

DIN 6701-3

ICS 83.180; 45.040

Einsprüche bis 2014-09-02
Ersatzvermerk
siehe unten**Entwurf****Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen –
Teil 3: Leitfaden zur Konstruktion und Nachweisführung von
Klebverbindungen im Schienenfahrzeugbau**

Adhesive bonding of railway vehicles and parts –

Part 3: Guideline for construction design and verification of bonds on railway vehicles

Collage des véhicules ferroviaires et ses composants –

Partie 3: Guide pour la construction et la vérification des joints collés dans la construction
des véhicules ferroviaires**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-05-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter
www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN
(Hausanschrift: Panoramaweg 1, 34131 Kassel).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Ersatzvermerk

Vorgesehen mit E DIN 6701-2:2014-06 als Ersatz für DIN 6701-2:2006-05;
Ersatz für E DIN 6701-3:2010-10

Gesamtumfang 36 Seiten

Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
4 Klassifizierung der Klebverbindungen	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Klassifizierung entsprechend den Sicherheitsanforderungen	7
5 Anforderungsprofil	8
6 Auswahl des Klebsystems	8
7 Klebgerechte Ausarbeitung, Gestalten von Baugruppen, Bauteilen und Klebverbindungen	9
8 Nachweisführung	9
8.1 Allgemeines	9
8.2 Dokumente zur Nachweisführung	11
8.3 Ermittlung der Beanspruchung	11
8.3.1 Allgemeines	11
8.3.2 Analytische Ansätze	11
8.3.3 Methode der Finiten Elemente	11
8.4 Ermittlung der Beanspruchbarkeit	12
8.4.1 Allgemeines	12
8.4.2 Haftung	12
8.4.3 Verbundkennwerte	13
8.4.4 Bauteilprüfung	14
8.4.5 Zulässige Spannung und Dehnung	14
8.5 Bemessung der Klebfuge	15
8.6 Einfluss der Fertigung auf zulässige Verbindungskennwerte	15
9 Nachweisführung in Abhängigkeit von der Klasse	16
Anhang A (normativ) Ermittlung der Beanspruchbarkeit	18
A.1 Allgemeines	18
A.2 Charakteristische Größen und zulässige Beanspruchbarkeit	18
A.3 Prüfungen für niedrigfeste Klebstoffe	20
A.3.1 Allgemeines	20
A.3.2 Bestimmung des E-Moduls, der Querkontraktionszahl und der Festigkeitskurve an der Klebstoffsubstanzzugprobe	20
A.3.3 Prüfung der quasi-statischen Verbundfestigkeit für Klebverbindungen mit niedrigfesten Klebstoffen	21
A.3.4 Druckversuch zur Bestimmung des Klebstoffverhaltens unter Druckbeanspruchung	21
A.3.5 Prüfung der Relaxationsbruchdehnung für Klebungen mit niedrigfesten Klebstoffen	22
A.3.6 Prüfung des Kriechverhaltens für Klebungen mit niedrigfesten Klebstoffen	22
A.3.7 Prüfung des Schwingverhaltens für Klebungen mit niedrigfesten Klebstoffen	23
A.4 Prüfungen für höherfeste Klebstoffe	23
A.4.1 Bestimmung des E-Moduls, der Querkontraktionszahl und der Festigkeitskurve an der Klebstoffsubstanzzugprobe	23
A.4.2 Prüfung der Zugscherfestigkeit	23
A.4.3 Prüfung des Kriechverhaltens für Klebungen mit höherfesten Klebstoffen	23
A.4.4 Prüfung des Schwingverhaltens für Klebungen mit höherfesten Klebstoffen	23
A.5 Weitere Prüfungen, Messung des pH-Wertes von ausgehärteten Klebstoffen unter Feuchtebeanspruchung	24

Anhang B (informativ) Anforderungsliste	25
Anhang C (informativ) Kriterien zur Auswahl des Klebsystems	26
Anhang D (informativ) Konstruktionsunterlagen	30
Anhang E (informativ) Alterungsprüfungen	34
Literaturhinweise	36

