, Öl und Betriebsstoffe, qualitativ, siehe Tabelle E.1

Gebrauch.

Prüfung nach DIN 52451-1, siehe auch Tabelle E.1

Prüfung.

Prüfung 1

Prüfung und Pilzbefall (z. B. Silicone)

Gebrauchsphase.

Prüfungsaufnahme bzgl. der gefügten Klebverbindung

Prüfung und der Einschätzung des Risikos für die Klebverbindung

Bemerkungen

[14]

555

219

Eigenschaften der Füllstoffe, Schutz vor Feuchtigkeit, Licht oder Oxidation, Reinigung, Aufwand zum Reinigen der Klebverbindung, -anlagen, Abfallmenge

29

05/07/2024 10:09:11

DEUTSCHE NORM Oktober 2022

	DIN EN 17460	
--	--------------	---

ICS 45.060.01; 83.180

**Bahnanwendungen –
Kleben von Schienenfahrzeugen und deren Komponenten;
Deutsche Fassung EN 17460:2022**

Railway applications –
Adhesive bonding of rail vehicles and their components;
German version EN 17460:2022

Applications ferroviaires –
Collage par collage de véhicules et de pièces ferroviaires;
Version allemande EN 17460:2022

Gesamtumfang 104 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Printed copies are uncontrolled

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist Inhaber aller ausschließlichen Rechte für Deutschland – alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind in Deutschland DIN e. V. vorbehalten. Für andere Länder hält DIN e. V. alle einfachen Rechte der Verwertung.
Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

