

Klebtechnische Qualitätssicherung

DIN-Normen inzwischen international

BRANCHENÜBERGREIFEND – Kleben ist einer von nahezu zahllosen „speziellen Prozessen“, bei denen gemäß des Produktsicherheitsgesetzes (PSG) nach dem „Stand der Technik“ gearbeitet werden muss. Um diesen gesetzlichen Anspruch zu realisieren, erfordern „spezielle Prozesse“ zur prophylaktischen Fehlervermeidung die Umsetzung eines Qualitätsmanagementsystems (QMS / z.B. nach ISO 9001). Dieses bestehende QMS wird an Hand der Qualitätssicherungsnormen klebspezifisch konkretisiert. Daher besteht für den „speziellen Prozess“ Kleben und für geklebte Produkte der gesetzlich geforderte „Stand der Technik“ aus der untrennbaren Verknüpfung von PSG, QMS und QS-Normen. Die inzwischen weltweite Anwendung der nationalen DIN-Normen (DIN 6701 und DIN 2304) hat zur Internationalisierung der bereits bestehenden DIN-Normen geführt.

Die normenbasierte Qualitätssicherung in der Klebtechnik entwickelt sich ständig weiter. Der Ausgangspunkt war die Veröffentlichung der DIN 6701 – „Kleben von Schienenfahrzeugen und –fahrzeugteilen“ im Jahr 2006, der weltweit ersten Normenreihe, die die Organisation und Umsetzung klebtechnischer Prozesse normativ für diesen Anwendungsbereich regelt. Vorbild hierfür waren für den ebenfalls „speziellen Prozess“ Schweißen im Schienenfahrzeugbau die erfolgreichen Normenreihen DIN 6700 und EN 15085. Deren Grundstruktur mit den Kernelementen „Klassifizierung nach Sicherheitsanforderungen“, „Einsatz qualifizierten Personals“ und „Nachweisführung der Sicherheit des jeweiligen Verbundes“ wurde übernommen und an die Klebtechnik angepasst.



Von Prof. Dr. Andreas Groß¹,
Bereichsleitung Weiterbildung und
Technologietransfer

Fraunhofer IFAM | Bremen¹
www.kleben-in-bremen.de



Von Dr. Erik Meiß¹,
Kursleitung Weiterbildung und Technologie-
transfer



Von Frank Stein²,
Leiter Zertifizierungsstelle

Tbb Cert²
www.tbbcert.de



Bild 1: Qualitätssichernde Schweiß- und Klebnormen – Transfer einer Erfolgsgeschichte

(Bild Fraunhofer IFAM | Bremen)

Im Jahr 2016 folgte die DIN 2304-1 – „Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse/Teil 1: Prozesskette Kleben“ mit der gleichen Grundstruktur der genannten Kernelemente. Nach dem Vorbild der Normenreihe DIN 6701 regelt die DIN 2304-1 die klebtechnische Prozessorganisation und -umsetzung für alle weiteren Bereiche klebtechnischer Anwendungen außerhalb des Schienenfahrzeugbaus.

Somit bilden die DIN 6701 und die DIN 2304 ein alle Anwendungsbereiche normativ verankertes, umfassendes Qualitätssicherungskonzept für klebtechnische Anwendungsprozesse (Bild 1). [1]

„Stand der Technik“ für das Kleben

Werkstoff-, anwendungs- und technologieübergreifend, d.h. grundsätzlich gilt rechtsverbindlich: Um einen Werkstoff, ein daraus hergestelltes Produkt oder ein Verfahren sicher anwenden zu können, muss nach dem „Stand der Technik“ gearbeitet werden, insbesondere bei sicherheitsrelevanten Produkten. [2] Die Rechtsverbindlichkeit basiert auf dem Produktsicherheitsgesetz [3] (PSG), demzufolge ein Produkt – folglich

auch ein geklebtes Produkt – nur dann auf den Markt gebracht werden darf, „wenn es bei bestimmungsgemäßem oder vorhersehbarem Gebrauch die Sicherheit und Gesundheit von Personen nicht gefährdet“.

