

DIN EN 17460

ICS 45.060.01

Einsprüche bis 2020-03-10

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Schienenfahrzeuge –
Kleben von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17460:2019**

Railway applications –
Adhesive bonding of rail vehicles and parts;
German and English version prEN 17460:2019

Applications ferroviaires –
Collage par collage de véhicules et de pièces ferroviaires;
Version allemande et anglaise prEN 17460:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-01-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Rolandstr. 4, 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.

Gesamtumfang 249 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17460:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 087-00-12-01 UA „Klebtechnik“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 128-20	siehe	DIN EN ISO 128-20
ISO 128-22	siehe	DIN ISO 128-22
ISO 129-1	siehe	DIN EN ISO 129-1
ISO 14593	siehe	DIN EN ISO 14593
ISO 15785	siehe	DIN EN ISO 15785
ISO 16927	siehe	DIN EN ISO 16927

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 128-20, *Technische Zeichnungen — Allgemeine Grundlagen der Darstellung — Teil 20: Linien, Grundregeln*

DIN EN ISO 129-1, *Technische Produktdokumentation (TPD) — Angabe von Maßen und Toleranzen — Teil 1: Grundlagen*

DIN EN ISO 14593, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der vollständigen biologischen Abbaubarkeit organischer Substanzen im wässrigen Medium — Verfahren mittels Bestimmung des anorganischen Kohlenstoffs in geschlossenen Flaschen (CO₂-Headspace-Test)*

DIN EN ISO 15785, *Technische Zeichnungen — Symbolische Darstellung und Angabe von Klebe-, Falz- und Druckfügeverbindungen*

DIN EN ISO 16927, *Beschichtungsstoffe — Prüfung der Überarbeitbarkeit und Überlackierbarkeit einer Beschichtung*

DIN ISO 128-22, *Technische Zeichnungen — Allgemeine Grundlagen der Darstellung — Teil 22: Grund- und Anwendungsregeln für Hinweis- und Bezugslinien*

— Leerseite —

Bahnanwendungen — Schienenfahrzeuge — Kleben von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen

Applications ferroviaires — Collage par collage de véhicules et de pièces ferroviaires

Railway applications — Adhesive bonding of rail vehicles and parts

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Anforderungen	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Qualifikation des Personals – Mindestanforderungen	14
4.3 Spezielle Prozessanforderungen	15
5 Gestaltung und Verifizierung von Klebverbindungen an Schienenfahrzeugen	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Gestaltungsprozess	17
5.2.1 Ablaufdiagramm	17
5.2.2 Liste der Anforderungen.....	18
5.2.3 Vorläufige Gestaltung und allgemeine Gestaltungsparameter.....	18
5.3 Gestaltung.....	19
5.3.1 Allgemeines	19
5.3.2 Risikoanalyse und Sicherheitsklassifizierung.....	19
5.3.3 Liste der Klebverbindungen.....	20
5.3.4 Qualifizierung eines Klebstoffs.....	20
5.4 Validierung der Gestaltung.....	24
5.4.1 Allgemeines	24
5.4.2 Ermittlung der Einflüsse und Lasten	25
5.4.3 Berechnung.....	27
5.4.4 Nachweisführung der Gestaltung	29
5.4.5 Bauteilprüfung.....	29
5.4.6 Kombination aus Berechnung/Bauteilprüfung/Nachweisführung der Gestaltung.....	29
5.5 Konformitätsnachweis	30
6 Ausführung.....	31
6.1 Allgemeines	31
6.2 Allgemeine Prozessvorgaben.....	32
6.2.1 Transport und Lagerung von Klebstoffen, Hilfsstoffen und Fügeteilen	32
6.2.2 Fertigungsumgebung	32
6.2.3 Arbeitsplatzvorbereitung und Akklimatisierung von Werkstoffen	32
6.2.4 Arbeits- und Umweltschutz.....	32
6.2.5 Kontrolle auf Passgenauigkeit hinsichtlich Form, Position und Abmessungen.....	33
6.2.6 Kontrollen vor Fertigungsbeginn	33
6.2.7 Behandlung der Fügeteilflächen	33
6.2.8 Dosieren, Mischen und Auftragen	35
6.2.9 Fügen.....	35
6.2.10 Fixieren	35
6.2.11 Aushärtung.....	36
6.2.12 Verpackung und Transport geklebter Bauteile.....	36
6.3 Arbeitsanweisungen: Mindestanforderungen.....	36
6.4 Fertigungsbegleitende Arbeitsproben zum Nachweis der Auftragsqualität.....	38

6.5	Nacharbeiten.....	39
6.6	Qualitätssicherung.....	39
6.6.1	Allgemeines	39
6.6.2	Qualitätsplanung	39
6.6.3	Qualitätsprüfung.....	41
6.6.4	Korrekturmaßnahmen.....	41
6.6.5	Mängel in Klebverbindungen.....	42
7	Instandhaltung und Instandsetzung.....	42
7.1	Allgemeines	42
7.2	Dokumentation	42
7.3	Ausführungsregeln	43
7.4	Instandhaltungs- und Instandsetzungsanweisungen	43
7.5	Beauftragung Dritter	43
Anhang A (informativ) Anforderungen an den Kompetenzbereich		44
A.1	Allgemeines	44
A.2	Klebpraktiker – Spezifikationen der Kompetenz-, Kenntnis- und Erfahrungsstufen.....	44
Anhang B (informativ) Anforderung und Aufgaben der Klebpraktiker.....		45
B.1	Personalbesetzung.....	45
B.1.1	Allgemeines	45
B.1.2	Kompetenzen von Klebanwendern	45
B.1.3	(Verantwortliche) Klebaufsichtsperson (vKAP/KAP)	45
B.2	Organisatorische Einbindung der Klebkoordination	48
B.3	Überwachungs- und Prüfpersonal	49
Anhang C (informativ) Erläuterung der umfassenden, spezifischen und grundlegenden Kompetenzen, Wissensanwendung, praktischen Anwendung und Erfahrung im Hinblick auf den in Anhang A/Tabelle A.1 erwähnten Inhalt		50
C.1	Kompetenz – Thema.....	50
C.2	Allgemeine Definitionen der Kompetenzen, Kenntnisanwendung, praktischen Anwendung und Erfahrungen nach Tabelle 1 dieser Norm.....	51
C.2.1	Umfassend.....	51
C.2.2	Spezifisch.....	51
C.2.3	Grundlegend.....	51
C.3	Ausführliche Definitionen der Kompetenzen, Wissensanwendung, praktischen Anwendung und Erfahrungen in Bezug auf die in Tabelle C.1 dieses Anhangs festgelegten Themen	52
C.3.1	Umfassend: ausführliche Definitionen.....	52
C.3.2	Spezifisch: ausführliche Definitionen	59
C.3.3	Grundlegend: ausführliche Definitionen.....	65
Anhang D (informativ) Liste der Anforderungen		69
Anhang E (informativ) Gestaltungsgrundsätze — Beispiele		71
Anhang F (normativ) Bestimmung des Belastungsgrenzwerts.....		79
F.1	Allgemeines	79
F.2	Charakteristische Werte und zulässiger Belastungsgrenzwert.....	79
F.3	Prüfen von (flexiblen) Klebstoffen mit geringem Modul	82
F.3.1	Allgemeines	82
F.3.2	Bestimmung des Elastizitätsmoduls, der Poisson-Zahl und der Spannungs-Dehnungs- Eigenschaft anhand von Klebstoff-Prüfstücken	82
F.3.3	Prüfen der quasistatischen Festigkeit von Klebverbindung für mit Klebstoffen mit geringem Modul hergestellte Klebverbindungen.....	82
F.3.4	Druckprüfung von mit einem Klebstoff mit geringem Modul hergestellten Klebverbindungen	83

F.3.5	Prüfung der Bruchdehnung nach Entspannung von mit flexiblen Klebstoffen hergestellten Klebverbindungen.....	84
F.3.6	Prüfung des Kriechverhaltens von mit einem Klebstoff mit geringem Modul hergestellten Klebverbindungen.....	84
F.3.7	Prüfung der Ermüdungsfestigkeit von mit einem Klebstoff mit geringem Modul hergestellten Klebverbindungen.....	85
F.3.8	Messung des pH-Werts ausgehärteter Klebstoffe bei Exposition gegenüber Feuchte.....	85
F.4	Prüfen von (sehr steifen) Klebstoffen mit hohem Modul	85
F.4.1	Bestimmung des Elastizitätsmoduls, der Poisson-Zahl und der Spannungs-Dehnungs-Eigenschaft anhand von Klebstoff-Prüfstücken	85
F.4.2	Prüfen der Überlappungsschubfestigkeit	86
F.4.3	Prüfung des Kriechverhaltens von mit einem Klebstoff mit hohem Modul hergestellten Klebverbindungen.....	86
F.4.4	Prüfung der Ermüdungsfestigkeit von mit einem Klebstoff mit hohem Modul hergestellten Klebverbindungen.....	86
F.4.5	Andere Prüfungen: Messung des pH-Werts ausgehärteter Klebstoffe bei Exposition gegenüber Feuchte.....	86
Anhang G (informativ) Kriterien für die Auswahl eines Klebsystems.....		87
Anhang H (informativ) Beschreibung zerstörungsfreier und zerstörender Prüfungen		91
H.1	Allgemeines	91
H.2	Zerstörungsfreie Prüfung	91
H.2.1	Einleitende Bemerkungen.....	91
H.2.2	Sichtprüfung	91
H.2.3	Ultraschallprüfung	92
H.2.4	Thermographie	92
H.2.5	Shearographie.....	93
H.2.6	Klopferschallkontrolle.....	94
H.2.7	Wassertropfenprüfung	95
H.2.8	Tintenprüfung.....	95
H.3	Zerstörende Prüfung	96
H.3.1	Einleitende Bemerkungen.....	96
H.3.2	Bruchmuster.....	96
H.3.3	Zugscherversuch (EN 1465).....	98
H.3.4	Rollenschälversuch (EN 1464)	100
H.3.5	Geeignete Raupenschälprüfung [1]	101
H.3.6	Farbeindringprüfung (EN 571-1 [36])	102
H.3.7	Prüfung auf Flankenadhäsion.....	102
H.3.8	Saugnapfprüfung	102
H.3.9	Prüfung mit einer Fühlerlehre.....	102
Anhang I (informativ) Beschreibung beschleunigter Alterungsprüfungen.....		103
I.1	Allgemeines	103
I.2	Alterungsfaktoren und ihre Wirkungen	103
I.3	Auswahl beschleunigter Alterungsprüfungen.....	104
I.4	Beispiele beschleunigter Alterungsprüfungen.....	104
I.4.1	Allgemeines	104
I.4.2	Konstante klimatische Bedingungen.....	104
I.4.3	Zyklische Klimaprüfung	105
I.4.4	Salzsprühnebelprüfung.....	105
I.4.5	Kataplasmaprüfung	105
I.4.6	Exposition gegenüber Licht/UV-Strahlung	105
I.4.7	Exposition gegenüber Verunreinigungen und Chemikalien	105
I.4.8	Geeignete kombinierte Prüfung.....	105
I.4.9	Bewitterung.....	106
Anhang J (informativ) Beispiele für nicht-optische und optische Mängel von Klebverbindungen....		107

J.1	Allgemeines	107
J.2	Beispiele für nicht-optische Mängel.....	107
J.3	Kriterien und verschiedene optische Bereiche.....	109
Anhang K (informativ) Klebverbindungssymbole		110
K.1	Baugruppeninformationen auf Zeichnungen.....	110
Anhang L (informativ) Klärung der Begriffe in Verbindung mit Klebtechnik		111
L.1	Allgemeines	111
L.2	Begriffe	111
Literaturhinweise.....		119

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17460:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Die Herstellung von Schienenfahrzeugen und ihrer Komponenten umfasst seit jeher hauptsächlich Werkstoffe wie Stahl und Aluminiumlegierungen. Die Konstruktions- und Montageverfahren umfassen Prozesse wie Verbolzung, Schrauben und Schweißen.

Schienenfahrzeuge im Sinne dieser Norm sind in EN 15380-1 definiert.

Technologische Entwicklungen haben dazu geführt, dass weitere Materialien wie etwa Verbundwerkstoffe verfügbar sind, und einige dieser traditionellen Konstruktions- und Montageverfahren sind nicht zwingend für solche Werkstoffe angemessen oder geeignet.

Aus diesem Grund kann ein Klebprozess für die Herstellung bestimmter Schienenfahrzeuge und ihrer Komponenten nicht nur im Fall von Verbundstoffen, sondern auch für Stähle und Aluminiumlegierungen sowie Glas und andere Werkstoffe wichtig sein.

Die Bestätigung der Qualität und Integrität der hergestellten Klebverbindungen lässt sich nicht direkt durch traditionelle Inspektions- und Prüfverfahren wie die zerstörungsfreie Prüfung bestimmen.

Es ist daher wichtig, die Qualität und Kontrolle der Klebverbindungen von Baugruppen und Komponenten auf die bestmögliche Weise durch ein geeignetes Prozesssteuerungsverfahren zu handhaben.

Auch wenn Normen bestehen, die die Qualitätskontrolle behandeln und berücksichtigt werden, dient diese Norm dazu, ein korrektes Rahmenwerk zu bieten und enthält alle notwendigen Details für die Ausführung von Klebverbindungen und Dichtarbeiten an Schienenfahrzeugen und ihren Komponenten als spezieller Prozess.

ANMERKUNG EN ISO 9001 ist ein Beispiel hierfür.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die allgemeinen Begriffe und Grundregeln für Kleb- und Dichtarbeiten sowie die Anforderungen an Anwender von Klebstoffen fest (im weiteren Verlauf „Anwenderbetriebe“ genannt) und gilt als Stand der Technik für die Organisation von Kleb- und Dichtprozessen in der Eisenbahnindustrie.

Dieses Dokument gilt für Kleb- und Dicht-Fügeteile für:

- die Entwicklung von Schienenfahrzeugen und ihrer Komponenten (Vorproduktion),
- die Herstellung von Schienenfahrzeugen und ihrer Komponenten (während der Produktion),
- die Instandhaltung und Instandsetzung von Schienenfahrzeugen (nach der Produktion) und ihrer Komponenten
- die Qualitätssicherung der Herstellung, Inspektion, Instandhaltung und Instandsetzung von Schienenfahrzeugen und ihrer Komponenten.

Dieses Dokument gilt für alle Klebverbindungen von Schienenfahrzeugen und ihrer Komponenten unabhängig vom Werkstoff des Fügeteils. Sie gilt außerdem für alle Arten von Klebstoffen unabhängig von ihrem Aushärtungsmechanismus, ihrer Festigkeit und ihren Verformungseigenschaften.