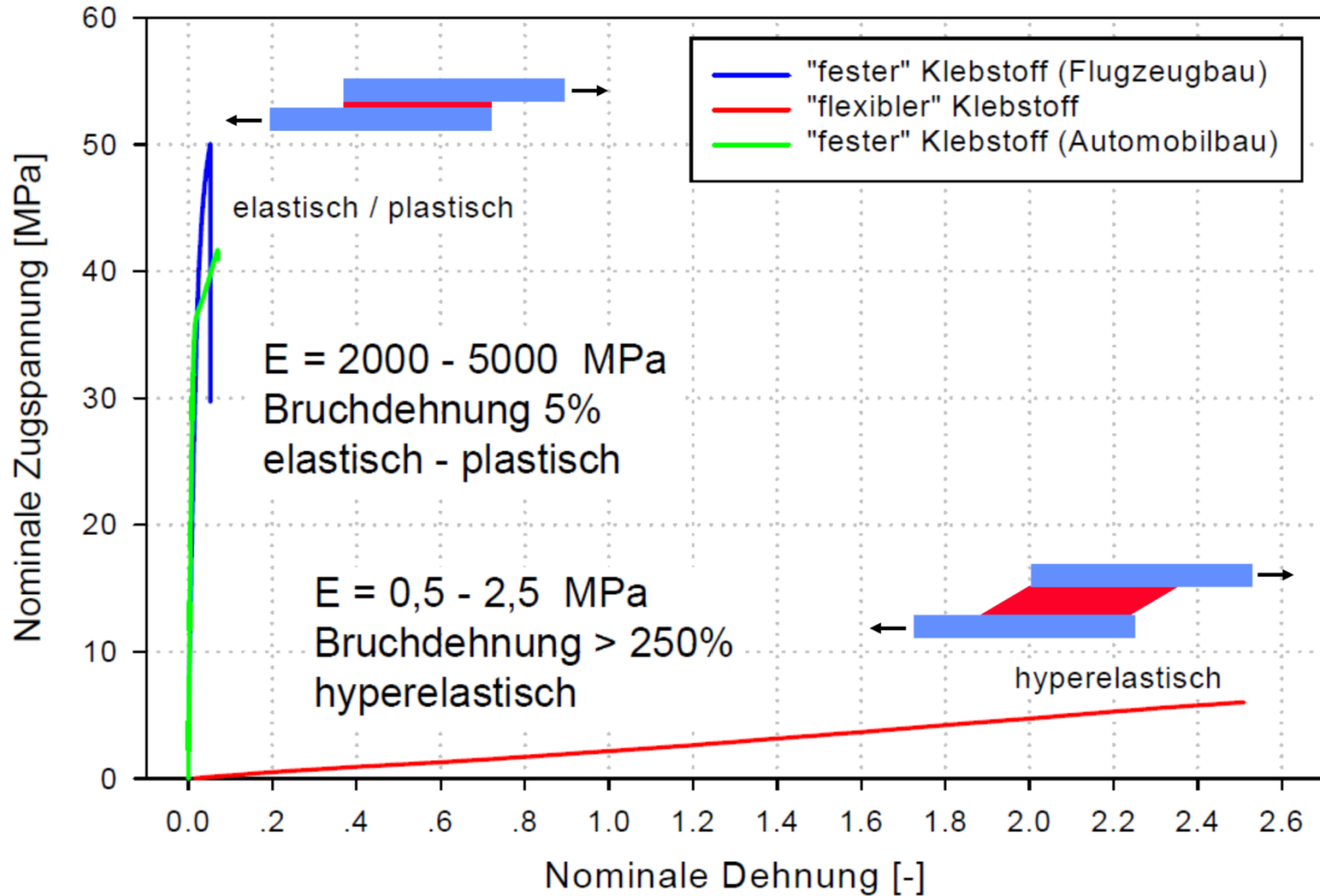
www.din.de
www.beuth.de



3331454

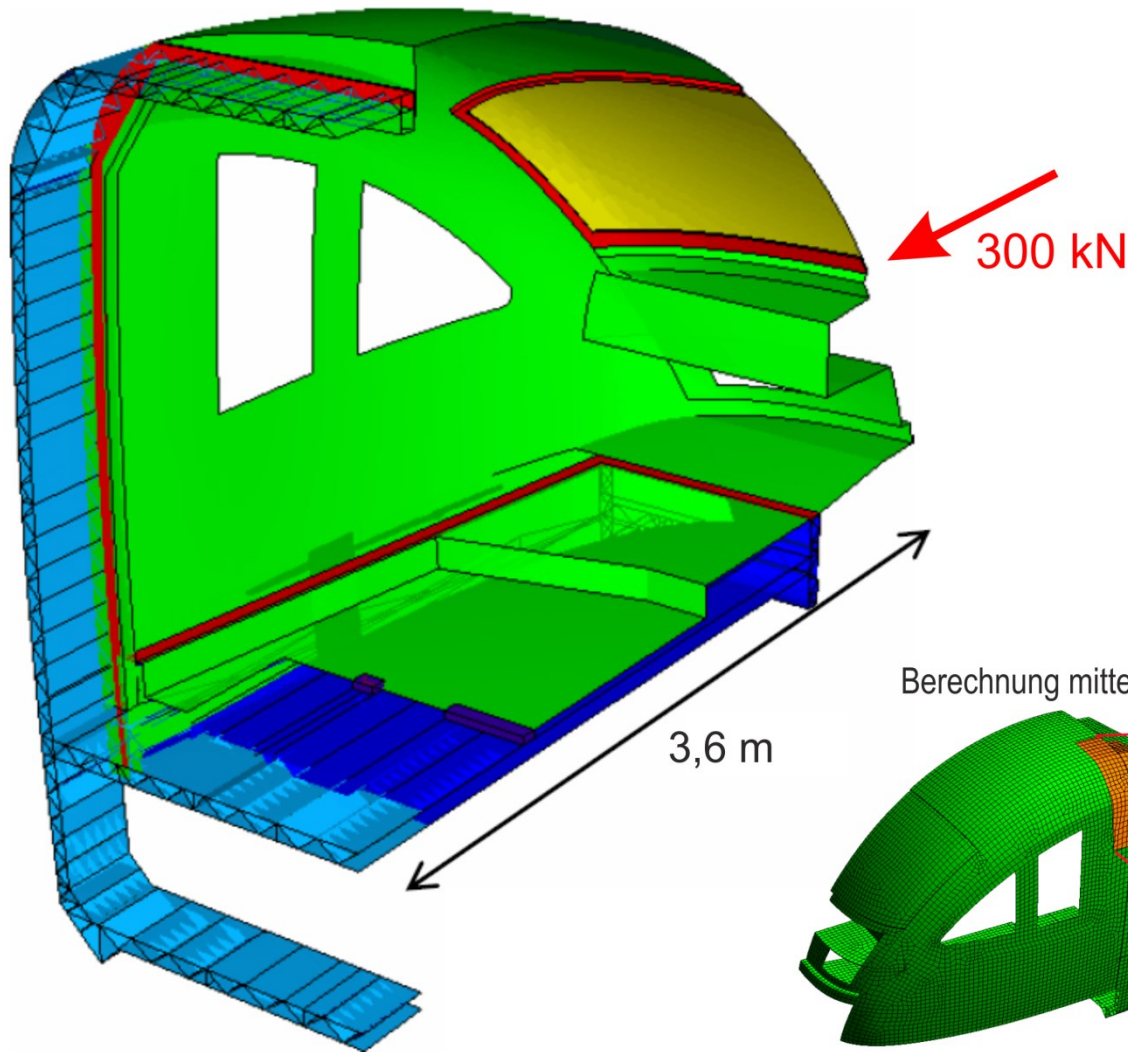
Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden

Folie Vergleich hochfester – flexibler Klebstoff



(Quelle: nach Brede, Fraunhofer IFAM)

Folie Bsp. Verklebung Kopfmodul-Wagenkasten



Anforderungen an Berechnung:

- sehr lange Klebschichten im Vergleich zur Dicke (10 mm)
- komplexe geometrische Übergänge

Materialien:

- Wagenkasten: Aluminium-Strangpressprofile
- Kopfmodul: GFK, Sandwich

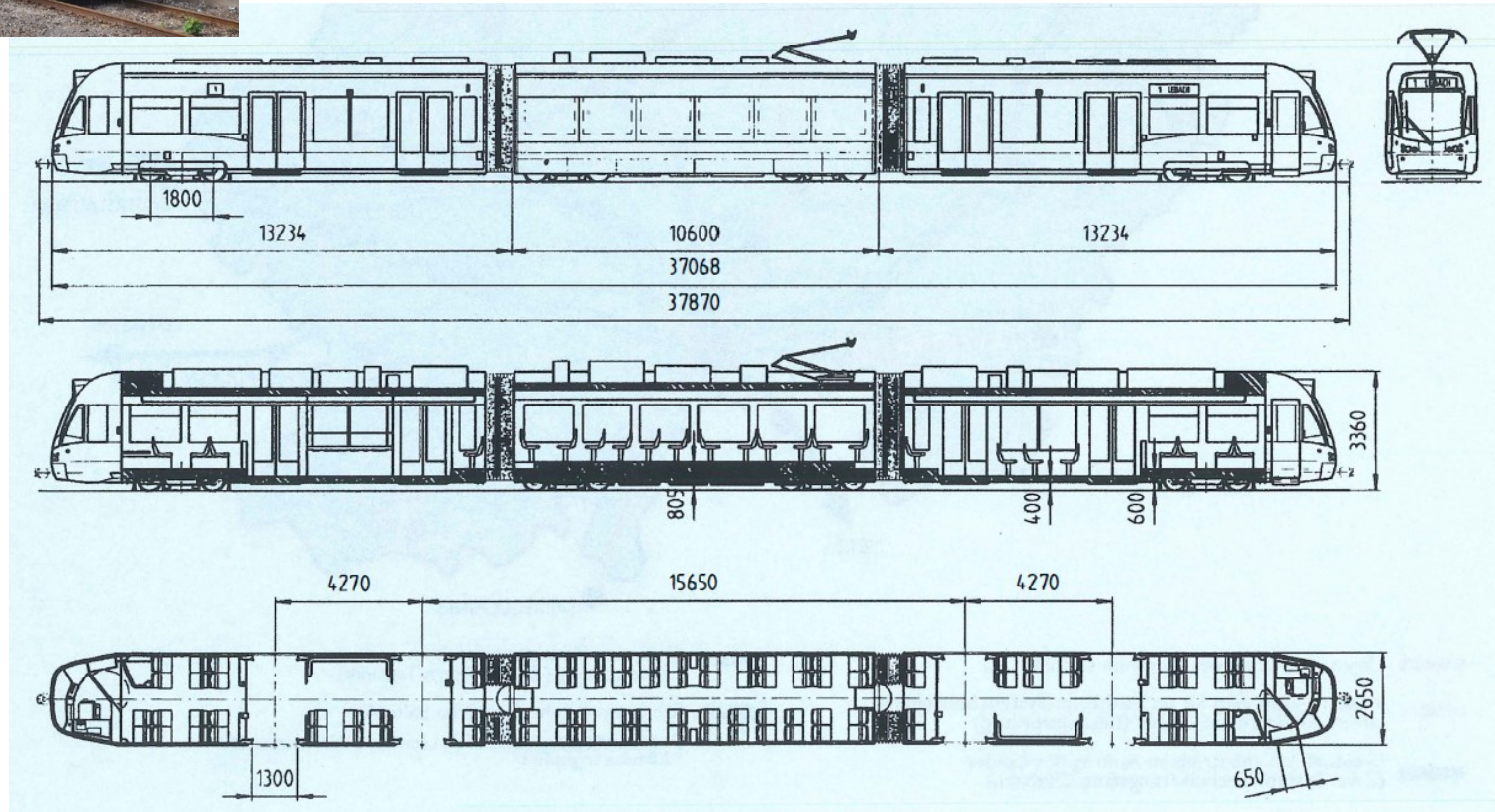
(Quelle: nach Brede: Fraunhofer IFAM, Siemens TS)