Ist diese (Sicherheits-)Nachweisführung für Prozesse und Produkte mit rein zerstörungsfreien Methoden und gleichzeitig 100%iger Sicherheit nicht möglich, handelt es sich der international anerkannten und weltweit umgesetzten ISO 9001 zufolge bei den zugrundeliegenden Herstellungsverfahren um „spezielle Prozesse“. [4,5]

Für „spezielle Prozesse“ fordert die ISO 9001 die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems (QMS) zur umfassenden Prophylaxe zerstörungsfrei nicht hundertprozentig nachzuweisender Prozess- und Produktfehler. Gemäß ISO 9001 ist dessen Kernaussage und Ziel schlicht und ergreifend: Wenn es in einem Prozess oder Produkt Fehler geben kann, die mit zerstörungsfreien Mitteln nicht mit 100%iger Sicherheit erkannt und nachgewiesen werden können, dann müssen diese Fehler eben von vornherein vermieden werden. [6]

Auf diese Weise verknüpft das Produktsicherheitsgesetz für „spezielle Prozesse“ und mit diesen Prozessen hergestellte Produkte seine rechtsverbindliche Forderung einer (zerstörungsfreien) Sicherheitsnachweisführung mit der ISO 9001-Kernaussage einer – möglichst ausnahmslosen – Fehlervermeidung. Und das umfassend, d.h. vom Beginn einer Produktentwicklungsphase an bis zum Ende der Produktnutzung.

In diesem Kontext übernehmen nun die klebtechnischen QS-Normen die Hauptfunktion, auf Basis eines bestehenden QMS den ISO 9001-Kerngedanken der Fehlerprophylaxe für Klebprozesse und -produkte klebspezifisch so zu konkretisieren [7], sodass dadurch den Anwenderbetrieben zum (noch) sicheren Kleben verholffen wird. [8]

Die dazu notwendige Basis ist gegeben: Heutige Kleb- und Dichtstoffe sind Hightech-Produkte. Ihre Herstellung kann im normentechnischen Kontext als „beherrschter Prozess“ [9] bezeichnet werden. Unter der Prämisse eines fachgerechten Einsatzes ermöglichen sie i.d.R. eine Null-Fehler-Produktion.

Treten Klebfehler auf, sind diese zu > 90% auf Klebstoffanwendungsfehler zurückzuführen, nicht auf Klebstoffherstellungsfehler. [10] Aus diesem Grund verfolgen die hier genannten QS-Normen das Ziel, klebtechnische Anwendungsprozesse so zu gestalten, dass der gesamte Klebprozess, d.h. die Klebstoffherstellung und gleichzeitig

Bild 2: Stand der Technik: Produktsicherheitsgesetz + QMS (ISO 9001) + QS-Klebnormen
(Bild Fraunhofer IFAM I Bremen)



die Klebstoffanwendung, „beherrscht“ wird. [11] Sie legen sowohl die Anforderungen an eine qualitätsgerechte Entwicklung und Ausführung von Klebverbindungen als auch die allgemeinen organisatorischen, vertraglichen und fertigungstechnischen Grundlagen für die Entwicklung und Herstellung klebtechnischer Verbindungen fest. [12] Daher unterstützen die klebtechnischen Qualitätsnormen von der Produktlebensphase „Planung und Entwicklung“ über die Produktlebensphase „Nutzung“ bis zur Produktlebensphase „End of Life“ den geforderten „Stand der Technik“ für die fachgerechte, fehler(quellen)vermeidende Organisation und Umsetzung klebtechnischer Prozesse in allen Bereichen von Industrie und Handwerk.

Für die Klebtechnik besteht folglich der gesetzlich geforderte und damit juristisch verbindliche „Stand der Technik“ in der untrennbaren Verknüpfung von rechtsverbindlichem EU-Produktsicherheitsgesetz, QMS (z.B. gemäß ISO 9001) und den QS-Klebnormen (Bild 2). [13] Durch Umsetzung der klebtechnischen QS-Normen gestaltet der Anwender den gesamten Klebprozess und alle Produktlebenszyklusphasen geklebter Produkte robust und reproduzierbar, also im normentechnischen Sinn „beherrscht“.