Dieses Dokument gilt nicht für

- Schraubensicherungen unter Einsatz von Klebstoffen, wenn eine reine Schraubenverbindung derselben Konstruktion für den Zweck ausreichend wäre,
- Hybridverbindungen, wenn die erwartete Funktion ausschließlich durch eine andere Füge-technik wie etwa Schweißen, Schrauben, Nieten erzielt wird,
- die Herstellung von Vulkanisaten, die nicht zu Klebverbindungen führen,
- die Herstellung von Sperrholz,
- die Herstellung von Faserverbund-Kunststoff-Formteilen (CFK),
- die Herstellung von Schichtglas (LSG),
- den reinen Verguss von Elektronikteilen und
- einseitige dekorative Klebfolien.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

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

EN 923, *Klebstoffe — Benennungen und Definitionen*

EN ISO 10365, *Klebstoffe — Bezeichnung der wichtigsten Bruchbilder (ISO 10365)*

ISO 37, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of tensile stress-strain properties*

ISO 16269-6:2014, *Statistical interpretation of data — Part 6: Determination of statistical tolerance intervals*

EN 14869-2, *Strukturklebstoffe — Bestimmung des Scherverhaltens struktureller Klebungen — Teil 2: Scherprüfung für dicke Fügeteile (ISO 11003-2:2001, geändert)*

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 ISO 923 (modifiziert) und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Eine zusätzliche Klärung der Begriffe in Verbindung mit der Klebtechnologie ist in Anhang L enthalten.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Adhäsion

technischer Begriff für die Wechselwirkung zwischen haftfähigen Polymeren und der Oberfläche des Fügeteils/Substrats

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch „Adhäsionskräfte“. Adhäsion findet im nm-Bereich statt.

3.2

Kohäsion

innere Festigkeit, genauer gesagt die Kräfte, die beispielsweise die Moleküle eines Klebstoffs zusammenhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Kohäsionskräfte halten beispielsweise die Moleküle eines Klebstoffs zusammen und basieren auf physikalischen Anziehungskräften zwischen den Polymerketten, der Verschränkung von Polymerketten und den chemischen Bindungen in und zwischen den Polymerketten.

3.3

Klebstoff

Nichtmetall, das zwei Fügeteile/Substrate durch Adhäsion und Kohäsion miteinander verbindet

Nichtmetall, das Objekte oder halbfertige Erzeugnisse durch Adhäsion und Kohäsion miteinander verbindet

3.4

Fügeteil

Substrat

Objekt oder halbfertiges Erzeugnis (z. B. Metallblech, Draht, extrudiertes Metall, Formkunststoff, Glas usw.), auf das der Klebstoff aufgetragen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Klebprozess wird der Begriff „Fügeteil“ oftmals als Synonym für „Substrat“ verwendet.

3.5

Adhäsionskräfte

Kräfte zwischen der Oberfläche des Fügeteils/Substrats und dem Klebfilm

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Adhäsionskräfte umfassen physikalische Wechselwirkungen, chemische Bindungen und mikromechanische Adhäsion.

3.6

Adhäsionskatalysator

Flüssigkeit, die zur Oberflächenbehandlung verwendet wird, um die Haftung des Klebstoffs an dem Fügeteil zu verbessern

Anmerkung 1 zum Begriff: Adhäsionskatalysatoren werden oftmals als Haftgrund, Beschleuniger oder Aktivatoren (siehe auch L.2.2) bezeichnet.

3.7

Klebverbindung

Prozess der Verbindung der Fügeteile mithilfe eines Klebstoffs

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fügeteile/Substrate können aus denselben oder auch unterschiedlichen Werkstoffen bestehen und unterschiedliche Oberflächeneigenschaften haben.

3.8

Klebfläche

Fläche, die verwendet wird, um zwei Fügeteile/Substrate mit einem Klebstoff zu verbinden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Klebfläche ist üblicherweise das Produkt aus der Überlappungslänge und der Überlappungsbreite der Fügeteile/Substrate.

3.9

Klebaufsichtsperson

KAP (en: ABC)

verantwortliche Klebaufsichtsperson

vKAP (en: rABC)

qualifizierte Person mit nachgewiesener Fachkenntnis in der Klebtechnik, die für die Beaufsichtigung der Klebprozesse und aller damit verbundenen Aktivitäten verantwortlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verantwortlichkeiten der Klebaufsichtspersonen sind in Tabelle 1 dargestellt.

3.10

Klebanwender

Personal mit entsprechenden Kenntnissen in der Anwendung oder Ausführung von Klebprozessen zur Herstellung, Instandhaltung oder Instandsetzung von Komponenten

3.11

Klebpraktiker

Personal, das an der Gestaltung, Planung, Herstellung und Instandhaltung/Instandsetzung in Verbindung mit dem Klebprozess beteiligt ist

3.12

Klebverfahren

alle mit dem Klebverfahren verbundenen Prozesse wie etwa die Oberflächenbehandlung, die Verarbeitung des Klebstoffs, das Auftragen des Klebstoffs, die Verbindung der Fügeteile/Substrate und die Verfestigung (Aushärtung/Härtung)

3.13

Klebverbindung

Verbindung von zwei oder mehr Substraten (Fügeteilen) aus dem gleichen Werkstoff oder verschiedenen Werkstoffen mithilfe eines Klebstoffs

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Klebverbindung kann als starr koppelnd, flexibel koppelnd oder fugendichtend definiert werden. Alle drei Verbindungsarten basieren auf denselben Vorgehensweisen.

3.14

strukturelle Klebverbindung

Klebverbindung, bei der die Klebung einen wesentlichen Beitrag zu der Lastübertragungsfunktion der Komponente leistet

3.15

Komponente

Teil des Klebsystems

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Klebtechnologie werden die Teile eines Klebsystems (Kunstharz und Härter) als Komponenten (Komponente A und Komponente B) bezeichnet.

3.16

Alterung

Veränderungen von Klebverbindungen und ihrer Eigenschaften im Lauf der Zeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Alterung kann durch die Lagerung von Laborprüfproben unter speziellen klimatischen Bedingungen simuliert werden, um die Auswirkungen, denen Klebverbindungen über ihre gesamte reale Lebenszeit ausgesetzt sind, innerhalb eines kürzeren Zeitraums nachzuempfinden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Klebstoffe können durch Feuchte, Chemikalien, Sauerstoff, Wärme, Licht, mechanische Beanspruchung usw. altern.

3.17

Auftragen

Auftragen des Klebstoffs während des Klebverfahrens

3.18

Aushärtung

chemische Verfestigung eines Klebstoffs

chemische Reaktionen, die zu einer Verfestigung des Klebstoffs führen (thermoplastische, elastomere oder wärmehärtende Polymere)

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies bezieht sich auf chemisch härtende Klebstoffe.

3.19

Aushärtezeit

erforderlicher Zeitraum zur Verfestigung eines chemisch härtenden Klebstoffs

3.20

Datenblatt

von dem Klebstoffhersteller erstelltes technisches Informationsblatt zu einem Klebstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Es enthält Informationen über den Klebstoff sowie seine Verarbeitung und das Auftragen des Klebstoffs (auch bezeichnet als: TDS, en: technical data sheet).

3.21

Sicherheitsdatenblatt

MSDS (en: safety data sheet)

Informationsblatt mit produktbezogenen wichtigen Sicherheitshinweisen

3.22

zerstörende Prüfung

Analysen, Prüfungen oder Untersuchungen eines Prüfkörpers oder Systems zur Festlegung von Informationen über die spezifischen qualitativen/quantitativen Eigenschaften, die den Prüfkörper oder das System zerstören

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Prüfkörper kann anschließend nicht mehr verwendet werden.

3.23

zerstörungsfreie Prüfung

ZfP (en: non-destructive testing, NDT)

Analysen, Prüfungen und Messungen auf der Grundlage von Verfahren, die den Werkstoff nicht verändern und die Proben in dem Prüfsystem nicht beschädigen oder zerstören und dazu dienen, die Strukturmängel selbst zu untersuchen und zu identifizieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Jeder Prüfkörper kann anschließend ohne Beeinträchtigung der Funktion des Produkts verwendet werden.

3.24

Hotspot

kleine Region oder kleiner Bereich mit einem hohen Wert einer Messgröße (z. B. Spannung, Dehnung, Energie)

3.25

Fügen

Zusammenfügen oder Koppeln von Komponenten zu einer Einheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Klebverbindung ist nur ein Fügeverfahren. Schweißen, Schrauben und Nieten sind weitere Verfahren.

3.26

Last

verschiedene Arten äußerer Einflüsse, die auf eine Klebverbindung einwirken können, wie etwa Wärme, Feuchte, mechanische Kräfte und chemische Wirkungen (Wasser, Lösungsmittel usw.)

3.27

mechanische Eigenschaften

Eigenschaften in Verbindung mit dem Verhalten eines Klebstoffs oder einer Klebverbindung unter der Einwirkung externer physikalischer Kräfte (Zugkräfte, Schubkräfte, Abriebkräfte, Stauchkräfte, Torsionskräfte, Zugscherkräfte usw.)

3.28

Verarbeitungszeitraum

Zeitraum, für den ein reaktiver Klebstoff nach dem Mischen verwendet werden kann (maximale Verarbeitungszeit)

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Zeitraum richtet sich nach der Rate der chemischen Reaktionen, die für die Polymerbildung verantwortlich sind (Aushärtungsgeschwindigkeit), und den externen Grenzbedingungen (Temperatur, Menge der zubereiteten Mischung). Um hochwertige Klebverbindungen zu erzielen, muss der Verarbeitungszeitraum unbedingt eingehalten werden. Chemisch härtende Klebstoffe, die ihren Verarbeitungsspielraum überschritten haben, können nicht mehr länger auf die Oberfläche des Fügeteils aufgetragen werden und werden entsorgt.

3.29

Qualifizierung des Klebstoffs

ein Klebstoff gilt als qualifiziert, wenn er die Mindestanforderungen an eine bestimmte Anwendung erfüllt und diese Anforderungen durch Prüfungen bestätigt wurden (z. B. zerstörende Prüfung)

3.30

Sicherheitsklasse

Leistungsanforderungen der Klebverbindung, die auf der Grundlage der potenziellen Schadenswirkung des Ausfalls der Verbindung festgelegt werden

3.31

Spezialprozess

Herstellungsprozess oder Prozessschritt, der nicht mit hundertprozentiger Sicherheit durch zerstörungsfreie Verfahren geprüft werden kann, um alle Fehler zu entdecken

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu Anforderungen an Spezialprozesse siehe 4.3.

3.32

Spannungsrisssbildung

Rissbildung in Kunststoff durch gleichzeitiges Wirken von Chemikalien (z. B. Lösungsmittel) und mechanischer Spannung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Eigenspannung von Werkstoffen ist oftmals ausreichend, um zur Bildung von Spannungsrisen zu führen.

3.33

Spannungsverteilung

Spannungsverteilung in einer Klebverbindung

3.34

Oberflächenbehandlung

Behandlung der Oberflächen von Fügeteilen, um die Benetzbarkeit und die Adhäsion zu optimieren und reproduzierbare Klebverbindungen mit einer guten dauerhaften Stabilität zu erzielen

3.35

Zugversuch

Bestimmung der Festigkeit eines Festkörpers wie etwa einer geklebten Komponente

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Prüfstab wird einer steigenden Last in einem Prüfstand ausgesetzt.

3.36

thermoplastischer Kunststoff

Kunststoffklasse, die auf jede gewünschte Weise innerhalb eines spezifischen Temperaturbereichs ohne chemische Veränderungen verformt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Verformungseigenschaften sind der Tatsache geschuldet, dass keine chemischen Querverbindungen zwischen Polymeren bestehen.

3.37

wärmehärtend

Kunststoffart, deren Polymerketten chemisch in einem engmaschigen Netz querverbunden sind und die nicht in jeder gewünschten Weise ohne chemische Veränderung verformt werden kann

3.38

Anwenderbetriebe

Klebstoffanwender

Betriebe, die Klebstoffe und Klebtechniken für ihre Herstellung, Instandhaltung und Instandsetzung nutzen

3.39

Benetzung

Benetzbarkeit

Fähigkeit einer Flüssigkeit (beispielsweise eines Klebstoffs), sich selbst auf einer festen Oberfläche zu verteilen oder an einer festen Oberfläche zu haften

Anmerkung 1 zum Begriff: Auch wenn Adhäsion ebenfalls von weiteren Faktoren abhängig ist, stellt die Benetzung der Oberfläche eine absolut notwendige Bedingung für die Adhäsion zwischen dem Füge teil und dem Klebstoff, aber nicht die einzige Bedingung dar.

4 Anforderungen

4.1 Allgemeines

Abschnitt 4 beschreibt die Mindestanforderungen an die Qualifikation des Personals im Hinblick auf die Klebtechnik.

4.2 Qualifikation des Personals – Mindestanforderungen

Die Mindestanforderungen an die technische Qualifikation, die Kenntnisse und die Erfahrung in der Klebtechnik für verantwortliche Klebaufsichtspersonen (vKAP, en: responsible adhesive bonding coordinator, rABC) und ihre Stellvertreter (KAP, en: adhesive bonding coordinator, ABCs) sind in Tabelle 1 angegeben. Für Arbeiten während und nach der Produktion sind mindestens zwei Personen mit dem entsprechenden Qualifikationsgrad erforderlich, z. B. ein Klebanwender und ein vKAP (siehe Beschreibung der Qualifikationsgrade in Anhang A).

Falls erforderlich, muss ein Stellvertreter (KAP) in geeigneter und rückverfolgbarer Weise benannt werden.

Der Grad der technischen Qualifikation, des Wissens und der Erfahrung in der Klebtechnik (siehe Anhang A und Anhang B) ist mit der Sicherheitsklasse (siehe Tabelle 2) der Klebverbindung sowie dem Anwendungsbereich (siehe Tabelle 1) verbunden.

Tabelle 1 — Mindestanforderungen an die technische Qualifikation, die Kenntnisse und die Erfahrung in der Klebtechnik für verantwortliche Klebaufsichtspersonen (vKAP) und Stellvertreter (KAP)

Aufgaben- beschreibung	Anmerkungen	Klasse A1 ^a	Klasse A2 ^a		Klasse A3 ^a	Klasse Z ^a
Freigabe des Produkts der Entwicklungsphase (Vorproduktion) und Prozessgestaltung		Stufe 1	Stufe 1 für die Produktgestaltung mit Berechnung/Validierung	Stufe 2 für die Produktgestaltung ohne Berechnung/Validierung	Stufe 2	In den technischen Spezifikationen festzulegen
Überwachung der Produktion/Herstellung	Im Fall neuer oder umgestalteter und/oder	Stufe 2	Stufe 2		Stufe 3	In den technischen Spezifikationen festzulegen

Aufgaben- beschreibung	Anmerkungen	Klasse A1 ^a	Klasse A2 ^a	Klasse A3 ^a	Klasse Z ^a
(während der Herstellung) und Instandhaltung (nach der Herstellung) ohne Prozessänderungen außerhalb der festgelegten Prozessdefinition	neuer Prozesse oder von Prozessänderungen ist die erste Zeile dieser Tabelle zu beachten				
Einbindung der vKAP in den Kauf, Verkauf, die Montage und Beschaffung von geklebten Komponenten durch Subunternehmer	Die Lieferkette muss eine geschlossene rückverfolgbare Schleife sein, um sicherzustellen, dass jeder Vertragspartner über die notwendigen Qualifikationen verfügt	Stufe 2	Stufe 2	In den technischen Spezifikationen festzulegen	In den technischen Spezifikationen festzulegen
^a Siehe Tabelle 2.					

4.3 Spezielle Prozessanforderungen

Alle möglichen Fehler während der Herstellung sind durch Steuerung des gesamten Produktionsprozesses auszuschließen. Aus diesem Grund muss ein Qualitätsmanagementsystem (z. B. EN ISO 9001) implementiert werden, dass sich speziell auf die durch diese Norm behandelten Klebverbindungen konzentriert.