- Kunststoff-Außenhaut auf Stahlfachwerk aufgeklebt
- 25 % leichter als Vergleichsfahrzeug mit Stahlblech
- LCC 30 Jahre: Einsparung ≈ 80.000 € Energiekosten

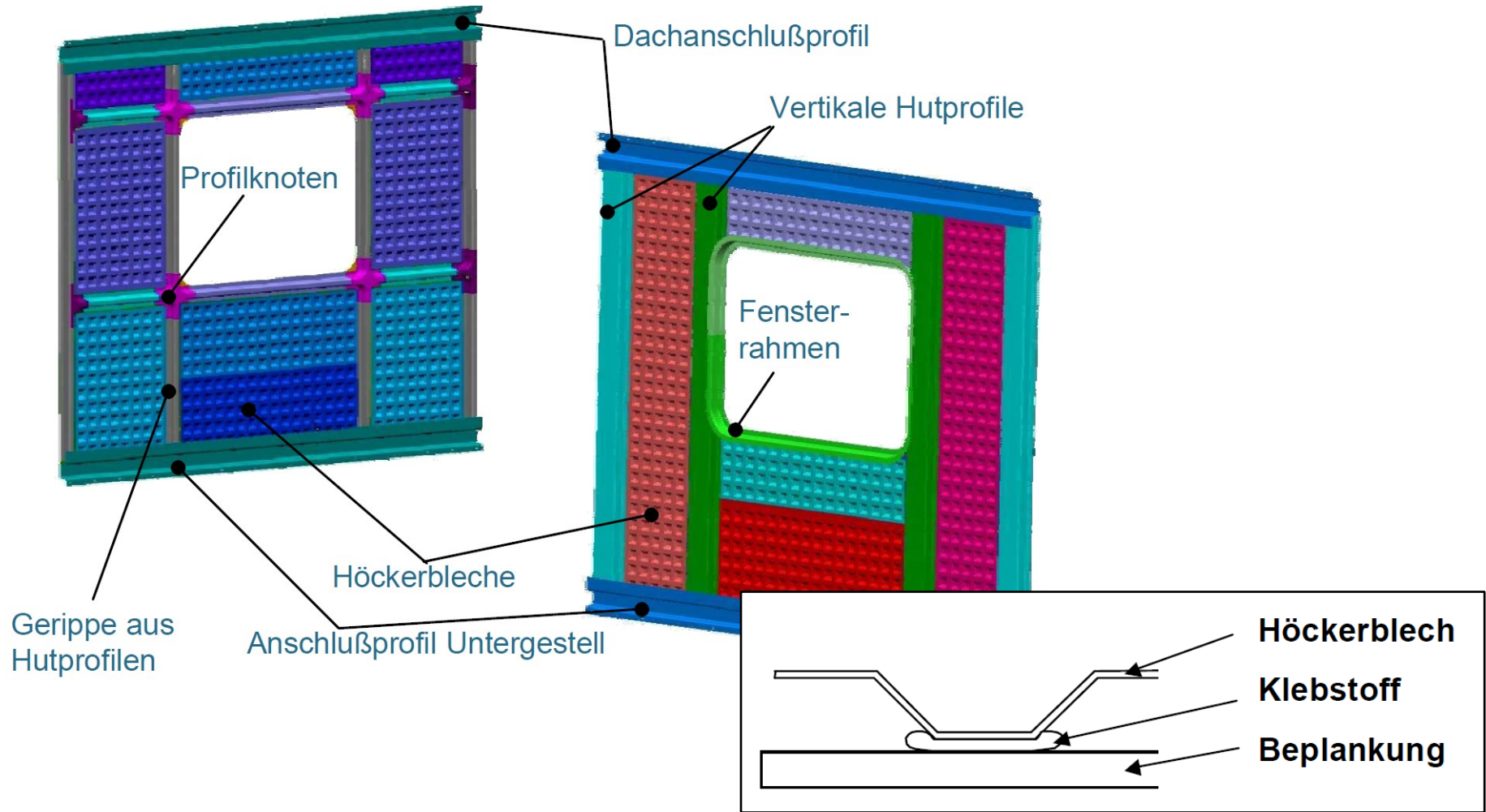
(Quelle: nach Niermann: Fraunhofer IFAM, M. Kache)

Folie Bsp. Flexity Link Saarbrücken



(Quelle: Albrecht, Petz: Zweisystem-Niederflur-Stadtbahnwagen Saarbrücken, ZEV + DET Glas. Ann. 122 (1998) 9/10)

Konstruktionsvarianten Seitenwand



(Quelle: Vortrag Carstensen, Buchwald (BT Hennigsdorf), Dietrich (Fraunhofer IWU Dresden))