Betriebszertifizierungen nach DIN 6701 und DIN 2304

Klebtechnische Anwenderbetriebe können sich nach den genannten DIN-Normen zertifizieren lassen. Dafür wurden Zertifizierungsstellen eingerichtet und zugelassen. Diese sind von der Deutschen Akkreditierungsstelle – DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17065 [14] akkreditiert und für die Betriebszertifizierungen nach DIN 6701 und DIN 2304 offiziell zugelassen. [15]

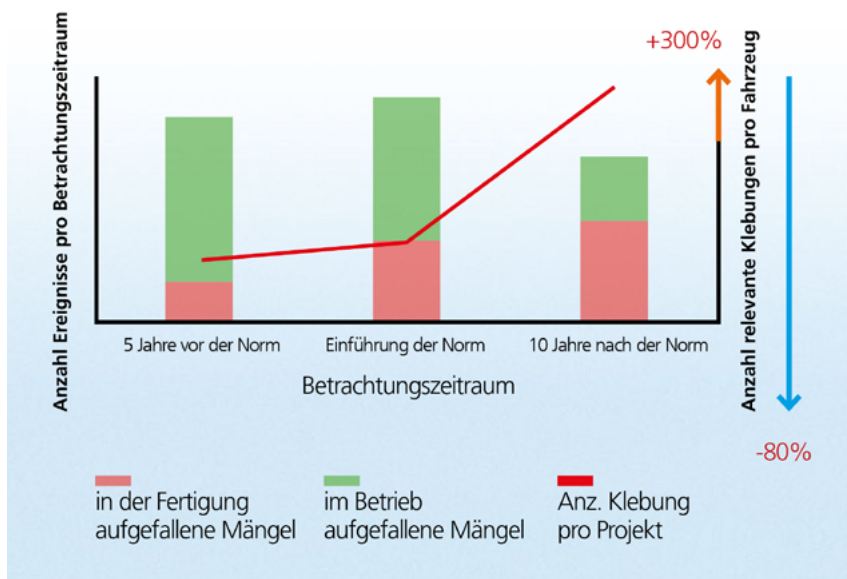


Bild 3: Langzeitstudie DIN 6701 (Bild Fraunhofer IFAM | Bremen)

In diesem Kontext wurden die Arbeitskreise „Kleben DIN 6701“ und „Kleben DIN 2304“ installiert. [16] Gemäß den jeweiligen Geschäftsordnungen bestehen deren Aufgaben u.a. darin, Zertifizierungsstellen und deren Auditorinnen und Auditoren zuzulassen, die Zertifizierungsstellen und Auditorinnen und Auditoren zu kontrollieren und die jeweiligen Zertifizierungstätigkeiten in der Weise zu harmonisieren, dass die Gleichwertigkeit der jeweils drei Jahre gültigen Betriebszertifikate verlässlich gegeben ist. Im Weiteren fassen die Arbeitskreise Beschlüsse, wie in spezifischen Fällen, bei denen die Normen auslegungsfähige Vorgaben machen, diese konkret zu interpretieren und umzusetzen sind. Diese für die Zertifizierungsstellen verbindlichen Beschlüsse werden in „A-Z-Sammlungen“ dokumentiert und veröffentlicht. Diese A-Z-Sammlungen sind zugleich eine Grundlage für anstehende Normrevisionen.