ANMERKUNG EN ISO 9001 ist ein Beispiel für solch eine Norm.

5 Gestaltung und Verifizierung von Klebverbindungen an Schienenfahrzeugen

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt das Vorgehen bei der Konstruktion, Auslegung und Nachweisführung für das Kleben metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe bei der Herstellung und Instandsetzung von Schienenfahrzeugen und Schienenfahrzeugteilen. Ziel ist die Gestaltung, Dimensionierung und Nachweisführung für die ordnungsgemäße Ausführung von Klebverbindungen unter Berücksichtigung aller geometrischen, stofflichen und Umgebungseinflüsse (z. B. Reinigungsmittel, UV-Strahlung, Temperatur, Feuchte usw.).

Entwicklungen im Hinblick auf Berechnungsverfahren und Klebstoffe sowie innovative Entwicklungen der Anwenderbetriebe, Fahrzeug- und Klebstofflieferanten sollten nicht außer Acht gelassen werden.

Stichworte [siehe Bild 1a) und Bild 1b)] für die Gestaltung sind:

- klar und einfach;
- versuchen Sie, während der Gestaltungsphase komplexe Gestaltungen (z. B. Hybridverbindungen: Klemmen + Nieten oder Schweißen + Klebverbindung) zu vermeiden;
- zusätzliche Fügetechniken können verwendet werden, um die Sicherheitsanforderungen zu erfüllen;

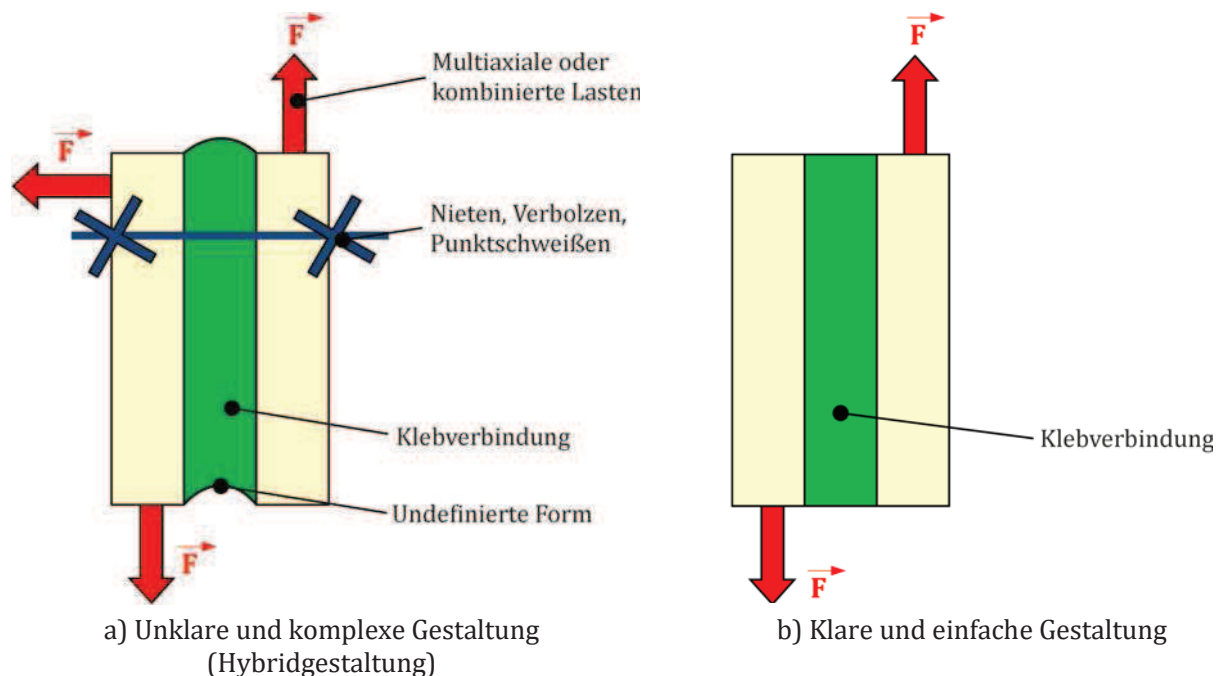


Bild 1 — Beispiele für verschiedene Gestaltungen

- sichere Gestaltung (Versuch, einen Gestaltungsgrundsatz auszuwählen);
- redundante Gestaltung: Kombination aus mindestens zwei Gestaltungslösungen (z. B. Klebverbindung und Klemmen), wobei jede Lösung für sich alle Sicherheitsanforderungen erfüllen muss;
- sichere Lebensdauer: Ziel ist es, die Sicherheitsanforderungen über die Lebensdauer der Produkte mit einer Sicherheitsspanne sicherzustellen;
- ausfallsicher: eine Gestaltungslösung, bei der der Ausfall von Funktionen nicht zu einem vollständigen Verlust aller Sicherheitsanforderungen führt. Dieser Ausfall kann vor einem vollständigen Versagen erkannt und behoben werden.

Eine Klebverbindung kann mit den in Bild 2 angegebenen verschiedenen Bereichen identifiziert werden. Jeder Bereich kann aufgrund der identifizierten Anforderungen (Optik, Wassereindringen usw.) unterschiedliche Funktionen haben (strukturelle Klebverbindungen, Dichtung usw.). Der Lastübertragungsbereich muss nur für die Dimensionierung der strukturellen Klebfläche berücksichtigt werden.

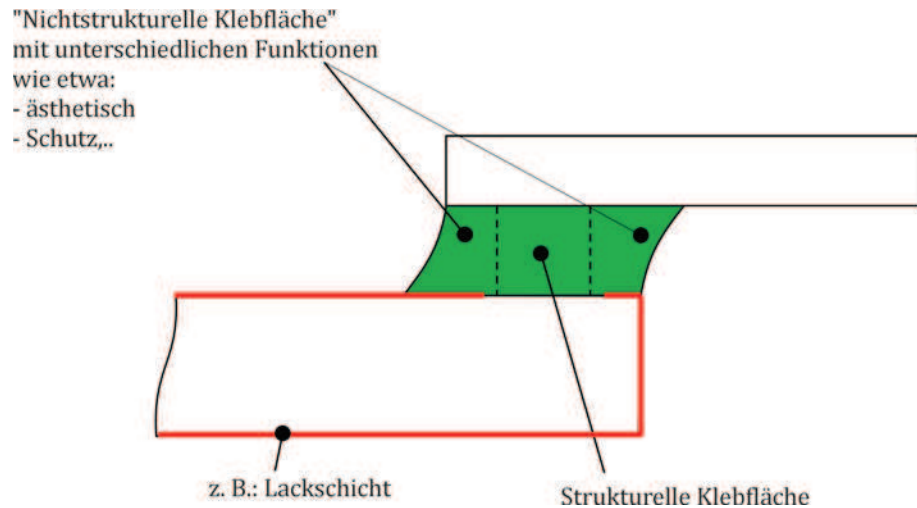


Bild 2 — Beispiel einer Klebverbindung mit Angabe der verschiedenen Funktionen

5.2 Gestaltungsprozess

5.2.1 Ablaufdiagramm

Das Ablaufdiagramm unten (Bild 3) dient als Beispiel und nicht als strikte chronologische Richtlinie.

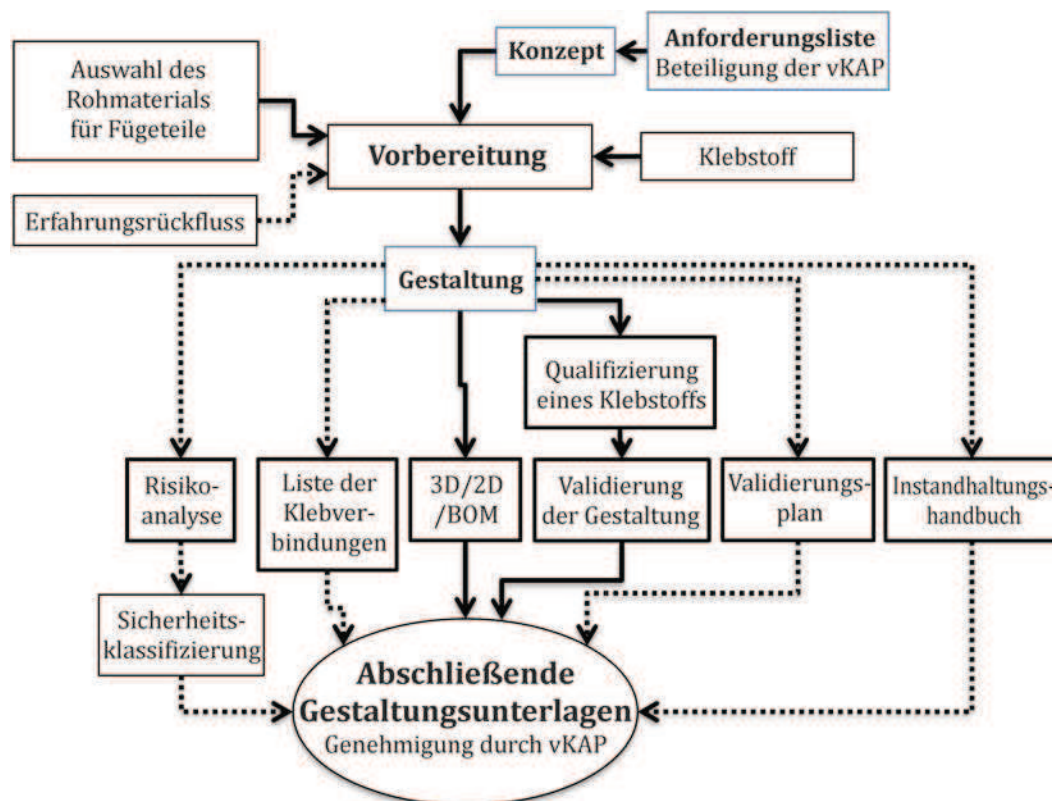


Bild 3 — Ablaufdiagramm eines Gestaltungsprozesses, gepunktete Linie: in den technischen Spezifikationen festzulegende optionale Dokumente

5.2.2 Liste der Anforderungen

Jede Klebverbindung muss spezifische Anforderungen erfüllen.

In der Gestaltungsphase muss eine Anforderungsliste für die Klebarbeiten erstellt werden, die aus den Projektspezifikationen (rechtliche, vertragliche und interne Anforderungen) abzuleiten und zu dokumentieren ist. Alle relevanten Abteilungen des Unternehmens sollten an der Beschreibung dieser Anforderungen beteiligt werden.

Die Lasten, denen die Klebverbindung ausgesetzt sein kann, können aus der Anforderungsliste abgeleitet werden.

Diese Lasten umfassen statische Lasten (Kriechen und Entspannung), Schwingungen, dynamische Lasten, chemische und mikrobielle Lasten, thermische und photochemische Lasten und gegebenenfalls Kombinationen dieser Lasten.

ANMERKUNG Beispiele für mechanische Lasten können den allgemeinen Eisenbahnnormen entnommen werden, siehe Anhang D – Tabelle D.1 – Liste der Anforderungen.

Die Anforderungsliste muss die Lebensdauer der Klebverbindung berücksichtigen und muss auf zuverlässigen Daten zu der Art, Intensität, Dauer und Frequenz der Lasten basieren.

Die Anforderungsliste kann anhand der Hauptparameter in Anhang D – Tabelle D.1 – Liste der Anforderungen erstellt werden. Der Anwendungsbereich der Anforderungsliste sollte mit der Klassifizierung der Klebverbindung konsistent sein.

5.2.3 Vorläufige Gestaltung und allgemeine Gestaltungsparameter

5.2.3.1 Gestaltungsgrundsätze

Die Gestaltungslösung wird durch die Lasten oder Auswirkungen aus der Anforderungsliste beeinflusst. Einige allgemeine Grundsätze sind in Anhang E beschrieben.

5.2.3.2 Auswahl des Rohmaterials für Füge Teile

Füge Teile sind anhand der Anforderungsliste auszuwählen (die Eigenschaften müssen bekannt sein, weil sie die Adhäsion beeinflussen können). Das Rohmaterial ist für die Oberflächenbehandlung oder die Oberflächeneigenschaften zu berücksichtigen (z. B. Seidenmattdruck, Rauheit usw.). Die Auswirkungen von Korrosion oder der langfristigen Stabilität der Füge Teile sind zu bestimmen. Die chemische Zusammensetzung des Rohmaterials kann den Klebstoff oder die Adhäsion beeinflussen.

5.2.3.3 Erfahrungswerte

Erfahrungen aus vorherigen Lösungen sind bei der Gestaltung von Klebverbindungen zu berücksichtigen.

5.2.3.4 Auswahl des Klebstoffs

Klebstoffe sind anhand der Anforderungsliste auszuwählen (z. B. Klebstoff mit hohem oder niedrigem Modul, Verfestigungsprozess usw./siehe Anhang G). Alle verfügbaren Informationen (Datenblätter von Klebstofflieferanten, interne Daten, Erfahrungswerte, Laborempfehlungen) sind bei der Auswahl zu verwenden.

Die Auswahl des Klebstoffs kann während des gesamten Gestaltungsprozesses verfeinert werden. Bei der Auswahl des Klebsystems muss sichergestellt werden, dass die Eigenschaften des Klebstoffs nicht isoliert, sondern als Teil der gesamten Klebverbindung betrachtet werden.

Die Adhäsion (Haftung) auf der Klebfläche ist dabei ein wesentlicher Aspekt der Klebverbindung. Darüber hinaus sind die in Abschnitt 5 und Abschnitt 6 beschriebenen Fertigungsbedingungen (relevante Gestaltungs- und Fertigungsunterlagen) zu berücksichtigen.

Die Auswahl des Klebsystems kann nach Anhang G – „Kriterien für die Auswahl eines Klebsystems“ erfolgen.

5.3 Gestaltung

5.3.1 Allgemeines

Die Fähigkeit einer Klebverbindung, angewendeten externen Einflüssen zu widerstehen, ist mit verschiedenen Faktoren verbunden. Hierzu zählen die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der einzelnen Elemente der Verbindung, ihre geometrischen Eigenschaften und der Umfang und Anwendungsbereich der Art der erzeugten adhäsiven und kohäsiven Wechselwirkungen. All diese Faktoren müssen in der Gestaltungsphase der Klebverbindung bestimmt werden.

5.3.2 Risikoanalyse und Sicherheitsklassifizierung

Die Klassifizierung jeder einzelnen Klebverbindung durch Klebstoffe basiert allein und ausschließlich auf dem potenziellen Schaden, der durch ein Versagen der Verbindung entstehen kann. Insbesondere die Folgen eines Versagens einer Klebverbindung sind auf der Grundlage von Sicherheitsaspekten (Risiko von Verletzungen und Todesfällen) und funktionalen Aspekten des Systems zu bewerten. Das Auftreten und die daraus resultierenden Folgen eines Versagens sind von der Stärke und dem Verformungsverhalten sowie dem Verfestigungsmechanismus des verwendeten Klebstoffs unabhängig.

Jede Klebverbindung ist einer Sicherheitsklasse zuzuweisen (siehe Tabelle 2):

Die Klassifizierung der Klebverbindungen muss durch den Gestalter in Zusammenarbeit mit der vKAP erfolgen. Die Sicherheitsklasse definiert die Folgen des Versagens einer einzelnen Klebverbindung in Bezug auf die Auswirkung auf Personen, Anlagen und die Umwelt.