Bilder

Bild 1 — Ablauf der Nachweisführung	10
Bild A.1 — Probekörper nach DIN 53504, Typ S2, (Probendicke d: 2 mm $\pm$ 0,5 mm)	20
Bild A.2 — Beispiel eines Probekörpers zur Prüfung der Verbundfestigkeit mit niedrigfesten Klebstoffen	21
Bild A.3 — Probekörper für Druckversuch	22
Bild D.1 — Beispiel für die Kennzeichnung der Kleb- und Klebhilfsstoffe	31
Bild D.2 — Beispiel für die Bemaßung von Klebungen	32
Bild D.3 — Beispiel für weitere Kennzeichnungen	33

Tabellen

Tabelle 1 — Klassifizierung der Klebverbindungen	8
Tabelle 2 — Tätigkeiten und Dokumentation zur Nachweisführung in Abhängigkeit von der Klasse	16
Tabelle A.1 — Einseitig abgegrenzter statistischer Anteilsbereich (Varianz der Grundgesamtheit unbekannt) bei Normalverteilung (nach DIN ISO 16269-6:2009-10, Tabelle D.4)	19
Tabelle B.1 — Hauptmerkmale einer Anforderungsliste (in Anlehnung an [1])	25
Tabelle C.1 — Kriterien zur Auswahl des Klebsystems	26
Tabelle E.1 — Auswahl häufig angewendeter Alterungsprüfungen	34

Vorwort

Diese Norm wurde vom NA 087-00-12 AA „Werkstoffe, Füge- und Verbindungstechnik“ des Normenausschusses Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) erarbeitet.

Kleben ist ein wesentlicher Prozess zur Herstellung von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen. Schienenfahrzeuge im Sinne dieser Norm sind in DIN 25003 definiert.

In den Normen der Reihe DIN 6701 werden die erforderlichen Festlegungen für den speziellen Prozess „Kleben“ getroffen. Grundlage dieser Festlegungen sind die klebtechnischen Fachgrundnormen unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen an den Schienenfahrzeugbau.

DIN 6701 *Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Grundbegriffe, Grundregeln*
- *Teil 2: Qualifikation der Anwenderbetriebe*
- *Teil 3: Leitfaden zur Konstruktion und Nachweisführung von Klebverbindungen im Schienenfahrzeugbau*
- *Teil 4: Ausführungsregeln und Qualitätssicherung*

ANMERKUNG Diese Norm legt keine bestimmten Berechnungsverfahren und Abminderungsfaktoren fest, um Entwicklungen im Bereich der Rechenverfahren und der Klebstoffe nicht zu beeinflussen und innovative Entwicklungen durch Fahrzeughersteller und -betreiber sowie Klebstoffhersteller nicht zu beeinträchtigen.

Änderungen

Gegenüber DIN 6701-2:2006-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Klassifizierung der Klebverbindungen aufgenommen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für das Kleben und Dichten von Fügeteilen bei der Herstellung und Instandsetzung von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen. Sie zeigt das Vorgehen bei der Konstruktion, Auslegung und Nachweisführung für das Kleben metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe bei der Herstellung und Instandsetzung von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen auf.

Ziel ist die Gestaltung, Dimensionierung und Nachweisführung für die ordnungsgemäße Ausführung von Klebverbindungen unter Berücksichtigung aller geometrischen, stofflichen und medialen Einflüsse.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 6701-1, *Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 1: Grundbegriffe, Grundregeln*

E DIN 6701-2:2014-05, *Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 2: Qualifikation der Anwenderbetriebe*

E DIN 6701-4, *Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen — Teil 4: Ausführungsregeln und Qualitätssicherung*

DIN 52451-1, *Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen — Teil 1: Bestimmung der Änderung von Masse und Volumen selbstverlaufender Dichtstoffe*

DIN 52612-2, *Wärmeschutztechnische Prüfungen — Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät — Weiterbehandlung der Messwerte für die Anwendung im Bauwesen*

DIN 53535, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren — Grundlagen für dynamische Prüfverfahren*

DIN 54456, *Prüfung von Konstruktionsklebstoffen und -klebungen — Klimabeständigkeitsversuch*

DIN 54457, *Strukturklebstoffe — Prüfung von Klebverbindungen — Raupenschälprüfung*