Wirkung der QS-Normen – Beispiel Schienenfahrzeugbau

Bild 3 verdeutlicht den Erfolg der Einführung und Umsetzung der QS-Normen am Beispiel der DIN 6701 im Schienenfahrzeugbau. [17] Im Rahmen einer Langzeituntersuchung über 15 Jahre wurde die Entwicklung der klebtechnischen Umsetzung untersucht. [18] Wie **Bild 3** zeigt, war die Zahl signifikanter, in diesem Sinn lastübertra-

gender Klebungen vor der Einführung der Norm (linker Balken) eher gering. Hinzu kam, dass Klebfehler zum überwiegenden Teil erst in der Produktlebenszyklusphase „Nutzung“, also beim und durch den Kunden bemerkt wurden. An dieser Situation änderte sich in den fünf Folgejahren (mittlerer Balken) nichts Grundsätzliches. Eine Änderung trat erst mit Einführung und Umsetzung der Norm ein. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Einführung der QS-Norm den entscheidenden Änderungsparameter darstellte. Zehn Jahre nach Einführung der Norm (rechter Balken) hat sich die Zahl lastübertragender, konstruktionsrelevanter Klebungen um 300% im Vergleich zur Ausgangssituation erhöht. Gleichzeitig sank – trotz signifikant gestiegener Anzahl lastübertragender Klebungen im Vergleich zu der Zeit vor der Normeinführung (linker Balken) – das Auftreten von Klebfehlern um 80%. Zusätzlich kehrte sich die Erkennung der Klebfehler komplett um: Die wenigen auftretenden Klebfehler werden jetzt zum größten Teil bereits durch den Hersteller identifiziert und korrigiert.

Verbreitung DIN 6701 und DIN 2304

Nachdem im Jahr 2007 der erste Betrieb offiziell nach DIN 6701 zertifiziert wurde, kann heutzutage festgehalten werden, dass, obwohl es sich um ein nationales DIN-Normenwerk handelt, dieses international angewendet wird. Weltweit wurden bisher (Stand 31.07.2023) über 1.150 Anwenderbetriebe nach DIN 6701 und DIN 2304 zertifiziert. Die Anzahl der aktiven Zertifikate beträgt derzeit knapp 1.100. [19, 20]

Interessant in diesem Zusammenhang zu erwähnen ist, dass die inzwischen weltweit zertifizierten Betriebe zu über 60% außerhalb Deutschlands lokalisiert und über alle fünf Kontinente vertreten sind (**Bild 4 und 5**).

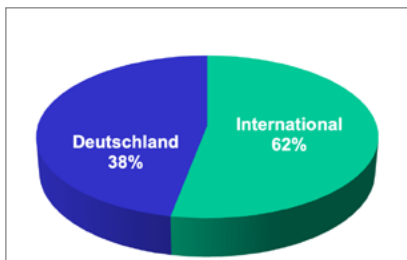


Bild 4: Umsetzung DIN 2304/DIN 6701: Verteilung der zertifizierten Betriebe weltweit (Bild Fraunhofer IFAM I Bremen)



Bild 5: Klebtechnische QS-Normen: „It's around the world“ (Bild Fraunhofer IFAM I Bremen)