Die Klassifizierung von Klebverbindungen und/oder Dichtungen muss anhand der Festlegungen der folgenden Tabelle auf der Grundlage der Funktionsrisikoanalyse (Gefährdungsanalyse) und/oder RAM-Analyse erfolgen.

Tabelle 2 — Sicherheitsklassen von Klebverbindungen und Definition der Sicherheitsanforderungen

Klasse	Definition der Sicherheitsanforderungen
A1	Hohe Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung hat Folgen für Leib und Leben und/oder führt zum Ausfall der gesamten Funktion.
A2	Mittlere Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung kann Folgen für Leib und Leben haben und/oder zur Beeinträchtigung der gesamten Funktion führen.
A3	Geringe Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung führt nicht zu einer direkten Beeinträchtigung der gesamten Funktion. Darauf folgende Ereignisse mit Personenverletzungen sind unwahrscheinlich.
Z	Keine Sicherheitsanforderung Das Versagen der Klebverbindung führt nicht zu einem Ausfall der gesamten Funktion und nicht zu Personenschäden unter normalen Betriebsbedingungen (z. B. führt nur zu Komfortverlust).

5.3.3 Liste der Klebverbindungen

Die Liste der Klebverbindungen bietet einen Überblick über alle Klebverbindungen eines Projekts oder Teilsystems. Wenn eine Liste der Klebverbindungen erforderlich ist, müssen mindestens die folgenden Informationen in einem solchen Dokument angegeben werden:

- Systembezeichnung (Projektname);
- Nummer oder Name der Klebverbindung;
- Nummer der Baugruppe/Unterbaugruppe (Zeichnungsnummer, Stückliste);
- Sicherheitsklasse.

5.3.4 Qualifizierung eines Klebstoffs

Die Qualifizierung eines Klebstoffs muss sich nach den Bedürfnissen der Gestaltung der Klebverbindung richten.

Es wird zwischen Klebstoffen mit geringem Modul (oftmals elastomerisch) und hohem Modul (meistens wärmehärtend oder thermoplastisch) unterschieden. Wenn sie einer quasistatischen Beanspruchung ausgesetzt sind (z. B. ISO 37, EN ISO 527-1, EN ISO 527-2 oder EN ISO 527-3), weisen Klebstoffe mit einem geringen Modul vornehmlich ein hyperelastisches Verhalten auf und können einer erheblichen Bruchdehnung widerstehen. Die Betriebstemperatur für solche Klebstoffe liegt über der Glasübergangstemperatur.

Klebstoffe mit hohem Modul weisen ein vornehmlich elasto-plastisches Verhalten auf, wenn sie einer quasistatischen Beanspruchung ausgesetzt sind. In diesem Fall liegt die Betriebstemperatur meistens unter der Glasübergangstemperatur, kann diese jedoch auch überschreiten.

In beiden Fällen besteht die Hauptfunktion des Klebstoffs in der Verbindung der Fügeteile. Wenn der Klebstoff außerdem dafür ausgelegt ist, Verformungen aufzunehmen und erhebliche Abweichungen der Abmessungen der Komponenten auszugleichen, werden üblicherweise Klebstoffe mit niedrigem Modul verwendet. Im Fall der Übertragung relativ hoher Lasten werden üblicherweise Klebstoffe mit hohem Modul verwendet.

5.3.4.1 Physikalische Eigenschaften von Klebstoffen

5.3.4.1.1 Allgemeines

Die physikalischen Eigenschaften sind für jeden spezifischen Klebstoff und jede Oberfläche und die relevanten Beanspruchungsbedingungen (z. B. Feuchte, Temperatur, chemische Wirkung, mechanische Beanspruchung) oder relevante Kombinationen derselben zu bestimmen. Proben zur Bestimmung der Belastungsgrenze von Klebverbindungen sind in Übereinstimmung mit den Verfahrensanweisungen, den Werkstoffen der Fügeteile und der im Betrieb einzusetzenden Oberflächen zu bestimmen. Wenn ein kohäsives Versagen der Verbindung auftritt, gilt dies als Versagen durch den Klebstoff. In solchen Fällen dürfen Daten und Eigenschaftswerte aus Prüfungen unter Verwendung anderer Fügeteile verwendet werden, sofern die Prüfbedingungen, Anforderungen und das Dehnungs-/Verformungsverhalten vergleichbar sind und das Versagen in diesen Prüfungen ebenfalls kohäsiv ist.

Sofern nicht anders angegeben, muss die kohäsive Versagensquote für gealterte oder nicht gealterte Prüfkörper mindestens der Definition in Tabelle 3 entsprechen.

Für Adhäsionsprüfungen werden die Versagemuster nach EN ISO 10365 akzeptiert:

- kohäsives Versagen (CF, en: cohesive failure);

- oberflächliches kohäsives Versagen (SCF, en: superficial cohesive failure);
- Substratversagen (SF, en: substrate failure).

Im Fall eines Substratversagens muss der schwächste Partner bewertet werden, um die Gestaltung des Produkts sicherzustellen.

Tabelle 3 — Kohäsives Versagenskriterium (angegeben für zu berechnende Klebverbindungen der Klasse A1 oder A2)

Klebstoffklassifizierung	Versagensmuster
Klebstoff mit geringem Modul mit einer Schichtdicke von $\geq 1,5$ mm	$\geq 95 \% \text{ CF} + \text{SCF} + \text{SF}$
Klebstoffe mit hohem Modul	$\geq 70 \% \text{ CF} + \text{SCF} + \text{SF}$

Im Fall von Klebstoffen mit hohem Modul darf das Versagensmuster nach der Alterung in Übereinstimmung mit der Anforderungsliste gegenüber dem ursprünglichen Bruchmuster nicht um mehr als 10 % reduziert werden. Bei Versagensquoten, die unter dem in Tabelle 3 angegebenen Kriterium liegen, sind zusätzlich Prüfungen (z. B. hinsichtlich des Alterungsverhaltens, des Versagensmusters, der Steuerung der Ergebnisse) durchzuführen.

Wenn Klebstoffe mit hohem Modul auf Beschichtungen aufgetragen werden (z. B. Haftvermittler oder Lacke), muss das Versagen der Klebverbindung in der Beschichtung kohäsiv oder adhäsiv sein. In solchen Fällen bestimmt die Kohäsion der Beschichtung, des Klebstoffs oder des Fügeteils den Belastungsgrenzwert der Klebverbindung. In solchen Fällen muss die Analyse der Klebverbindung zusammen mit der Beschichtung vorgenommen werden.

Klebverbindungen mit faserverstärkten Verbundfügeteilen müssen so gestaltet werden, dass jedes auftretende Versagen kohäsiv ist, d. h. nur in dem Klebstoff oder dem Fügeteil auftritt. Im Zweifelsfall muss zusätzliche vKAP-Kompetenz hinzugezogen werden.

Reparierte Klebverbindungen können andere Klebeigenschaften haben als die ursprünglichen Klebverbindungen. Dies ist bei der Gestaltung oder Analyse von Klebverbindungen zu berücksichtigen.

Die Wahl der beschleunigten Alterungsprüfungen (siehe Anhang I) wird von dem Anforderungsprofil abhängen.

5.3.4.1.2 Adhäsion

5.3.4.1.2.1 Allgemeines

Die Ergebnisse nach 5.3.4.1.2.2 und 5.3.4.1.2.3 (siehe unten) gelten nur für die Charakterisierung von Klebstoffen. Die Interpretation der Ergebnisse der in der Produktion hergestellten Arbeitsproben ist unter der Verantwortung der vKAP zu definieren.

Tabelle 4 — Versagensmuster von Klebverbindungen

Richtung			
Sicherheitsklasse	$E\text{-Modul}_{\text{Fügeteil}} > E\text{-Modul}_{\text{Klebstoff}}$	$E\text{-Modul}_{\text{Fügeteil}} < E\text{-Modul}_{\text{Klebstoff}}$	Anmerkungen
A1/A2	$\geq 95 \% \text{ CF} + \text{SCF}$	$\geq 95 \% \text{ CF} + \text{SCF} + \text{SF}$	Für alle geprüften Klebflächen
A3	$\geq 75 \% \text{ CF} + \text{SCF}$	$\geq 75 \% \text{ CF} + \text{SCF} + \text{SF}$	

5.3.4.1.2.2 Klebstoffe mit geringem Modul

Je nach relevanten Anforderungen können elastomere Klebstoffe mit geringem Modul der Raupenschälprüfung nach ISO/DIS 21194 [1] (gegebenenfalls nach Kontakt mit chemischen Wirkstoffen) unterzogen werden. Diese Prüfung liefert jedoch nur ein Ergebnis zur Adhäsion. Die Ergebnisse der Prüfung eignen sich für die Auswahl von Klebstoffen und Oberflächen oder die schnelle Prüfung der Adhäsion oder um Vergleiche anzustellen. Sie liefert keine Festigkeitswerte, die für die Gestaltung der Klebverbindung verwendet werden können. Solche Klebwerte müssen durch andere Prüfungen erhalten werden (siehe Anhang F, F.2).

5.3.4.1.2.3 Klebstoffe mit hohem Modul

Für Klebstoffe mit hohem Modul muss der Nachweis der ausreichenden Adhäsion während der mechanischen Prüfungen (z. B. Überlappungsscherversuch, Zugversuch, Abreißprüfung usw.) berücksichtigt werden. Das Versagensmuster ist in Übereinstimmung mit EN ISO 10365 zu analysieren und definieren.

5.3.4.2 Zulässige Spannung und Beanspruchung

Die zulässigen Spannungs- und Beanspruchungswerte werden durch die Prüfung von Klebverbindungen ermittelt. In der Analyse müssen die charakteristischen Werte wie in Anhang F für Klebverbindungen der Klasse A1 mit einem Konfidenzintervall von $1 - \alpha = 95\%$ bestimmt werden. Die Wahrscheinlichkeit muss mindestens 95 % betragen. Für Klebverbindungen der Klasse A2 müssen die charakteristischen Werte mit einem Konfidenzintervall von $1 - \alpha = 95\%$ ermittelt werden und die Vorhersagerate (Wahrscheinlichkeit) muss mindestens 90 % betragen.

Die zulässige Spannung oder Beanspruchung wird als charakteristischer Wert für den möglichen Belastungsgrenzwert (siehe Anhang F) unter den relevanten Betriebsbedingungen angegeben.

Die zulässige Spannung oder Beanspruchung kann anhand geeigneter äquivalenter Spannungs-/Beanspruchungsbetrachtungen beschrieben werden. Aus Gründen der Konsistenz sind bei der Analyse der lokalen Spannung und der Spannungsfestigkeit die gleichen Überlegungen anzustellen.

Die zulässige Spannung oder Beanspruchung kann auch aus verfügbaren äquivalenten Ergebnissen oder praktischen Erfahrungen abgeleitet werden.

5.3.4.3 Quasistatische Festigkeit der Klebverbindung

Klebstoffe sind in Übereinstimmung mit Anhang F zu prüfen. Spezialbaugruppen wie etwa geklebte Sandwich-Platten, geklebte Waben-Sandwichplatten und Schaumstoffmaterialien sind in Übereinstimmung mit den relevanten technischen Vorschriften zu prüfen. In allen Fällen muss der charakteristische Wert (siehe Anhang F) angegeben und das Versagensmuster beschrieben werden (siehe EN ISO 10365). Wenn die Betriebsbedingungen und die Sicherheitsklasse dies erfordern, muss die Festigkeit der Klebverbindung in Abhängigkeit von der Temperatur oder nach dem Kontakt mit chemischen Wirkstoffen bestimmt werden.

5.3.4.4 Kriechverhalten, Kriechgrenze, Relaxation und Bruchdehnung bei statischer Dauerbeanspruchung

Die Ermittlung des Kriechverhaltens der Klebverbindung ist für zwei verschiedene Betriebsbedingungen vorzusehen:

- a) Kriechen: Die Klebverbindung ist einer ständigen statischen Last ausgesetzt (z. B. Eigenmasse des Bauteils), d. h. bei geringer Kriechgrenze der Klebstoffe nimmt die Dehnung ständig zu. Die zu einem gegebenen Zeitpunkt zulässige Kriechdehnung (vom Konstrukteur festzulegen) wird verwendet, um die Klebfuge so zu gestalten, dass die durch die statische Last auftretende Spannung kleiner ist als die Spannung, die zur zulässigen Kriechdehnung führt. Die zulässige Kriechdehnung muss kleiner sein als

die Relaxations- oder Kriechbruchdehnung [siehe Punkt b) unten]. Informationen zur Messung des Kriechverhaltens sind in Anhang F enthalten.

- b) Relaxation: Die Klebverbindung muss so gestaltet sein, dass sie eine Relativverschiebung zwischen Bauteilen über einen längeren Zeitraum kompensieren kann (z. B. Ausrüstung nach der Herstellung einer Klebverbindung, Verformung aufgrund von Maßabweichungen, Verformung durch Vorspannung während der Montage, Verformung durch Temperaturschwankungen großer Bauteile wie etwa Dachsegmente aus Glasfaserkunststoff [GFK].) Die zulässige Dehnung liegt unter der maximalen Beanspruchung, bei der ein Versagen der Klebverbindung in der Relaxationsprüfung unwahrscheinlich ist. Die zulässige Dehnung ist durch Prüfung zu bestimmen. Informationen zur Prüfung der Relaxationsbruchdehnung sind in Anhang F enthalten.

Fall b) ist üblicherweise nur für elastomerische Klebstoffe mit niedrigem Modul relevant. Die Relaxationsbruchdehnung ist deutlich geringer als die Bruchdehnung, die im quasistatischen Versuch zur Bestimmung der Zugscherfestigkeit (siehe Anhang F) oder nach Kriechen und konstanter Last [Fall a)] gemessen wird.

Die Bruchdehnung nach Relaxation oder Kriechen ist von der Temperatur, dem Einfluss chemischer Wirkstoffe und der Oberfläche der Fügeteile abhängig.

5.3.4.5 Beanspruchung und Ermüdung durch Schwingung

Die zulässige schwingende Beanspruchung der Klebverbindung hängt von den Fügeteilwerkstoffen, den Oberflächenbeschichtungen, dem Klebstoff und den Einsatzbedingungen ab. Hierbei ist insbesondere der Einfluss der Mittelspannung (Kriechneigung) zu berücksichtigen. Informationen zur Messung der Ermüdungsfestigkeit sind in Anhang F enthalten.

5.3.4.6 Crash- und Schlagverhalten

Die mechanischen Eigenschaften von Klebstoffen und Fügeteilen sind von der Temperatur und der Dehnungsgeschwindigkeit abhängig. Die Charakterisierung des Verhaltens von Klebverbindungen unter hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten erfordert deshalb die Messung der Fügeteil- und Verbundeigenschaften unter den relevanten Dehnungsgeschwindigkeiten.