DIN 25003, *Bahnanwendungen — Systematik der Schienenfahrzeuge — Übersicht, Benennungen, Definitionen*

DIN 53504, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren — Bestimmung von Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch*

DIN 53598-1, *Statistische Auswertung an Stichproben mit Beispielen aus der Elastomer- und Kunststoffprüfung*

DIN 51045-1, *Bestimmung der thermischen Längenänderung fester Körper — Teil 1: Grundlagen*

DIN 54461, *Strukturklebstoffe — Prüfung von Klebverbindungen — Biegeschälversuch*

DIN EN 1464, *Klebstoffe — Bestimmung des Schälwiderstandes von hochfesten Klebungen — Rollenschälversuch (ISO 4578:1990, modifiziert)*

DIN EN 1967, *Strukturklebstoffe — Beurteilung der Wirksamkeit von Oberflächenbehandlungstechniken für Aluminium unter Anwendung der Nassschälprüfung in Verbindung mit dem Rollenschälversuch*

DIN EN 28510-1, *Klebstoffe; Schälprüfung für flexibel/starr geklebte Proben — Teil 1: 90°-Schälversuch*

DIN EN 28510-2, *Klebstoffe; Schälprüfung für flexibel/starr geklebte Proben — Teil 2: 180°-Schälversuch*

DIN EN ISO 11339, *Klebstoffe — T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen*

DIN EN 15227, *Bahnanwendungen — Anforderungen an die Kollisionssicherheit von Schienenfahrzeugkästen*

DIN EN ISO 10365, *Klebstoffe — Bezeichnung der wichtigsten Bruchbilder*

DIN ISO 16269-6:2009-10, *Statistische Auswertung von Daten — Teil 6: Ermittlung von statistischen Anteilsbereichen (ISO 16269-6:2005)*

DIN EN 1067, *Klebstoffe — Untersuchung und Vorbereitung von Proben zur Prüfung*

DIN EN 1465, *Klebstoffe — Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen*

Normenreihe

DIN EN 12663, *Bahnanwendungen — Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen*

DIN EN 14869-1, *Strukturklebstoffe — Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen — Teil 1: Torsionsprüfverfahren unter Verwendung stumpf verklebter Hohlzylinder*

DIN EN ISO 62, *Kunststoffe — Bestimmung der Wasseraufnahme*

DIN EN ISO 175, *Kunststoffe — Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien*

DIN EN ISO 291, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung*

DIN EN ISO 527-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

DIN EN ISO 527-2, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen*

DIN EN ISO 527-3, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln*

DIN EN ISO 1183-1, *Kunststoffe — Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen — Teil 1: Eintauchverfahren, Verfahren mit Flüssigkeitspyknometer und Titrationsverfahren*

DIN EN ISO 2555, *Kunststoffe — Harze im flüssigen Zustand, als Emulsionen oder Dispersionen — Bestimmung der scheinbaren Viskosität nach dem Brookfield-Verfahren*

DIN EN ISO 3219, *Kunststoffe — Polymere/Harze in flüssigem, emulgiertem oder dispergiertem Zustand — Bestimmung der Viskosität mit einem Rotationsviskosimeter bei definiertem Geschwindigkeitsgefälle*

DIN EN ISO 4611, *Kunststoffe — Bestimmung des Verhaltens bei Einwirkung von warmfeuchtem Klima, Sprühwasser und Salznebel*

DIN EN ISO 4892-1, *Kunststoffe — Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten — Teil 1: Allgemeine Anleitung*

DIN EN ISO 4892-2, *Kunststoffe — Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten — Teil 2: Xenonbogenlampen*

DIN EN ISO 4892-3, *Kunststoffe — Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten — Teil 3: UV-Leuchtstofflampen*

DIN EN ISO 6270-2, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit — Teil 2: Verfahren zur Beanspruchung von Proben in Kondenswasserklimaten*

DIN EN ISO 6721-2, *Kunststoffe — Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften — Teil 2: Torsionspendel-Verfahren*

DIN EN ISO 6721-3, *Kunststoffe — Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften — Teil 3: Biegeschwingung; Resonanzkurven-Verfahren*