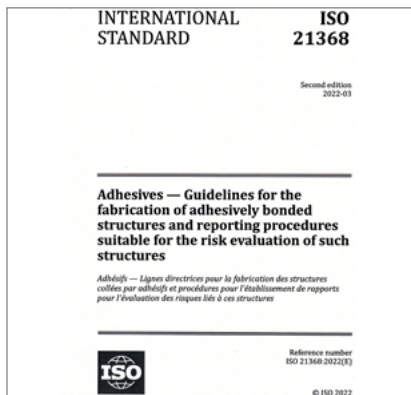


Bild 6: ISO 21368

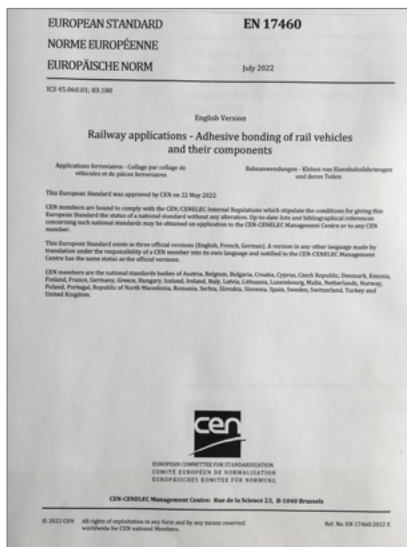


Bild 7: EN 17460

Überführung der DIN-Normen: EN 17460 und EN ISO 21368

Vor dem Hintergrund der internationalen Wirkung und Anwendung des nationalen Normenwerks, begannen im Jahr 2014 die Arbeiten zur Überführung der DIN 6701 (Schienenfahrzeugbau) in die „neue“ EN 17460 und im Jahr 2017 die Arbeiten zur Überführung der DIN 2304-1 (Allgemeine Industrie) in die zu revidierende ISO 21368. Beides konnte 2022 erfolgreich abgeschlossen werden: In 03/2022 wurde die revidierte ISO 21368 (**Bild 6** / EN ISO 21368: 03/2023 / DIN EN ISO 21368 vorauss. 10/2023) veröffentlicht, in 07/2022 die EN 17460 (**Bild 7** / DIN EN 17460: 10/2022). Dabei konnte erreicht werden, dass alle Normen auf DIN-, CEN- und ISO-Ebene inhaltlich und strukturell kompatibel zueinander nun vorliegen.

Bei beiden Normen (EN 17460 und EN ISO 21368) gilt eine dreijährige Übergangsfrist der Koexistenz von jeweiliger DIN- und EN- bzw. EN ISO-Norm. Die Koexistenzphase ist erforderlich, um bereits nach den DIN-Normen zertifizierten Anwenderbetrieben die Gelegenheit zu geben, ihre Zertifizierung auf die EN 17460 bzw. EN ISO 21368 umzustellen. Die genannte Normenkompatibilität vereinfacht diese Umstellung in idealer Weise.

In Analogie zu den Arbeitskreisen „Kleben DIN 6701“ und „Kleben DIN 2304“ wurde für die Umsetzung der EN 17460 auf europäischer Ebene in 06/2022 das „European Com-

mittee for Adhesive Bonding of Railway Vehicles – ECARV“ (**Bild 8**) mit gleicher Aufgabenstellung wie die nationalen Arbeitskreise (siehe Kapitel 3) gegründet. Die Vorbereitungen zur Gründung des analogen Arbeitskreises für die EN ISO 21368 haben begonnen. [21]



Bild 8: European Committee für Adhesive Bonding of Railway Vehicles – ECARV (Bild ECARV)

Nach Ende der genannten Koexistenzphasen werden die nationalen DIN-Normen zurückgezogen. Es gelten dann national wie international die (DIN) EN 17460 (Railway Vehicles) bzw. (DIN) EN ISO 21368 (General Industry) als allgemein anerkanntes Regelwerk für das Kleben und vervollständigen den eingangs beschriebenen „Stand der Technik“ für alle Bereiche klebtechnischer Anwendungen. [22]

Weiterentwicklung des Normensystems

DIN 2304-2 „Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse – Teil 2: Kleben im Schiffbau“

Die Entwicklung des klebtechnischen Qualitätsnormensystems geht unaufhörlich weiter. Bei der DIN 2304-2 handelt es sich, unabhängig von der Tatsache, dass die DIN 2304-1 nach Ende der genannten Koexistenzphase zurückgezogen wird, um eine für den Schiffbau eigenständige Norm. [23] Sie steht von Anfang an in direkter Verbindung zur DIN EN ISO 21368. Der strukturelle Aufbau der DIN EN ISO 21368 und der DIN 2304-2 sind also 1:1 identisch. Die DIN 2304-2 verweist in den Bereichen, zu denen es keine Schiffbauspezifika gibt, auf die entsprechenden gleichnummerierten Kapitel der DIN EN ISO 21368. Dadurch werden in der DIN 2304-2 textlich lediglich die klebtechnischen Spezifika für den Schiffbau aufgenommen, die aufgrund besonderer Anforderungen dieses Industriebereichs über die DIN EN ISO 21368 hinausgehen oder besonderer Erwähnung bedürfen. Normennutzer benötigen also beide Normen, um die klebtechnischen Qualitätsanforderungen umfänglich erfüllen zu können.