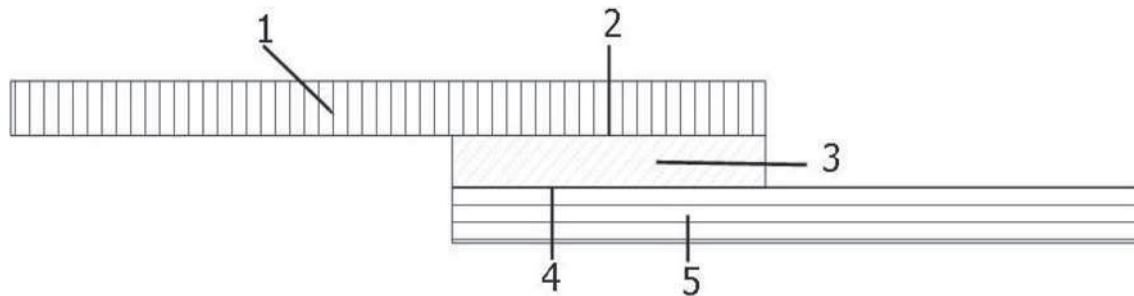
Die Eigenschaften der Klebverbindungen sind in Fällen zu prüfen, in denen der geklebte Bereich entscheidend zum Strukturverhalten unter Stoß- oder Kollisionsbeanspruchung beiträgt (siehe EN 15227).

5.3.4.7 3D-Modelle/2D-Zeichnungen/Stückliste (BOM, en: bill of material)

Die 3D-Modelle und 2D-Zeichnungen sind in Kombination mit der Stückliste die maßgebenden Dokumente für jeden folgenden Prozess. Diese Dokumente müssen alle notwendigen Dokumente für die Erstellung der Herstellungsunterlagen und die Ausführung des Herstellungsprozesses enthalten. Aus diesem Grund müssen diese Dokumente für Klebverbindungen Folgendes enthalten:

- Fügeteilwerkstoff;
- Fügeteiloberflächen;
- Klebstoff;
- Oberflächenbehandlung;
- Maße und Positionen einschließlich Toleranzen;
- Sicherheitsklasse;
- Verweisung auf diese Norm.

Bild 4 zeigt an einem Beispiel, wie diese Informationen in Zeichnungen implementiert werden können. Die Gestaltungsunterlagen müssen zwingend eine präzise Verknüpfung zwischen der Oberflächenvorbehandlung und der Oberfläche des Fügeparts enthalten:



Legende:

- 1 Fügepart 1 einschließlich Oberflächendefinition
- 2 Oberflächenbehandlung 1
- 3 Klebstoff
- 4 Oberflächenbehandlung 2
- 5 Fügepart 2 einschließlich Oberflächendefinition

ANMERKUNG Klebverbindungssymbole können verwendet werden, um die Zeichnungen zu vereinfachen (siehe Anhang K — Klebverbindungssymbole).

Bild 4 — 2D-Beispielzeichnung für Klebverbindungen

5.4 Validierung der Gestaltung

5.4.1 Allgemeines

Der Anwendungsbereich der Validierung ist von der der Verbindung zugewiesenen Klasse abhängig (siehe Tabelle 2). Die Konformität der Gestaltung (siehe Bild 5) kann durch eines der folgenden Verfahren erzielt werden:

- 1) Berechnung jeder Klebhaftung und Vergleich mit dem zulässigen Wert;
- 2) Bauteile (z. B. Abschnitte von Bauteilen) werden unter realistischen Bedingungen geprüft, um die Festigkeit der Teile der Baugruppe zu bestimmen;
- 3) bewährte Gestaltung durch dokumentierte Erfahrungswerte.

Die Verfahren 1, 2 und 3 können miteinander kombiniert werden.

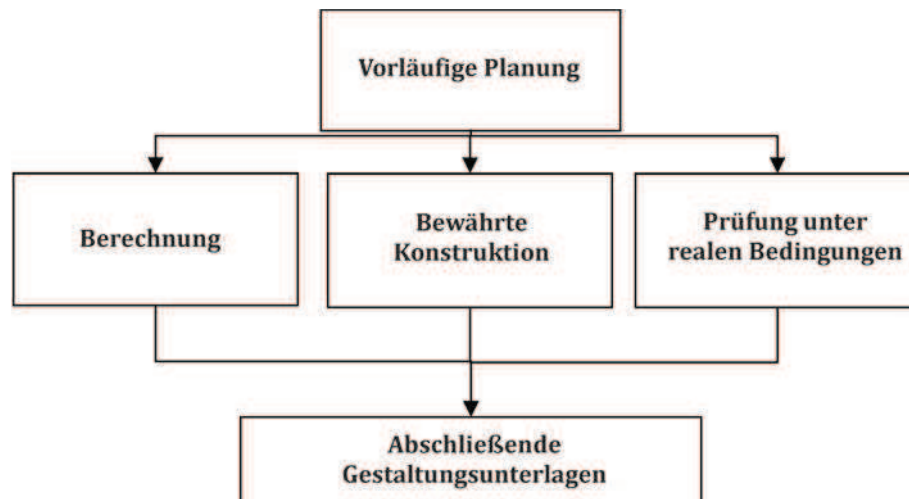


Bild 5 — Konformitätsnachweis — Ablaufdiagramm

5.4.2 Ermittlung der Einflüsse und Lasten

5.4.2.1 Allgemeines

Lastfälle sind die Einflüsse aus der Anforderungsliste und die Beanspruchungen sind die Einflüsse, denen die Klebverbindung ausgesetzt ist (siehe Bild 6).

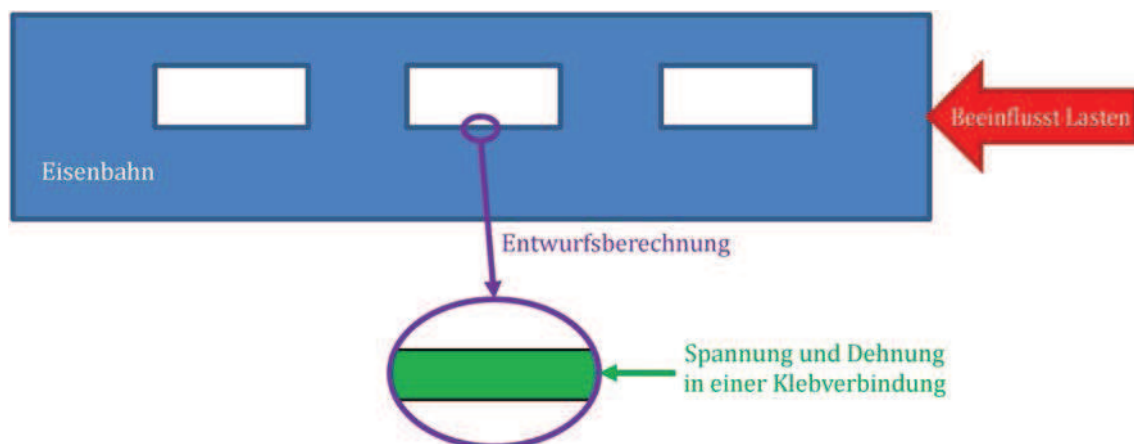


Bild 6 — Beispiele für Lastfälle eines Fahrzeugaufbaus mit drei Fenstern (schematische Darstellung)

5.4.2.2 Beispiele mechanischer Lasten

Einige Beispiele mechanischer Lasten sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5 — Beispiele mechanischer Lasten

	Statisch		Dynamisch/ zyklisch
	Kurzzeitig	Langzeitig	
Beispiel	Quasistatisch (gerichteter Lastfall) Stoß/Schlag Aufprall	Kriechen Relaxation (dauerhafte Verschiebung)	Ermüdung Schwingungen aerodynamisch

5.4.2.3 Beispiele nichtmechanischer Lasten

Einige Beispiele nichtmechanischer Lasten sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 — Nichtmechanische Einflüsse auf Klebverbindungen

	Chemische und mikrobiologische Einflüsse	Thermische und andere physikalische Einflüsse
Beispiel	Feuchte (Korrosion) Reinigungsmittel	thermisch fotochemisch (UV) elektromagnetisch elektronisch Feuer und Rauch, siehe EN 45545-2

Für alle in Tabelle 6 erwähnten Einflüsse müssen die folgenden Parameter berücksichtigt werden:

- Typ (Richtung);
- Intensität;
- Dauer;
- Frequenz.

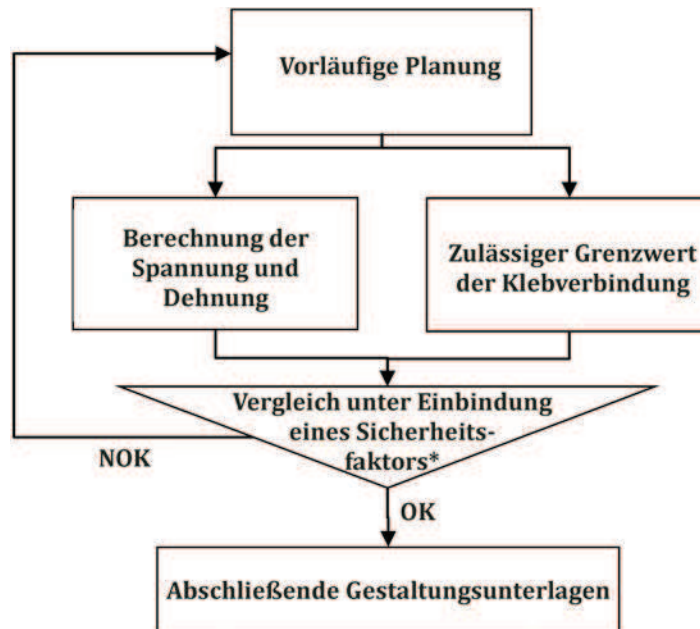
Ein Lastfall ist eine Kombination aus vorherigen Einflüssen und Parametern, die sich gleichzeitig auf die Klebverbindung auswirken. Für eine Gestaltung bestehen üblicherweise mehrere verschiedene Lastfälle.

Die relevanten Lastfälle sind in den Validierungsplan der Klebverbindung zu integrieren.

5.4.3 Berechnung

5.4.3.1 Allgemeines

Das Ergebnis des Berechnungsprozesses (siehe Bild 7 unten) ist ein Vergleich zwischen der berechneten Spannung und Beanspruchung, die an der Klebverbindung auftritt, und der zulässigen Spannung und Beanspruchung des Klebstoffs.



ANMERKUNG *Sicherheitsfaktoren hängen von dem Wissen oder der Erfahrung des Unternehmens ab.

Bild 7 — Berechnungsprozess

5.4.3.2 Bestimmung von Spannungen/Beanspruchungen

5.4.3.2.1 Allgemeines

Die strukturelle Gestaltung erfolgt je nach betreffendem Fall mithilfe eines analytischen Ansatzes oder der Finite-Element-Analyse (FEA). Berechnungsmethoden und Berechnungsergebnisse sind nachvollziehbar zu validieren. Dazu können Vergleichsrechnungen zu geeigneten Prüfungen an einfachen Probekörpern, Modellen oder verfügbaren Ergebnissen von Komponentenprüfungen herangezogen werden. Probekörper oder Modelle, die eine Kräfteverteilung und eine Geometrie aufweisen, die mit der betrachteten Klebverbindung vergleichbar ist, gelten als geeignet. Darüber hinaus können verfügbare Kenntnisse und gewonnene Erfahrungen herangezogen werden.

Beanspruchungen sind aus dem Anforderungsprofil abzuleiten (siehe Abschnitt 5). Klebverbindungen sind in Abhängigkeit von der Elastizität des Klebstoffs und dem jeweiligen Lastfall unter Berücksichtigung der Spannung (Festigkeit) oder Dehnung (Verformung) zu analysieren.

Die Klebfläche, die Spannungskonzentrationen in der Verbindung und die Eigenschaften der Fügeteile und ihrer Oberflächen sind entscheidend für die Tragfähigkeit der Verbindung. Üblicherweise sind nur einige wenige Lastfälle aus einer Reihe theoretischer Fälle oder eine Kombination derselben für Dimensionierungszwecke relevant.

5.4.3.2.2 Finite-Element-Methode (FEM)

Die Finite-Element-Methode (FEM) ermöglicht die Bestimmung lokaler Spannungen in Klebverbindungen. Für die Berechnung können Federelemente oder andere vergleichbare Elemente verwendet werden. Alternativ können die Spannungen in der Verbindung mit einem hohen Maß an Genauigkeit unter Annahme von Volumenelementen und mit den entsprechenden Werkstoffmodellen berechnet werden.

Wenn Federelemente verwendet werden – was oftmals in der Analyse von hyperelastischen Dickschichtverbindungen der Fall ist –, hängt die aus der Querdehnungsbehinderung resultierende Federkonstante von der Klebschichtdicke und Klebschichtbreite sowie der Richtung der Beanspruchung ab, sofern die Verbindung Spannung oder Stauchung ausgesetzt ist. Werden andere äquivalente Elemente verwendet, müssen die Auswirkungen jeglicher Vereinfachung berücksichtigt werden.

Für eine genauere Berechnung der lokalen Spannungen ist eine hinreichend feine Vernetzung erforderlich, die nur durch Submodellierung erreicht werden kann.

Die Genauigkeit der verwendeten Werkstoffmodelle und Finite-Element-Gitter muss nachvollziehbar durch geeignete Überprüfungen oder vergleichende Berechnungen (z. B. Einzelelement-Analyse, Berechnung des Verhaltens von Proben oder einfachen Modellen) oder durch geeignete experimentelle oder Konvergenzanalysen validiert werden.

5.4.3.2.3 Analytische Berechnungsverfahren

Die analytischen Berechnungsverfahren sind im Allgemeinen mit der Finite-Element-Analyse vergleichbar. Die Prozessschritte der Modellierung/vereinfachten Skizzierung, Beschreibung des Werkstoffverhaltens der verschiedenen Fügeile der Klebverbindung und des Vergleichs zwischen der berechneten und zulässigen Lastbeanspruchung müssen in beiden Fällen durchgeführt werden.

Die Klebverbindung muss mit verschiedenen mathematischen Standardkörpern (z. B. fester Körper, linear elastischer Körper, rundum befestigte Platte, Träger unter Biegung) beschrieben werden.

Der Nennansatz ist ein einfaches analytisches Konzept. Das Fügeile muss als fester Körper und der Klebstoff als linear elastischer Körper modelliert werden. Die Kräfte sind gleichmäßig verteilt. Der Quotient der Kraft und Klebfläche gibt die Normalspannung an. Die Normalspannung ist mit der zulässigen Spannung zu vergleichen. Der Nennansatz wird oftmals für die Vordimensionierung angewendet.

Die folgenden Möglichkeiten können für eine genauere Berechnung der Gestaltung angewendet werden:

- Beschreibung des Fügeilewerkstoffverhaltens, d. h. der Verformungen des gesamten Produkts;
- Einsetzen der Kräfte und Momente in unsymmetrischer Weise und multiaxialer Spannungsgrad;
- Beachtung der Einflüsse (Temperatur, Feuchte, Spannungskraft) des Werkstoffverhaltens.

Das Ergebnis ist ein unsymmetrisches Dehnungs- und Spannungsverhalten. Analytische Verfahren sind üblicherweise eingeschränkt bei

- Klebverbindungen mit komplexer Geometrie,
- unregelmäßiger Spannungsverteilung entlang der Dicke des Klebstoffs (Realisierung von Hotspots),
- Realisierung der 3D-Spannungsverteilung und
- unelastischem Werkstoffverhalten.

5.4.3.3 Zulässige Spannung und Dehnung des Klebstoffs

Charakteristische Werte aus der Qualifizierung des Klebstoffs sind zu verwenden. Sofern die Qualifizierung des Klebstoffs nicht unter denselben geforderten Bedingungen (z. B. Fügeteile, Temperatur, Feuchte usw.) erfolgt ist, muss eine Kombination aus charakteristischen Werten (aus der Qualifizierung des Klebstoffs) berücksichtigt werden.