DIN EN ISO 9142, *Klebstoffe — Auswahlrichtlinien für Labor-Alterungsbedingungen zur Prüfung von Klebverbindungen*

DIN EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen*

DIN EN ISO 11343, *Klebstoffe — Bestimmung des dynamischen Keil-Schlag-Widerstandes von hochfesten Klebungen unter Schlagbelastung — Keil-Schlag- Verfahren*

DIN IEC 60093 (VDE 0303-30), *Prüfverfahren für Elektroisolierstoffe — Spezifischer Durchgangswiderstand und spezifischer Oberflächenwiderstand von festen, elektrisch isolierenden Werkstoffen*

DIN ISO 7619-1, *Elastomere oder thermoplastische Elastomere — Bestimmung der Eindringhärte — Teil 1: Durometer-Verfahren (Shore-Härte)*

ISO 12107, *Metallic materials — Fatigue testing — Statistical planning and analysis of data*

ISO 4587, *Adhesives — Determination of tensile lap-shear strength of rigid-to-rigid bonded assemblies*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 6701-1.

4 Klassifizierung der Klebverbindungen

4.1 Allgemeines

Klebverbindungen der Schienenfahrzeuge sowie ihrer Komponenten und Bauteile werden in Abhängigkeit von der Sicherheitsanforderung den Klassen A1 bis A3 nach Tabelle 1 zugeordnet.

Klebverbindungen ohne Sicherheitsanforderungen müssen nicht eingestuft werden.

Die Einstufung der Klebverbindung in die Klassen erfolgt hinsichtlich der potenziellen Auswirkungen des spontanen und vollständigen Versagens der Klebung durch den verantwortlichen Konstrukteur. Dieses gilt in gleicher Weise für die Instandsetzung von und durch Klebungen. Alle Klassen sind in den Planungs-, Fertigungs- und Instandhaltungsunterlagen einzutragen. Die verantwortliche Klebaufsichtsperson (vKAP) ist vom verantwortlichen Konstrukteur in die Klassenzuordnung einzubeziehen.

Die Einstufung in die Klassen A1 bis A3 ist zu begründen und zu dokumentieren (siehe Tabelle 2).

ANMERKUNG Falls in den Unterlagen nur eine Klasse angegeben ist, gilt diese Klasse für alle Klebverbindungen.

4.2 Klassifizierung entsprechend den Sicherheitsanforderungen

Die Sicherheitsanforderung leitet sich aus der Bedeutung der Schienenfahrzeugkomponente bzw. des Bauteils und der einzelnen Klebverbindung für die Sicherheit des Schienenfahrzeugs zum Schutz von Personen, von Anlagen und der Umwelt ab. Eine Einstufung von Klebverbindungen ohne Sicherheitsanforderungen obliegt dem Konstrukteur unter Einbeziehungen der vKAP.

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.

5 Anforderungsprofil

Ausgehend vom Lastenheft des Fahrzeuges wird innerhalb der Planungs- und Konzeptphase ein klebtechnisches Anforderungsprofil abgeleitet und in einer Anforderungsliste dokumentiert.

Jede Klebverbindung muss spezifische Anforderungen erfüllen. Die Beanspruchungen der Klebverbindung können aus diesen Anforderungen abgeleitet werden. Bei der Beschreibung der Anforderungen sollten alle beteiligten Bereiche eingebunden werden.

Die Beanspruchung wird z. B. aus einer FE-Analyse, der UIC 566, der Normenreihe DIN EN 12663, VDV Richtlinie VDV 152 und sonstigen Regelwerken, gemessenen Belastungen und dokumentierten Erfahrungen der Schienenfahrzeughersteller sowie der Schienenfahrzeugbetreibergesellschaften abgeleitet. Sie umfasst die statisch kriechenden und statisch relaxierenden Beanspruchungen, die schwingenden Beanspruchungen, die dynamischen Beanspruchungen, die medialen und mikrobiellen Beanspruchungen sowie die thermischen und photochemischen Beanspruchungen und deren relevanten Kombinationen. Das Anforderungsprofil sollte, soweit hinsichtlich des Aufwand-zu-Nutzen-Verhältnisses vertretbar, statistisch fundierte Informationen zu Qualität, Intensität sowie Dauer und Häufigkeit der Beanspruchungen, bezogen auf die geplante Lebensdauer der Klebverbindung, enthalten.