Die DIN 2304-2 ist damit im ersten Schritt eine nationale Norm. Sie wird jedoch in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht. Letzteres ist zwingend erforderlich, da die Stakeholder im Schiffbau global tätig und vernetzt sind. Nach der Veröffentlichung der DIN 2304-2 in 2024 werden – analog zu DIN 6701 und DIN 2304-1 – die nächsten Schritte sein, auch diese Norm zu internationalisieren, sei es auf europäischer (CEN) oder internationaler Ebene (ISO). Die in Kapitel 5 beschriebene internati-

onale Umsetzung der nationalen DIN-QS-Klebnormen (DIN 6701 / DIN 2304-1) lässt für die DIN 2304-2 im Schiffbau eine ähnliche Entwicklung berechtigterweise erwarten.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Weiterentwicklung der klebtechnischen Anwendung befindet sich aus folgenden drei Gründen auf einem guten Weg:

- Bei den Klebstoffen, Klebebändern und Dichtstoffen der Klebstoffindustrie handelt es sich um innovative Hightech-Produkte, deren Herstellungen als „beherrschte Prozesse“ bewertet werden müssen und deren fachgerechter Einsatz zu einer Null-Fehler-Produktion führen sollte.
- Durch die untrennbare Verknüpfung des Produktsicherheitsgesetzes (PSG) mit dem im Anwenderbetrieb existierenden Qualitätsmanagementsystem (QMS) und der Umsetzung der QS-Normen zur klebtechnischen Spezifizierung des vorhandenen QMS werden analog zur Klebstoffherstellung auch die Klebstoffanwendungen zu „beherrschten Prozessen“.
- Das produkt- und firmenneutrale sowie personenzertifizierende Personalqualifizierungssystem des DVS® [24] und EWF [25] unterstützt die Überführung klebtechnischer Anwendungen in „beherrschte Prozesse“, da die Komplexität und Interdisziplinarität der Klebtechnik den Einsatz nachweisbar qualifizierten Personals technologisch erfordert und daher normativ weltweit festgeschrieben ist. [26]

Somit wird das Ziel, in die Klebstoffanwendung noch mehr Vertrauen zu schaffen, erreicht. Vertrauen ist auch im Kleben letztlich die Basis, um Innovationen zu realisieren. Diese Innovationen wiederum sind für die Zukunft zweifelsfrei notwendig. Die Normen unterstützen die Klebtechnik also auf dem Weg zur „Verbindungstechnik Nr. 1 des 21. Jahrhunderts“!

Literatur

- [1] B. Mayer, A. Groß (Hrsg.) In Kreislaufwirtschaft und Klebtechnik – eine Studie des Fraunhofer IFAM, Fraunhofer Verlag: Stuttgart, 2020, S. 58–67, Kleben – aber sicher: die Entwicklung und Umsetzung von Qualitätsnormen zur Gewährleistung sicheren Klebens.
- [2] A. Groß In Dichtungstechnik Jahrbuch 2023; K-F. Berger, S. Kiefer (Hrsg.); ISGATEC GmbH: Mannheim, 2023; Kontrollierte Langlebigkeit – eine Vision für die Klebtechnik im 21. Jahrhundert.
- [3] Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) - Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt, letzte Neufassung vom 08.11.2011 (BGBl., S. 2178, ber. 2012, S. 131)
- [4] A. Gross, In Proceedings 2nd Symposium on Adhesion and Bonding Research, Tokyo, Japan,