5.4.3.4 Vergleich unter Einbindung eines Sicherheitsfaktors

Die berechnete Spannung und Dehnung ist mit den zulässigen Werten zu vergleichen.

Ein Sicherheitsfaktor muss nach den Kenntnissen oder der Erfahrung des Unternehmens in die Berechnung integriert und dokumentiert werden.

- Fall 1: Die berechnete Spannung und Dehnung überschreiten die zulässigen Werte, die Gestaltung muss verbessert oder überarbeitet werden.
- Fall 2: Die berechnete Spannung und Dehnung liegen unter den zulässigen Werten, die Gestaltung der Klebverbindung wird verifiziert.

5.4.4 Nachweisführung der Gestaltung

Wenn die Verifizierung auf Erfahrung basiert, muss nachgewiesen werden, dass sich das System als geeignet bewährt hat. Hierzu muss nachgewiesen werden, dass das Verhalten der Verbindung unter Betriebsbedingungen auf die betrachtete Verbindung unter Berücksichtigung der Betriebslebensdauer, der Belastungsbedingungen und der Eigenschaften der Verbindung angewendet werden kann. Das Verfahren muss nachvollziehbar dokumentiert werden.

5.4.5 Bauteilprüfung

Die Bauteilprüfung gilt als Prüfung des gesamten oder teilweisen Systems unter den tatsächlichen Bedingungen oder nachempfundenen Betriebsbedingungen. Die Prüfbedingungen müssen im Hinblick auf ihre Auswirkung auf die Klebverbindung ausreichend vergleichbar sein. Dies ist nachzuweisen. Wenn Teilsysteme geprüft werden, ist die Wechselwirkung zwischen diesen Teilsystemen und dem gesamten System zu berücksichtigen und zu verifizieren, um sicherzustellen, dass die Wechselwirkung die Ergebnisse nicht unangemessen beeinflusst. Ein Versagenskriterium muss zu Bewertungszwecken festgelegt werden. Die Prüfergebnisse müssen ausreichend statistisch ausgewertet werden. Je nach Kenntnissen hinsichtlich der Verbindung, wie realistisch die Prüfbedingungen sind und der angewendeten statistischen Auswertung muss ein Sicherheitsfaktor in das Versagenskriterium oder die Prüfbedingungen integriert werden. Der gesamte Prozess muss dokumentiert werden. Jede Entscheidung muss einschließlich ihrer Begründung dokumentiert werden.

5.4.6 Kombination aus Berechnung/Bauteilprüfung/Nachweisführung der Gestaltung

Wenn Verifizierung durch eine Kombination der obigen Verfahren erfolgt, muss sichergestellt werden, dass alle Anforderungen angemessen berücksichtigt werden. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass alle Teile des Verifizierungsprozesses miteinander kompatibel sind (z.B. bei dem Vergleich der Prüfergebnisse mit den Kriterien für das Bestehen/Nichtbestehen). Das Verfahren muss nachvollziehbar dokumentiert werden.

5.5 Konformitätsnachweis

Nach der erfolgreichen Herstellung der Konformität der Gestaltung muss die vKAP die Freigabe nach Tabelle 1 dieser Norm, Anhang A /Tabelle A.1 und Anhang B /Tabelle B.1 befürworten. Darüber hinaus muss das Ergebnis der Konformitätsprüfung der Gestaltung in den technischen Unterlagen dokumentiert werden.

Tabelle 7 bietet einen Überblick über die zu treffenden Maßnahmen für Klebverbindungen der Klassen A1 bis A3. Bei Klebverbindungen der Klasse Z muss nur die Klassifizierung dokumentiert werden.

Der Detailgrad der zu treffenden Maßnahmen richtet sich nach den relevanten Anforderungen der jeweiligen Anwendung, die von dem Hersteller begründet wurden.

Tabelle 7 — Zu treffende Maßnahmen und Dokumentation im Konformitätsnachweis für die Klassen A1, A2, A3 und Z

		Verbindungsklassen			
		A1	A2	A3	Z
Gestaltung der Verbindung					
1	Klassifizieren der Verbindung, Erstellen der Anforderungsliste	A	A	A	A
2	Auswahl des Verbindungssystems	A	A	A	A
3	Gestaltung der Baugruppen, Bauteile und Klebverbindungen	A	A	A	A
Dokumentation					
4	Klassifizierung der Verbindung mit Begründung	D	D	D	D
5	Anforderungsliste	D	D	—	—
6	Prüfberichte und Aufzeichnungen einschließlich Werkstoffeigenschaften und Verbindungsparameter	D	—	—	—
7	Technische Datenblätter	D	D	D	—
Gestaltungsberechnung					
8	Gestaltung entsprechend dem aktuellen Stand der Technik oder die die Ergebnisse der Bauteilprüfung oder den Nachweis der Unwahrscheinlichkeit eines Schadens enthält, mit Verweis auf gewonnene Erfahrungen	D	—	—	—
	Grobe Berechnung, Vergleich mit gewonnenen Erfahrungen	—	D	—	—
9	Erklärung, dass die Spannungen unterhalb der Spannungsgrenzwerte liegen (für die Dimensionierung der zu berücksichtigenden Lastfälle, gegebenenfalls unter Verwendung von Sicherheitsfaktoren)	D	D	—	—
10	Gestaltungsunterlagen, geprüft im Hinblick auf Fügearbeiten	D	D	D	—
Bestimmung von Spannungen					
	Präzise Analyse für alle im Anforderungsprofil beschriebenen Lastfälle,				
11	Identifizierung aller relevanten Kombinationen, Erstellen der zu berücksichtigenden Lastfälle	D	—	—	—
12	Grobe Schätzung für die zu berücksichtigenden Lastfälle	—	D	—	—

		Verbindungsklassen			
		A1	A2	A3	Z
Adhäsion					
13	Prüfung relevanter Werkstoffkombinationen in Kontakt mit Wärme/Kälte und Feuchte, mit Beurteilung des Versagensmusters	DP	DP	—	—
	Herstellerdaten	—	—	D	—
14	Stärke der Verbindung (ohne Alterung, Prüfung in Normatmosphäre)	DP	DP	—	—
Bestimmung charakteristischer Werte (für Lastfälle unter Punkt 11 oder 12)					
15	Klebeigenschaften und Verbindungsstärke in Abhängigkeit von der erforderlichen chemischen und Wärmebeständigkeit	DP	DP	—	—
	Kriechverhalten, Kriechgrenzwerte unter statischer Belastung	DP	DP	—	—
	Bruchdehnung nach Relaxation unter statischer Belastung	DP	DP	—	—
	Schwingungsbeanspruchung	DP	DP	—	—
	Crash- und Schlagverhalten	DP	DP	—	—
	Bauteilprüfung	DP	DP	—	—
16	Validierung der charakteristischen Werte unter Herstellungsbedingungen	DP	—	—	—
Legende A: Durchzuführende Aktion D: Dokumentation DP: Dokumentation einschließlich Prüfbericht/Aufzeichnung					
ANMERKUNG Für Klasse A1 sind die zulässigen Werte geringer als für Klasse A2. Aus diesem Grund ist für Klasse A2 eine höhere Versagenswahrscheinlichkeit als für Klasse A1 akzeptabel (siehe Anhang F / F.6.2 und Tabelle F.1).					

6 Ausführung

6.1 Allgemeines

Alle Klebverbindungen (Klassen A1 bis Z, siehe Tabelle 2) müssen in Übereinstimmung mit den folgenden Anforderungen hergestellt werden, wenn sie für den Prozess und die jeweilige Klasse relevant sind.

Der Prozess muss so geplant und ausgeführt werden, dass ein sicheres und reproduzierbares Arbeitsverfahren sichergestellt wird. Dieser Abschnitt enthält einige wichtige Kriterien für die Durchführung des Klebprozesses.

Es muss sichergestellt werden, dass die Klebverbindung ausreichend in den allgemeinen Fertigungsprozess integriert ist und die Betriebsbedingungen und die besonderen Anforderungen des Klebprozesses sorgfältig berücksichtigt werden.

Die technischen Mindestanforderungen im Prozess wie etwa die Temperatur und Feuchte (sofern anwendbar) müssen erstellt, festgelegt, aufrechterhalten und dokumentiert werden.

Alle notwendigen Dokumente müssen unter Beteiligung der vKAP nach Tabelle 1 dieser Norm, Anhang A /Tabelle A.1 und Anhang B /Tabelle B.1 erstellt werden.

6.2 Allgemeine Prozessvorgaben

6.2.1 Transport und Lagerung von Klebstoffen, Hilfsstoffen und Fügeteilen

Die technologisch bedingten Transport- und Lagerbedingungen (z. B. Temperatur und Feuchtigkeit) müssen ermittelt, eingehalten und dokumentiert werden.

Transportvorrichtungen (Hebetraversen, Vakuumsaugheber usw.) müssen gegebenenfalls in Abhängigkeit von Größe, Form und Gewicht der zu verklebenden Teile festgelegt und verwendet werden.

6.2.2 Fertigungsumgebung

Die Fertigungsumgebung muss so vorbereitet werden, dass sie eine korrekte Klebverbindung sicherstellt. Hierzu müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Identifizieren und Kennzeichnen des Klebarbeitsplatzes (z. B. Zugang nur für befugtes Personal);
- Einhalten und Beachten der Temperatur- und Feuchtigkeitsgrenzwerte für Klebarbeiten;
- Dokumentieren der während der Fertigung gemessenen Temperatur- und Feuchtwerte;
- Vermeiden unzulässiger Luftbewegungen;
- Vermeiden unzulässiger Verschmutzungen (z. B. Silikone, Stäube, Aerosole usw.);
- für ausreichende Lichtverhältnisse ist zu sorgen;
- für ausreichend Platzverhältnisse ist zu sorgen.

6.2.3 Arbeitsplatzvorbereitung und Akklimatisierung von Werkstoffen

Arbeitsplätze und Bereiche für die Konditionierung von Teilen und Klebstoffen müssen so vorbereitet werden, dass eine korrekte Klebverbindung sichergestellt wird. Hierzu müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- sicherstellen, dass die richtigen Temperaturgrenzwerte für die Akklimatisierung von Fügeteilen, Klebstoffen, Haftvermittlern und anderen Werkstoffen eingehalten werden;
- technisch zulässige Temperaturtoleranzen während des Klebprozesses einhalten;
- Bauteiltemperaturen mit einem geeigneten Gerät messen;
- für den Prozess geeignete Werkzeuge und Hilfsstoffe (z. B. Geräte, Plattformen, Pumpen, Hebezeuge oder Handhabungseinrichtungen, Bänder, Reinigungstücher, Abstandshalter usw.) auswählen und in ausreichender Menge bereitstellen.

6.2.4 Arbeits- und Umweltschutz

Während des Klebens müssen die allgemein anerkannten Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften eingehalten und beachtet werden.

6.2.5 Kontrolle auf Passgenauigkeit hinsichtlich Form, Position und Abmessungen

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt werden, um einen korrekten Klebvorgang sicherzustellen:

- geeignete Prüf- und Messverfahren (Hersteller oder Lieferant der Teile) sind anzuwenden, um die Passgenauigkeit nach der Konditionierung der Füge­teile und vor dem Auftragen des Klebstoffs zu prüfen;
- die festgelegten Toleranzen dürfen nicht ohne Ausnahmegenehmigung überschritten werden.

6.2.6 Kontrollen vor Fertigungsbeginn

Die folgenden Prüfungen müssen vor Fertigungsbeginn durchgeführt werden, um eine korrekte Klebverbindung sicherzustellen:

- prüfen, dass die korrekten Klebstoffe und Hilfsstoffe in ausreichender Menge am Arbeitsplatz vorhanden sind;
- prüfen des Mindesthaltbarkeitsdatums. Im Fall von wiederverschließbaren Behältern muss das Datum der ersten Öffnung des Behälters oder das Mindestverbrauchsdatum des Produkts nach dem Öffnen geprüft werden;
- während der Fertigung sind die Klebstoffe und Hilfsstoffe (Bänder, Wischtücher usw.) auf optische Unregelmäßigkeiten, Geruch oder Konsistenzfehler zu prüfen und die Regularien und Anforderungen hinsichtlich der Unfallverhütungsvorschriften zu berücksichtigen;
- die zu klebenden Teile und Flächen sind zu identifizieren und es ist zu prüfen, ob die Füge­teile korrekt und für den Zweck geeignet sind;
- die Temperatur und gegebenenfalls die relative Feuchte müssen mit einer geeigneten Vorrichtung gemessen werden.

6.2.7 Behandlung der Füge­teilflächen

Mittel und Verfahren zur Oberflächenbehandlung (z. B. Reinigungsmittel, Scheuermittel, Haftvermittler usw.) müssen validiert und in der Arbeitsanweisung festgelegt werden (siehe 6.3).

Die relevanten Anweisungen zur Reinigung und Vorbereitung der Oberfläche sind zu beachten. Jede Abweichung ist der vKAP vorzutragen und von dieser zu akzeptieren. Jede Abweichung muss dokumentiert werden.

- Reinigung:
 - Es dürfen nur die Reinigungsmittel und Verfahren eingesetzt werden, die für die auftretenden Verschmutzungen geeignet sind.
 - Abluftzeiten müssen festgeschrieben und eingehalten werden (z. B. sind auch Diffusionen und Porositäten zu berücksichtigen).
 - Zum Reinigen verwendete Tücher sind so oft wie nötig gegen frische Tücher auszutauschen.
 - Es muss sichergestellt werden, dass Reinigungsmittel nicht verunreinigt werden.
 - Bei Verwendung wässriger Reiniger ist ausreichend nachzuspülen und zu trocknen.
 - Bei lösungsmittelhaltigen Reinigern sind ausreichende Abluftzeiten einzuhalten.