Eine Anforderungsliste kann nach den in Tabelle B.1 aufgeführten Hauptmerkmalen, siehe [1], erarbeitet werden, mit dem Ziel, die Daten zur Ermittlung der Beanspruchung zu erfassen und die Klebverbindungseigenschaften zu beschreiben. Der Umfang des Anforderungsprofils sollte der Klasse angemessen sein.

6 Auswahl des Klebsystems

Bei der Auswahl der Klebsysteme ist unbedingt zu beachten, dass nicht die Eigenschaften des Klebstoffes isoliert, sondern dessen Eigenschaften grundsätzlich in der jeweiligen Klebverbindung zu betrachten sind. Voraussetzung zum Kleben ist die Haftung (Adhäsion) des Klebstoffs auf der Oberfläche. Darüber hinaus sind die fertigungsspezifischen Randbedingungen entsprechend E DIN 6701-4 zu berücksichtigen (siehe klebtechnische Planungs- und Fertigungsunterlagen).

Die Auswahl des Klebsystems kann nach Tabelle C.1 erfolgen.

ANMERKUNG Im Folgenden werden niedrigfeste (häufig elastomere) und höherfeste (meistens duromere oder auch thermoplastische) Klebstoffe unterschieden. Niedrigfeste Klebstoffe verhalten sich unter quasi-statischer Beanspruchung (z. B. Prüfung nach DIN EN ISO 527-1, DIN EN ISO 527-2 und DIN EN ISO 527-3) vorwiegend hyperelastisch und ertragen hohe Bruchdehnungen. Die Einsatztemperatur liegt oberhalb der Glasübergangstemperatur. Höherfeste Klebstoffe verhalten sich unter quasi-statischer Beanspruchung (z. B. Prüfung nach DIN EN ISO 527-1, DIN EN ISO 527-2 und DIN EN ISO 527-3) vorwiegend elastisch-plastisch. Die Einsatztemperatur liegt meist unterhalb der Glasübergangstemperatur, kann aber auch darüber hinausgehen. Die Hauptfunktion des Klebstoffes besteht in beiden Fällen in dem

Verbinden der Fügeteile. Besteht eine über das Verbinden hinausgehende Zusatzfunktion des Klebstoffes darin, Deformationen und hohe Bauteilgrenzabweichungen auszugleichen, werden in der Regel hyperelastische, niedrigfeste Klebstoffe eingesetzt. Geht es um die Übertragung relativ hoher Lasten, kommen meist höherfeste Klebstoffe zum Einsatz.

7 Klebgerechte Ausarbeitung, Gestalten von Baugruppen, Bauteilen und Klebverbindungen

Im Rahmen der klebgerechten Ausarbeitung, bei der es um die Gestaltung von Baugruppen, Bauteilen und Klebverbindungen geht, werden das Klebsystem sowie die Qualität und Beschaffenheit der Fügeteiloberflächen geprüft und festgelegt.

Es erfolgt anschließend die Erstellung der endgültigen Konstruktions- und Fertigungsunterlagen. In diesen Unterlagen sind mindestens zu nennen:

- die Fügeteilwerkstoffe;
- deren Oberflächen;
- der Klebstoff mit Hilfsmitteln, wie z. B. Primern;
- die Bemaßung mit zulässigen Grenzabweichungen;
- die Benennung der Klasse und ein Freigabevermerk für die Klassen A1 und A2;
- die Oberflächenbehandlung.

Siehe dazu auch Anhang D,.

8 Nachweisführung

8.1 Allgemeines

Der Umfang der Nachweisführung richtet sich nach der Klassenzuordnung der Klebverbindung (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2).

Die Freigabe - nach erfolgreich abgeschlossener Nachweisführung - erfolgt durch die vKAP bzw. KAP nach DIN 6701-2, Tabelle 3. Anschließend sind Vorgaben für klebtechnische Unterlagen (siehe DIN 6701-1, E DIN 6701-2) wie z. B. Arbeitsanweisungen festzulegen (E DIN 6701-4). Der Ablauf der Nachweisführung ist in Bild 1 dargestellt.