- December 6, 2018, Reed Exhibition Japan Ltd (Hrsg.); Tokyo, 2018, Contemporary quality requirements for adhesive bonding processes.
- [5] DIN EN ISO 9001:2000, Beuth-Verlag: Berlin, 2000, Kapitel 7.5.2, Validierung der Prozesse zur Produktion und Dienstleistungserbringung.
- [6] A. Groß In Almanach der manuellen Klebstoffapplikation 2022, Innotech Marketing und Konfektion Rot GmbH (Hrsg.), Rettigheim, S. 133 – 135, DIN 2304 & Co. – eigentlich nichts Neues!
- [7] A. Groß, E. Meiß In Dichtungstechnik Jahrbuch 2019; K-F. Berger, S. Kiefer (Hrsg.); ISGATEC GmbH: Mannheim, 2018; S. 367 – 374, Wissen und verstehen, was man tut – Das Potenzial der Klebtechnik und die Notwendigkeit der Qualitätssicherung.
- [8] A. Gross, H. Lohse, adhesion ADHESIVES & SEALANTS 2015, 4, 12 – 17, Topic of the month: New DIN 2304 standard and its use in practice.
- [9] Ein Prozess ist beherrscht, wenn seine wesentlichen Prozessmerkmale die Qualitätsanforderungen erfüllen oder nur in festgelegten Grenzen davon abweichen.
- [10] B. Mayer, A. Groß IN Adhesive Bonding Technology in the 21st Century – Synergy of technological and Ecological Potentials, 2022, FEICA (Brussels)/Fraunhofer IFAM (Bremen) (Hrsg.), S. 36, Adhesive bonding technology quality standards.
- [11] A. Groß, H. Lohse, Adhäsion kleben + dichten 2015, 6, 14 – 20, Die neue DIN 2304 und ihr Nutzen für die Praxis.
- [12] A. Groß In 4. Klebtechnisches Kolloquium: Aktuelle Entwicklungen in der Klebtechnik, Ulm, 30. Oktober, 2014; Eigendruck: Hochschule Ulm, 2014, ISO 9001 und Klebtechnik – eine unlösbare Verbindung.
- [13] A. Groß, In 20. Bremer Klebtage, 22.-23.Juni, 2022; Eigendruck: Fraunhofer IFAM, Klebtechnische Personalqualifizierung im Fraunhofer IFAM – was gibt's Neues?
- [14] DIN EN ISO/IEC 17065:2013-021, Konformitätsbewertung – Anforderungen an Stellen, die Produkte, Prozesse und Dienstleistungen zertifizieren, Beuth-Verlag: Berlin, 2013
- [15] Zugelassene Zertifizierungsstellen. (31.07.2023): TBBCert, Bremen (www.tbbcert.de), TC-Kleben GmbH, Übach-Palenberg (www.tc-kleben.de/zertifizierung/), ofi, Wien (www.ofi.at/branchen/technische-kunststoffbauteile/din-6701-technische-kunststoffbauteile.html), SVV Praha, Prag, (www.bonding.svv.cz/en/services/din-6701-certification/), IIS, Genua (www.iis.it/en/services-adhesive-bonding-process)
- [16] Für die EN 17460 ist ein entsprechender Arbeitskreis (European Committee for Adhesive Bonding of Railway Vehicles – ECARV) mit den gleichen Aufgaben und Zielen in 06/2022 gegründet worden. Das Gleiche ist für die EN ISO 21368 in 2023 vorgesehen).
- [17] P. Hellwig, Long-term Study 2000 – 2015, Siemens Mobility Krefeld, Germany, 2017 / Graphics: Fraunhofer IFAM, Bremen / Germany
- [18] P. Hellwig, Long-term Study 2000 – 2015, Siemens Mobility Krefeld, Germany, 2017
- [19] www.din6701.de
- [20] www.din2304.de

- [21] A. Groß, E. Meiß, F. Stein, Adhäsion kleben + dichten 2023, 9, 19 – 25, DIN-Normen werden international
- [22] A. Gross, F. Stein, Maschinenbau – Das Schweizer Industriemagazin, 9, 2023, 18 – 21, DIN-Normen werden international.
- [23] P. Wang, Adhäsion kleben + dichten 2023, 11, 12 – 17, Normentwurf DIN 2304-2 zum Kleben im Schiffbau
- [24] Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. – DVS, Düsseldorf (Deutschland)
- [25] European Federation für Welding Joining and Cutting – EWF, Porto Salvo, Portugal
- [26] A. Groß, E. Meiß In Dichtungstechnik Jahrbuch 2019; K-F. Berger, S. Kiefer (Hrsg.); ISGATEC GmbH: Mannheim, 2018; S. 367 – 374, Wissen und verstehen, was man tut – Das Potenzial der Klebtechnik und die Notwendigkeit der Qualitätssicherung.