- Das Reinigungsergebnis muss kontrolliert werden, z. B. durch Inspektion (Sichtprüfung oder andere Prüfung), Abreiben mit sauberem weißem Papiertuch, Benetzungsprüfung.
- Bei Einsatz von Reinigungsbädern oder Dampfentfettungsanlagen muss das Reinigungsmittel überwacht und ist entsprechend auszuwechseln oder hinzuzufügen.
- Es ist darauf zu achten, dass nach der Reinigung keine neue Verschmutzung auftritt, die die Adhäsion beeinträchtigen kann.
- Oberflächenvorbereitung:
 - Nur ausreichend kontaminationsfreie Schleif- oder Strahlmittel dürfen verwendet werden und sind gegebenenfalls gegen frisches Material auszutauschen.
 - Bei Badprozessen muss jede Verunreinigung vermieden werden. Verunreinigungen müssen rechtzeitig entdeckt und Bäder sollten regelmäßig ausgetauscht werden.
 - Nach dem Beizen sind die Fügeteile ausreichend zu spülen und zu trocknen.
 - Das Ergebnis der Oberflächenvorbehandlung ist, z. B. visuell, durch Benetzungsprüfung oder Probeklebung, zu überprüfen.
 - Bei Verfahren wie z. B. Beflammen, Fluorieren und Plasmaaktivierung sind die vorgegebenen Prozessparameter und Prozesszeiten einzuhalten und zu überwachen.
 - Das Ergebnis der Oberflächenvorbehandlung ist z. B. durch Inspektion (visuell oder andere), durch Benetzungsprüfung oder Probeklebung zu überprüfen.
 - Um jede Deaktivierung des Haftvermittlers vor dem Auftragen zu verhindern, muss dieser gegen eindringende Feuchte während der Lagerung geschützt werden.
 - Haftvermittler müssen gegebenenfalls vor der Anwendung durch Schütteln homogenisiert werden.
 - Bei Werkstoffen, die nur bei Auftrag als Dünnfilm vollständig wirksam werden (sodass die Moleküle die Haftung des Klebstoffs auf der Oberfläche sicherstellen), muss ein Dickfilm unter allen Umständen verhindert werden (z. B. durch Auftragen und Abwischen, sofern bei dem betreffenden Werkstoff zulässig), um eine unzureichende Kohäsion in dem Haftvermittler zu vermeiden.
 - Haftvermittler reagieren tendenziell hochempfindlich, wenn die Verarbeitungszeit – die von der Temperatur und Feuchte abhängig ist – die Bemessungsverarbeitungszeit überschreitet oder unterschreitet. Die ausgewählte Zeit muss für die Umgebungsbedingungen geeignet sein und bei Bedarf aufrechterhalten werden.
 - Werkstoffe müssen so gleichmäßig wie möglich mit geeigneten Geräten aufgetragen werden, um die Oberfläche vollständig zu bedecken.
 - Hilfsstoffe (z. B. Lappen, Tücher, Bürsten, Filz usw.) werden in ausreichend kurzen Intervallen ausgetauscht.

6.2.8 Dosieren, Mischen und Auftragen

Die Dosier-, Misch- und Auftragsprozesse müssen validiert und in der Arbeitsanweisung (siehe 6.3) festgelegt werden.

Die relevanten Anweisungen zur Dosierung, Mischung und für das Auftragen sind zu beachten. Jede Abweichung ist der vKAP vorzutragen und von dieser zu akzeptieren. Jede Abweichung muss dokumentiert werden.

- Im Fall von 2-Komponenten-Klebstoffen müssen das angegebene Mischverhältnis und die Mischungsmenge eingehalten und auf eine ausreichende Mischung geachtet werden. Falls möglich, sollten die Eigenschaften zur Erkennung einer ausreichenden Mischung (z. B. Mischzeit, Farbton usw.) festgelegt werden.
- Jede Verunreinigung während der Entnahme des Produkts aus dem Behälter muss vermieden und der Behälter muss sofort nach der Entnahme wieder verschlossen werden.
- Der festgelegte Auftragsprozess muss eingehalten werden.
- Die vorgegebene Auftragsmenge, -fläche, -position sind zu verifizieren und bei Raupenauftrag ist die Raupengeometrie einzuhalten.
- Lufteinschlüsse (die die Ansammlung von Kondensation fördern können) und Fremdkörpereinschlüsse sind zu vermeiden.
- Nur saubere Auftragshilfsmittel dürfen verwendet werden.
- Die Verarbeitungszeiten müssen mit den Umgebungsbedingungen kompatibel sein.

6.2.9 Fügen

Der Prozess der Verbindung der Füge Teile muss validiert und in der Arbeitsanweisung (siehe 6.3) festgelegt werden. Die relevanten Anweisungen zur Verbindung von Füge teilen sind zu beachten. Jede Abweichung ist der vKAP vorzutragen und von dieser zu akzeptieren. Jede Abweichung muss dokumentiert werden.

- Die festgelegten Abmessungen und Toleranzen der Klebstoffraupe sind einzuhalten.
- Die Anweisungen für den Klebprozess (Klebrichtung, Geschwindigkeit, Kontaktdruck, Vermeidung von Lufteinschlüssen, Entfernen des Klebstoffs von der Klebfläche usw.) sind einzuhalten.
- Die Verarbeitungszeit muss festgelegt und eingehalten werden.

6.2.10 Fixieren

Der Fixierprozess muss validiert und in der Arbeitsanweisung (siehe 6.3) festgelegt werden.

Die relevanten Prozessanweisungen/Verfahrensanweisungen/Beschreibungen für das Fixieren sind zu beachten. Jede Abweichung ist der vKAP vorzutragen und von dieser zu akzeptieren. Jede Abweichung muss dokumentiert werden.

- Das festgelegte Fixierungsverfahren ist anzuwenden (gegebenenfalls unter Verwendung eines Fixierungswerkzeugs).
- Die Füge Teile dürfen nur an bestimmten Punkten fixiert werden.
- Der festgelegte Fixierdruck und die Fixierdauer sind einzuhalten.

6.2.11 Aushärtung

Die Aushärteprozesse müssen validiert und in der Arbeitsanweisung (siehe 6.3) festgelegt werden.

Die relevanten Verfestigungsprozessanweisungen sind zu beachten. Jede Abweichung ist der vKAP vorzutragen und von dieser zu akzeptieren. Jede Abweichung muss dokumentiert werden.

- Das festgelegte Aushärtungsverfahren und die festgelegten Bedingungen sind anzuwenden.
- Während des Aushärtens müssen die Klebverbindungen (falls erforderlich) gekennzeichnet und gegen unzulässige Lasten geschützt werden.
- Die Gesamtaushärtungszeit ist in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen festzulegen.

6.2.12 Verpackung und Transport geklebter Bauteile

Die Verpackungs- und Transportprozesse müssen validiert und in der Arbeitsanweisung (siehe 6.3) festgelegt werden.

Die relevanten Verpackungs- und Transportprozessanweisungen sind zu beachten. Jede Abweichung ist der vKAP vorzutragen und von dieser zu akzeptieren. Jede Abweichung muss dokumentiert werden.

- Schäden an geklebten Bauteilen während des Transports sind zu vermeiden.
- Es muss sichergestellt sein, dass alle erforderlichen Aushärtungsbedingungen für die geklebten Komponenten eingehalten werden, wenn diese verpackt und transportiert/bewegt/gehandhabt werden, bevor die Aushärtung vollständig abgeschlossen ist.
- Wechselwirkungen zwischen dem Verpackungsmaterial und den möglichen Emissionsprodukten aus dem nicht ausgehärteten Klebstoff sind zu vermeiden.

6.3 Arbeitsanweisungen: Mindestanforderungen

Die Klebverfahrensanweisungen müssen mindestens die folgenden Informationen enthalten (je nach angewandeter Klebtechnik):

- Anwendungsbereich der Arbeitsanweisung;
- Referenzdokumente einschließlich Revisionsstatus;
- Umgebungsparameter (z. B. Temperatur, Feuchte, Taupunkttemperatur);
- Temperatur der Fügeteile;
- Revision und Datum;
- Art des Fügeteils;
- Art des Klebstoffs, Reinigungsmittels und Haftvermittlers;
- Prüf- und/oder Dokumentenchargennummer, Mindestverbrauchsdatum, Öffnungsdatum usw.;
- spezifische Konditionierung der Fügeteile und der Klebwerkstoffe vor dem Gebrauch;
- Geräte, Systeme und/oder Werkzeuge, Hilfsstoffe;

- genauer Ablauf der Arbeitsschritte;
- Oberflächenvorbereitung der Fügeteile;
- Zeiteinteilung der Anwendung (Öffnungszeit, Trocknungszeit usw.);
- persönliche Schutzausrüstung;
- Durchführung von Vor- oder Zwischeninspektionen/-prüfungen während der Herstellung der Klebverbindung;
- Beschreibung von Maßnahmen im Fall von Prozessabweichungen (diese dürfen nur in Verbindung mit einer vKAP durchgeführt und müssen abgezeichnet werden);
- die Rückverfolgbarkeit der Prozessparameter und der Klebanwender muss mindestens für die Klassen A1 und A2 dokumentiert werden. Dies muss auf einem separaten Nachverfolgungsdatenblatt erfolgen.

Alle Verfahren in Verbindung mit Klebverbindungen müssen durch die vKAP oder Stellvertreter (KAP) genehmigt werden.

Die qualitätsrelevanten Schritte in der Produktion für die Klassen A1 und A2 müssen immer nach Tabelle 8 dokumentiert und für einen bestimmten Zeitraum aufbewahrt werden, der zu Beginn eines jeden Projekts festzulegen ist. Diese Produktionsunterlagen für die Klassen A1 und A2 müssen von der vKAP nach Tabelle 1 freigegeben werden. Für Klasse A3 muss der Anwendungsbereich des Dokuments plausibel durch den Anwenderbetrieb festgelegt werden.

Tabelle 8 — Fertigungs-/Prozessdokumentation für Klasse A1 und A2

Fertigungs-/Prozessdokumentation (für Klasse A1 und A2)	Wesentlich	Falls erforderlich
Angabe des Herstellers der geklebten Werkstoffe	x	
Angabe des Arbeitsplatzes	x	
Angabe der Messvorrichtung (Feuchte, Temperatur)		x
Angabe der Fügeteile oder, falls dies nicht möglich ist, Angabe der Montageposition	x	
Angabe der Klebverbindungsprodukte wie Klebstoff, Haftvermittler oder Reiniger (z. B. Name, Chargengröße, Ablaufdaten)	x	
Angabe der Arbeitsanweisungen	x	
Dokumentation der folgenden Prozessparameter: — Datum — Zeit — Temperatur der Fügeteile — Temperatur der Klebbehälter — Umgebungstemperatur — Feuchtebedingungen — Abluftzeit (Reinigungsmittel, Haftvermittler)	x x x x x x	x x x x

Fertigungs-/Prozessdokumentation (für Klasse A1 und A2)	Wesentlich	Falls erforderlich
— Verarbeitungszeit (Nassklebzeit, Verarbeitungszeitraum)	x	
— Fixierzeit		x
— Aushärtungszeit (Aushärtungs-/Härtungszeit)		x
— Prüfung der Abmessung der Fügeteile		x
— Ergebnis der Bewertung der Arbeitsproben	x	
— Datum/Uhrzeit der Inbetriebnahme des Schienenfahrzeugs		x
Angabe des Klebanwenders	x	
im Fall von Abweichungen Einbindung der vKAP oder des Stellvertreters (KAP)	x	

6.4 Fertigungsbegleitende Arbeitsproben zum Nachweis der Auftragsqualität

Während der Fertigung erstellte Arbeitsproben dienen als Nachweis, dass die Qualitäts- und Konsistenzanforderungen des Fertigungsprozesses eingehalten werden. Dies ist für Klebverbindungen der Klassen A1 und A2 geeignet.

Solche Arbeitsproben ermöglichen es dem Anwenderbetrieb, den Klebprozess zu überprüfen. Die Arbeitsproben müssen das Endprodukt (Fügeteile, Oberflächen, Klebstoff, Klebprozess und Klebverbindung) repräsentieren. Art, Größe, Frequenz und Probenbereich der Arbeitsproben sind von der vKAP in der Fertigungsplanungsphase festzulegen und in die Nachweisplandokumente oder andere Dokumente in Verbindung mit der Klebverbindung einzubinden.

Die Anzahl der Arbeitsproben hängt von dem Fertigungsvolumen und der Klassifizierung der Klebverbindungen ab. Die Frequenz der Arbeitsproben sollte zu Beginn einer neuen Fertigung, wenn der Prozess geändert wird oder nach längerer Unterbrechung des Prozesses erhöht werden.

Änderungen des Prozesses können Änderungen

- des Fertigungsorts,
- klebtechnischer Einrichtungen mit direkter Auswirkung auf den Klebprozess (außer Einweg-Verbrauchsmaterialien),
- der Oberflächeneigenschaften,
- der verwendeten Werkstoffe (z. B. Klebstoffe, Haftvermittler, Halterungen usw.),
- des Bauteillieferanten und
- des Klebarbeitsplatzes geschuldet sein.

Entspricht die geprüfte Arbeitsprobe nicht den Anforderungen, ist die vKAP zu informieren. Diese entscheidet über die einzuleitenden Maßnahmen in Bezug auf die Funktionsfähigkeit sämtlicher gleichartiger Klebverbindungen. Prüfverfahren und Abnahmekriterien sind durch die vKAP im Nachweisplan festzulegen.

Geeignete Prüfverfahren sind

- entsprechende Raupenschälprüfung [1] wie in Anhang H, H.3.5 beschrieben; (Kriterium: 95 % CF + SCF + SF/maximal 5 % AF, ungealterter Zustand),
- Zugscherprüfung nach EN 1465; (Mindestkriterium: charakteristischer Wert im ungealterten Zustand einschließlich ähnlichem Versagensmuster), siehe Anhang H,
- Schälprüfung nach EN 1464; (Mindestkriterium: charakteristischer Wert im ungealterten Zustand), siehe Anhang H,
- Shore-Härteprüfung nach ISO 84-4, und
- andere durch die vKAP validierte Prüfverfahren (einschließlich alternativer Prüfverfahren).

Die Prüfergebnisse der Arbeitsproben sind entsprechend den gesetzlichen Vorgaben bzw. den vertraglichen Vereinbarungen zu dokumentieren.

6.5 Nacharbeiten

Im Fall erkannter Mängel der Klebverbindung nach der Aushärtung sind Nacharbeiten erforderlich. Diese Nacharbeiten sind entsprechend den Anweisungen der vKAP auszuführen und in der gleichen Weise zu dokumentieren wie die normalen Fertigungsarbeiten.

6.6 Qualitätssicherung

6.6.1 Allgemeines

Die für die Qualitätssicherung erforderlichen Dokumente sind mindestens für die Klassen A1 und A2 mit Unterstützung der vKAP zu erstellen. Für die Klassen A3 und Z kann die Nutzung dieser Dokumente vereinbart werden. Das in diesem Punkt beschriebene Qualitätssicherungssystem gilt für neue Arbeiten und Nacharbeiten.

6.6.2 Qualitätsplanung

6.6.2.1 Allgemeines

Um die Konformität der Qualität der Bauteile, Prozesse und Arbeitsproben mit den Anforderungen in den Gestaltungs- und Fertigungsdokumenten sicherzustellen, ist eine Prüfung nach einem Prüfplan (siehe 6.6.2.2) durchzuführen. Es sollte mindestens ein Prüfverfahren angewendet werden, das es ermöglicht, Abweichungen von dem Fertigungsprozess oder den Werkstoffeigenschaften zu bestimmen.

Die nachfolgenden aufgelisteten Punkte des Prüfplans (siehe 6.6.2.2), der Prüfanweisungen (siehe 6.6.2.3) und des Prüfberichts (siehe 6.6.2.4) sind Mindestanforderungen.

Prüfverfahren werden in Anhang H beschrieben.

6.6.2.2 Prüfplan

Ein Prüfplan muss Folgendes beinhalten:

- Titel, Dokumentennummer, Revisionsstatus, Datum;
- Art der Prüfung;
- Gegenstand der Prüfung;
- Prüfhäufigkeit;
- Zeitpunkt der Prüfung innerhalb des allgemeinen Prozesses;
- verantwortliche Person;
- Freigabe des Prüfplans durch die vKAP.

Für alle in dem Prüfplan aufgelisteten Prüfungen sind Prüfanweisungen zu erstellen.

6.6.2.3 Prüfanweisungen

Prüfanweisungen müssen Folgendes beinhalten:

- Titel, Dokumentennummer, Revisionsstatus, Datum;
- Prüfeinrichtung;
- Verfahren und zu prüfende Parameter;
- aufzuzeichnende Daten (Prüfergebnisse);
- von den Arbeitsproben zu erfüllende Kriterien;
- im Fall von Konformitätsmängeln zu treffende Maßnahmen;
- erforderliche Qualifikationen des für die Prüfung und Bewertung verantwortlichen Personals;
- Freigabe der Prüfanweisungen durch die vKAP.