Die Nachweisführung kann grundsätzlich über vier Wege erfolgen:

- 1) Die Spannungen und Dehnungen werden für jede Klebverbindung berechnet und mit zulässigen Spannungen bzw. zulässigen Dehnungen verglichen.
- 2) Die Klebverbindungen werden durch eine Komponentenprüfung (z. B. Bauteilausschnitt) unter relevanten Bedingungen geprüft, so dass die Festigkeit der Teilstruktur ermittelt wird.
- 3) Die Verfahren 1 und 2 können kombiniert werden.
- 4) Dokumentierte Praxiserfahrung.

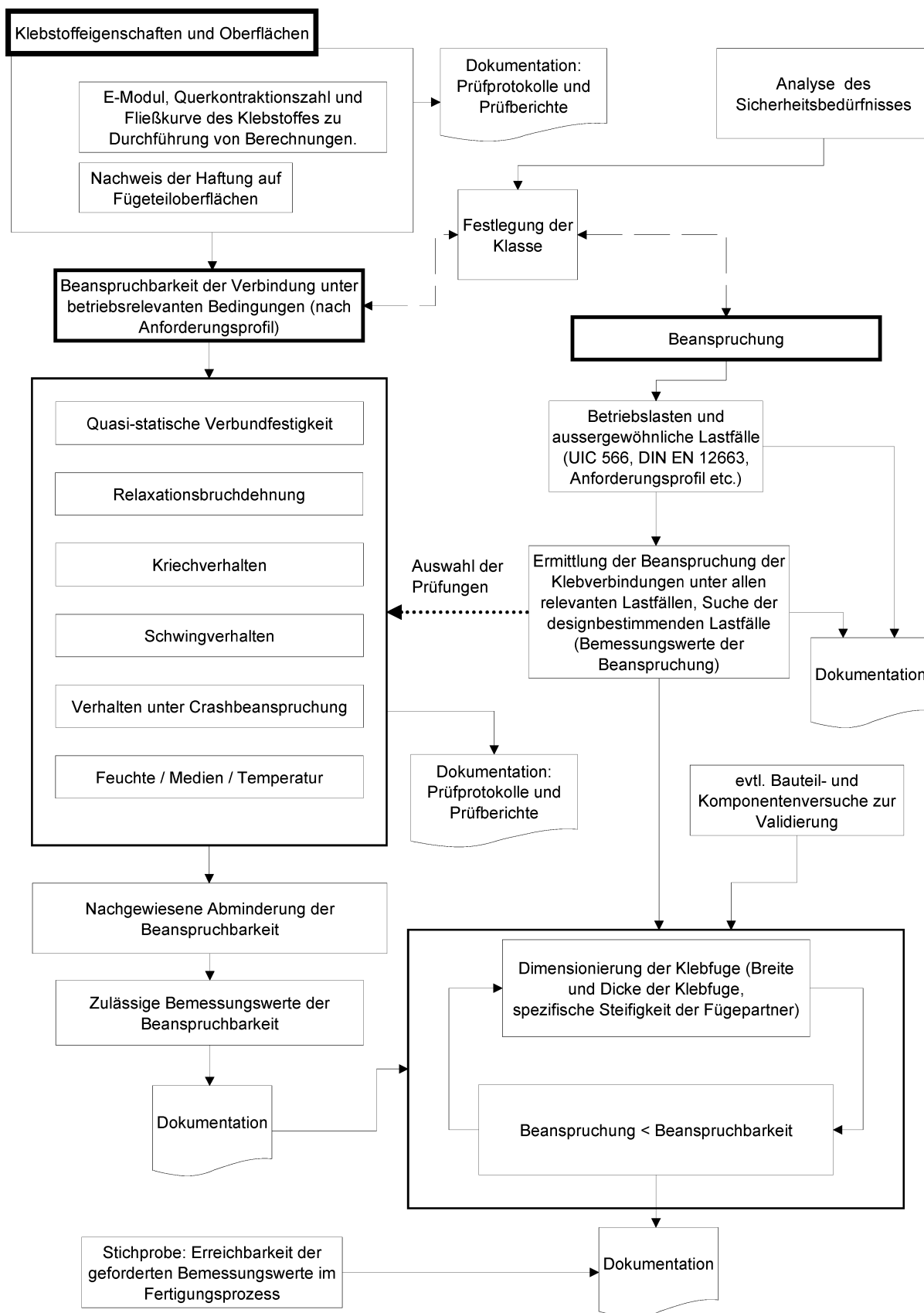


Bild 1 — Ablauf der Nachweisführung

8.2 Dokumente zur Nachweisführung

Die Nachweisführung der Auslegung in Abhängigkeit zur Klassenzuordnung nach Abschnitt 4 umfasst:

- a) die Dokumentation des Anforderungsprofils;
- b) die Prüfberichte zu Werkstoff- und Verbundkennwerten für die Qualifizierung von Oberflächen, Klebstoffsystemen und Klebverbindungen;
- c) die klebtechnisch geprüften und freigegebenen Zeichnungen, Stücklisten bzw. vergleichbare Konstruktionsunterlagen;
- d) den Nachweis und die Dokumentation, dass die Beanspruchung entsprechend dem Anforderungsprofil kleiner als die Beanspruchbarkeit ist;
- e) Bericht zur Berechnung nach dem Stand der Technik oder Bauteilprüfung, Nachweis der Schadensfreiheit durch Vergleich mit Erfahrung (Nachweis der Übereinstimmung).

8.3 Ermittlung der Beanspruchung

8.3.1 Allgemeines

Die Berechnung der Strukturen erfolgt mit Hilfe analytischer Ansätze oder der Finiten-Element-Analyse (FEA). Einzusetzen ist die dem jeweiligen Anwendungsfall angemessene Methode. Berechnungsmethoden und Berechnungsergebnisse sind nachvollziehbar zu validieren. Dazu können Vergleichsrechnungen zu geeigneten Experimenten an einfachen Versuchskörpern, bauteilähnlichen Proben oder verfügbaren Komponentenprüfungen herangezogen werden. Geeignet sind Probekörper, bei denen ähnliche Kraftflüsse und ähnliche Geometrie vorliegen wie in der zu dimensionierenden Verbindung. Ebenso können auch vergleichbare Erfahrungen und Kenntnisse herangezogen werden.

Die Beanspruchungen sind aus den Angaben im Anforderungsprofil (siehe Abschnitt 5) abzuleiten. Klebverbindungen müssen in Abhängigkeit von den elastischen Eigenschaften der Klebstoffe und dem Lastfall entweder mit Spannungs- bzw. Festigkeitsbetrachtung oder Deformations- bzw. Dehnungsbetrachtungen analysiert werden.

Klebfläche und Spannungskonzentrationen innerhalb der Klebverbindung und die Eigenschaften der Fügeteile und ihrer Oberflächen entscheiden über die Tragfähigkeit der Verbindung. In der Regel ergeben sich für die Klebverbindung aus den möglichen Lastfällen wenige dimensionierende Lastfälle oder Kombinationen weniger Lastfälle.

8.3.2 Analytische Ansätze

Nennspannungs- bzw. Nenndehnungsberechnungen bilden eine Möglichkeit zur Ermittlung der Beanspruchung. Dabei werden die wirkenden Kräfte auf die Klebfläche und die resultierenden Verschiebungen auf die Klebschichtdicke bezogen.

Mit zunehmender Steifigkeit des Klebstoffes (zunehmender E-Modul) gewinnen Spannungs- und Dehnungsüberhöhungen an den Überlappungsenden an Bedeutung und bestimmen die Dimensionierung der Klebverbindung. Für überlappte Verbindungen existieren zahlreiche Lösungsansätze (z. B.: [4], [5], [6]).

8.3.3 Methode der Finiten Elemente

Die Methode der Finiten Elemente bietet die Möglichkeit einer Ermittlung der lokalen Beanspruchung der Klebfugen. Dabei können entweder Federelemente oder andere Ersatzelemente eingesetzt werden oder die Beanspruchung in der Klebfuge über Volumenelemente und entsprechende Werkstoffmodellgesetze mit höherer Genauigkeit berechnet werden.