Die Prüfungen sind in Übereinstimmung mit den Prüfanweisungen auszuführen und die Ergebnisse auszuwerten und in Prüfberichten zu dokumentieren.

6.6.2.4 Prüfbericht

Ein Prüfbericht muss Folgendes beinhalten:

- Verweisung auf die Prüfanweisung;
- Datum der Prüfung;
- eindeutige Kennzeichnung der Probe;
- aufgezeichnete Daten (Prüfergebnisse, Chargennummer, Binder, Prozessparameter usw.);
- Auswertung der Ergebnisse;

- jegliche Abweichungen von den Prüfanweisungen;
- (elektronische) Unterschrift und Name des Prüfers;
- Auswertung der Ergebnisse durch die vKAP (notwendig im Fall von Abweichungen).

6.6.3 Qualitätsprüfung

6.6.3.1 Allgemeines

Qualitätsprüfungen umfassen die Prüfung von Bauteilen und Arbeitsproben sowie der Prozesssteuerung in Übereinstimmung mit dem Prüfplan. Alle angewendeten Prüfverfahren müssen genormte Verfahren sein. Diese sind für den betreffenden Fall zu validieren.

6.6.3.2 Prüfverfahren

Die folgenden Verfahren dürfen als Prüfverfahren angewendet werden (siehe Anhang H).

a) Zerstörungsfreie Verfahren:

- Sichtprüfung;
- Dichtheitsprüfung;
- Farbeindringprüfung;
- Verfahren unter Verwendung von Ultraschall, Strahlung, elektrischer Leitfähigkeit usw.

b) Zerstörende Verfahren:

- Zugversuch, Scherprüfung, Schälprüfung;
- Ermüdungsprüfung;
- zyklische Prüfungen.

c) Beschleunigte Alterungsprüfungen: siehe Anhang I.

6.6.3.3 Prüfung der Fertigungskonsistenz

Der Nachweis der Fertigungskonsistenz muss erbracht werden, indem regelmäßig geeignete Arbeitsproben nach 6.5. erstellt werden, d. h. es muss verifiziert werden, dass Klebverbindungen wie in den Gestaltungs- und Fertigungsdokumenten beschrieben in reproduzierbarer Weise hergestellt werden können.

Die Verifizierung der Fertigungskonsistenz umfasst die kontinuierliche Überprüfung der Prozessparameter und der Dokumentation.

6.6.4 Korrekturmaßnahmen

Basierend auf der Auswertung des Prüfberichts muss entschieden werden, ob ein Produkt freigegeben wird oder Korrekturmaßnahmen erforderlich sind. Korrekturmaßnahmen können sich auf ein Bauteil, einen Prozess oder die Spezifikationen in den Gestaltungs- und Fertigungsdokumenten beziehen.

6.6.5 Mängel in Klebverbindungen

6.6.5.1 Anwendungsbezogene Mängel

Alle während der Fertigung oder Instandsetzung produzierten Mängel müssen unter Berücksichtigung der Anwendung beurteilt werden. Anhang J enthält eine informative Liste solcher Mängel und ihrer Ursachen.

6.6.5.2 Optische Mängel

Optische Mängel, die keine Auswirkung auf die technische Funktion der Klebverbindung haben, können auftreten. Hierbei sollte in jedem Einzelfall entschieden werden, ob solche Mängel zulässig sind oder nicht. Beispiele für optische Mängel sind in Anhang I enthalten.

7 Instandhaltung und Instandsetzung

7.1 Allgemeines

Alle Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten an geklebten Teilen müssen so ausgeführt werden, dass die ursprüngliche Sicherheitsklasse erhalten bleibt. Der Konformitätsnachweis muss garantiert sein.

Vor Klebarbeiten an Schienenfahrzeugen und ihren Bauteilen

- muss der Arbeitsumfang definiert werden,
- muss die Klasse angegeben werden und
- dies muss dokumentiert werden.

Jede Abweichung von der Dokumentation des Herstellers (z. B. Zeichnung, Stückliste) muss begründet werden. Gegebenenfalls müssen Verifizierungen durch Analyse oder Prüfung in Übereinstimmung mit dieser Norm (insbesondere Abschnitt 5) vorgenommen werden.

Sofern keine vorherigen Informationen oder Dokumente verfügbar sind, müssen die Anforderungen an Instandhaltungsarbeiten so festgelegt werden, dass die erforderlichen Bedingungen für die Klassen A1 und A2 erfüllt werden. Betreiber, die keine Klebarbeiten während der Instandhaltung und Instandsetzung ausführen, können Subunternehmen mit solchen Arbeiten beauftragen.

Wenn Auftragnehmer Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten an in ihrem Werk produzierten Schienenfahrzeugen oder ihren Teilen durchführen, dürfen sie diese Arbeiten nur an anderen Standorten ausführen, wenn dies unter denselben Bedingungen möglich ist und dieselben Qualitätsanforderungen erfüllt werden können.

Klebverbindungen können als Instandsetzung/Verstärkung von Teilen eingeführt werden.

7.2 Dokumentation

Für Instandhaltungs-/Instandsetzungsarbeiten müssen mindestens die folgenden Informationen in einem von dem Unternehmen, das für die Gestaltung der Klebteile verantwortlich ist, verfassten Instandhaltungs-/Instandsetzungshandbuch enthalten sein. Die Dokumentation muss mindestens Folgendes enthalten:

- Katalog der Klebverbindungen (z. B. Zeichnung, Stückliste);
- Anweisungen einschließlich der Oberflächenvorbereitung (Reinigung), Vor- und Nachbehandlung der einer Instandhaltungsinspektion unterzogenen Teile;

- betriebliche Instandsetzungsverfahren (einschließlich der Liste der verwendeten Klebstoffe mit den jeweiligen technischen Datenblättern [TDS] und Materialsicherheitsdatenblättern [MSDS]);
- notwendige Geräte und Instrumente, und
- einen Plan aller Prüfungen von den vorläufigen bis zu den abschließenden Prüfungen.

Im Fall von Änderungen der Gestaltung der Verbindung muss der Instandhaltungs-/Instandsetzungsprozess dem in Bild 3 dargestellten allgemeinen Arbeitsablaufprinzip entsprechen.

7.3 Ausführungsregeln

Bei unbekannten Oberflächen ist ein bekannter Oberflächenzustand zu erreichen (z. B. durch Abschleifen unbekannter Beschichtungen). Ist dies nicht möglich, muss der Sicherheitsgrad durch Anwendung zusätzlicher Fügemethoden sichergestellt werden.

Im vermuteten Versagensfall muss der Zustand nicht zugänglicher Klebverbindungen durch geeignete Untersuchungen in den angrenzenden Bereichen bzw. des gesamten Bauteils eingeschätzt werden.

Jede Verformung der Wagenkastenstruktur muss während des Austauschs geklebter Bauteile vermieden werden.

7.4 Instandhaltungs- und Instandsetzungsanweisungen

Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten an Teilen der Klasse A1 bis A3 müssen auf der Grundlage erstellter schriftlicher Arbeitsanweisungen für die betreffende Klasse durchgeführt werden. Einzelheiten zu den ausgeführten Arbeiten müssen für diese Klassen dokumentiert werden.

Die Validierung der Anweisungen ist durch die vKAP zu prüfen.

7.5 Beauftragung Dritter

Für Subunternehmer ist die komplette Norm anzuwenden.

Anhang A (informativ)

Anforderungen an den Kompetenzbereich

A.1 Allgemeines

Personal, das Klebarbeiten ausführt, muss über die notwendigen Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen für die Planung, Gestaltung, Beaufsichtigung und Prüfung der Klebtechnik verfügen. Diese Anforderung gilt für Klebpraktiker ebenso wie für verantwortliche Klebaufsichtspersonen (vKAP). Die von dem Subunternehmer ausgeführten Arbeiten müssen die Anforderungen dieser Norm erfüllen. Der Subunternehmer bietet der vKAP die Möglichkeit, die Klebarbeiten zu beaufsichtigen.

Nur ausreichend qualifiziertes Personal darf als verantwortliche Klebaufsichtsperson (KAP) ernannt werden, die in der Lage ist, ihre jeweiligen Aufgaben und Verantwortlichkeiten ohne Einschränkungen in Übereinstimmung mit dieser Norm zu erfüllen. Zu diesem Zweck müssen diesen Personen die notwendigen Befugnisse als Vorgesetzte und die Entscheidungsvollmacht übertragen werden, um unabhängig von betrieblichen und zeitlichen Einschränkungen arbeiten zu können.

A.2 Klebpraktiker – Spezifikationen der Kompetenz-, Kenntnis- und Erfahrungsstufen

Tabelle A.1 legt Kompetenz-, Kenntnis- und Erfahrungsstufen für Klebpraktiker fest.

Tabelle A.1 — Kompetenz-, Kenntnis- und Erfahrungsstufen für Klebpraktiker

Stufe	Kompetenzbereich, Kenntnisse und Erfahrungen
1	Umfassende technische Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Klebtechnik durch Fähigkeiten nach dem aktuellen Stand der Technik. (siehe C.2.1: Erläuterung der umfassenden, spezifischen und grundlegenden Kompetenzen) und erweiterte Fähigkeiten (mindestens ein Jahr geeignete Erfahrung in Klebtechnik).
2	Spezifische technische Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Klebtechnik durch Fähigkeiten nach dem aktuellen Stand der Technik. (siehe C.2.2: Erläuterung der umfassenden, spezifischen und grundlegenden Kompetenzen) und erweiterte Fähigkeiten (mindestens ein Jahr geeignete Erfahrung in Klebtechnik).
3	Grundlegende technische Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Klebtechnik durch Fähigkeiten nach dem aktuellen Stand der Technik. (siehe C.2.3: Erläuterung der umfassenden, spezifischen und grundlegenden Kompetenzen). Die Schulung und Qualifikation dieser Stufe kann durch die vKAP genehmigt werden. In diesem Fall muss die vKAP den Qualifizierungsbereich festlegen.

Anhang B (informativ)

Anforderung und Aufgaben der Klebpraktiker

B.1 Personalbesetzung

B.1.1 Allgemeines

Personal in Verbindung mit Klebarbeiten muss über die notwendigen Kompetenzen, Kenntnisse in der Anwendung, praktische Kenntnisse und Erfahrungen in der Anwendung für die Planung, Gestaltung, Beaufsichtigung und Prüfung der Klebtechnik verfügen.

B.1.2 Kompetenzen von Klebanwendern

Der Auftragnehmer muss nachweislich qualifiziertes und geschultes Personal einsetzen, das in der Lage ist, die Klebarbeiten entsprechend den Arbeitsanweisungen selbstständig und korrekt auszuführen.

Alle mit Klebarbeiten befassten Personen einschließlich Personen, die Klebautomaten bedienen oder automatische Fertigungsphasen überwachen, müssen über nachweisliche Kompetenzen der Stufe 3 verfügen (siehe Anhang C/Tabelle C.1), wenn Klebverbindungen der Klassen A1 und A2 betroffen sind.

Eine handwerkliche Fachausbildung in Kleb- oder Dichttechnik (z. B. Schreiner, Bodenleger, Polsterer) kann von der KAP akzeptiert und als Nachweis der ausreichenden Fachkenntnis dokumentiert werden (siehe Anhang C/Tabelle C.1), sofern Klebarbeiten in diesen Bereichen ausgeführt werden. Die Teilnahme an Produktschulungen gilt nicht als ausreichender Nachweis.

Die vKAP ist für die Genehmigung der Qualifikationen der Klebpraktiker für Klebverbindungen der Klasse A3 zuständig, sofern die Aufsichtsperson nachweisen kann, dass sie mindestens über Kompetenz der Stufe 2 verfügt (wie in Tabelle 1, Anhang A/Tabelle A.1 und Anhang C/Tabelle C.1). Die vKAP muss die Qualifizierung der Klebpraktiker begründen.

Klebpraktiker müssen an überprüfbaren regelmäßigen Schulungen in Intervallen von nicht mehr als zwei Jahren teilnehmen. Die vKAP ist für die Festlegung und den Inhalt solcher Schulungen verantwortlich.

Die Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen von Klebpraktikern sind in Anhang C/Tabelle C.1 dargestellt.

Die technischen Mindestkompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Klebtechnik für jede Stufe und jedes Thema sind in Tabelle C.1 angegeben und werden im Einzelnen in Anhang C beschrieben.

B.1.3 (Verantwortliche) Klebaufsichtsperson (vKAP/KAP)

B.1.3.1 Allgemeines

Der Auftragnehmer muss über ausreichend nach B.3 dieses Anhangs qualifiziertes Personal für die Beaufsichtigung der Klebarbeiten verfügen, das in der Lage ist, die Klebpraktiker bei ihrer Arbeit angemessen anzuweisen und die Ausführung zu überwachen und zu überprüfen. Die Aufgaben der KAP sind in Tabelle B.1 dieses Anhangs (siehe unten) festgelegt.

Jeder Auftragnehmer muss mindestens eine verantwortliche Klebaufsichtsperson (vKAP) benennen und bevollmächtigen, die alle erforderlichen Aufgaben in Verbindung mit den Klebarbeiten in den verschiedenen Fertigungsbereichen koordiniert. Es ist mindestens ein Stellvertreter (KAP) zu benennen. Die Mindestkompetenzen der vKAP und KAP sind in Tabelle B.1 zu diesem Anhang festgelegt.

Wenn mehrere Personen mit der Aufsicht beauftragt werden, müssen die Aufgaben, die Verantwortungsbereiche und die Schnittstellen für jede Person separat festgelegt werden.

Personal der Stufe 1 (nach Anhang A/Tabelle A.1) muss über umfassende Kenntnisse für die Planung, Ausführung, Beaufsichtigung und Prüfung aller Aufgaben verfügen, um die in Anhang B/Tabelle B.2 und Tabelle A.1 beschriebenen Aufgaben wahrnehmen zu können.

Personal der Stufe 2 (nach Anhang A/Tabelle A.1) muss über spezifische Kenntnisse für die Planung, Ausführung, Beaufsichtigung und Prüfung innerhalb eines ausgewählten oder eingeschränkten Bereichs verfügen, um die in Tabelle B.1 und Anhang C beschriebenen Aufgaben wahrnehmen zu können.

Die KAP muss die Aufrechterhaltung ihrer Kompetenz durch die Teilnahme an externen Weiterbildungsmaßnahmen in Abständen von nicht mehr als zwei Jahren nachweisen (beispielsweise durch Vorlage einer Teilnahmebescheinigung).

B.1.3.2 Aufgaben der (verantwortlichen) Klebaufsichtspersonen (vKAP/KAP)

Die Klebtechnik erfordert eine umfassende Berücksichtigung der klebetechnischen Anforderungen. Dies ist in allen für den Auftragnehmer relevanten Bereichen wie

- Entwicklung, Gestaltung und Konstruktion,
- Prozessplanung,
- Fertigung,
- Instandsetzung,
- Einkauf,
- Vertrieb,
- Montage und
- Beauftragung Dritter sicherzustellen.

Tabelle B.1 beschreibt die Hauptaufgaben der KAP im Detail.