

extra

adhäsion

KLEBEN &
DICHTEN

DAS FACHMAGAZIN FÜR INDUSTRIELLE KLEB- UND DICHTTECHNIK

Die neue DIN 2304 und
ihr Nutzen für die
klebtechnische Praxis

Qualität prozessintegriert
sichern

Die DIN 2304 setzt
die logischen
Anforderungen um

Qualitätssicherung in der Klebtechnik



THEMA DES MONATS

- 4 Qualitätssicherung in der Klebtechnik**
Die neue DIN 2304 und ihr Nutzen für die Praxis
- 21 Unterstützung der Industrie bei der Umsetzung neuer Normen**
DIN 2304 – Umsetzung im Prozess

INTERVIEW

- 15 Technische Qualitätssicherung in der Klebtechnik**
„Die DIN 2304 setzt die logischen Anforderungen um“

ANWENDUNGEN

- 11 Bedeutung der neuen DIN 2304 für die klebtechnische Praxis**
Qualität prozessintegriert sichern
- 18 Workshop zur Umsetzung der DIN 2304**
Volles Haus

STÄNDIGE RUBRIKEN

- 2 Impressum**
- 3 Editorial**

Impressum

Adhäsion KLEBEN & DICHTEN

Sonderausgabe 2016 in Kooperation mit
Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung (IFAM) –
Klebtechnik und Oberflächen –
Wiener Str. 12, 28359 Bremen, Germany

Verlag

Springer Vieweg | Springer Fachmedien Wiesbaden
Postfach 1546, 65173 Wiesbaden

Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754,
UST-IdNr. DE81148419

Geschäftsführer:

Joachim Krieger, Dr. Niels Peter Thomas

Verkaufsleitung (verantwortlich für den Anzeigenteil):
Volker Hesedenz

Gesamtleitung Magazine: Stefanie Burgmaier

Chefredakteurin: Marlene Doobe

Projektmanagement: Melanie Malsch-Kranz

Druck: PRINT PRODUKTION-SERVICE,
W. Hiese GmbH, Tilsiter Weg 9, 61273 Wehrheim

Cover Grafik: © Fraunhofer IFAM

U4 Grafik: © Fraunhofer IFAM



Qualitätskosten senken und Wettbewerbsfähigkeit steigern

Die industrielle Klebtechnik gewinnt kontinuierlich an Bedeutung und wird zu Recht als die Fügetechnologie des 21. Jahrhunderts bezeichnet. Der Siegeszug der Klebtechnik ist u.a. auf die im Vergleich zu traditionellen Verfahren überlegenen fügetechnischen und funktionellen Möglichkeiten zurückzuführen.

An der Zuverlässigkeit der Klebtechnik zweifelt heute niemand mehr. Zwingende Voraussetzung für die je nach Anwendung geforderte Langzeitbeständigkeit von Klebverbindungen ist allerdings ein möglichst fehlerfreier Herstellungsprozess. Insbesondere in sicherheitsrelevanten Branchen – wie zum Beispiel in der Transport- oder in der Elektronik-

industrie – gilt es, Fehler in der Konstruktionsphase und in der Produktion unbedingt zu vermeiden.

Dies gelingt aber nur durch einen ganzheitlichen Qualitätssicherungsansatz entlang der gesamten klebtechnischen Prozesskette.

Mit der neuen DIN 2304 haben klebtechnische Experten aus Industrie und Wissenschaft einen Standard formuliert, der die organisatorische Qualitätssicherung regelt. Die Einführung dieser Norm versetzt den Anwender der Klebtechnik in die Lage, seinen gesamten Fügeprozess von der Idee über die Entwicklung bis hin zum fertigen Produkt robust und reproduzierbar zu gestalten.

Erfolgreich im Betrieb umgesetzt, erübrigen sich Ausschuss, Nach- oder Mehrarbeit, sodass die betrieblichen Qualitätskosten sinken und die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens steigt.

Lesen Sie in dieser Broschüre, welche Perspektiven die neue Norm DIN 2304 Anwendern der industriellen Klebtechnik im Einzelnen eröffnet und worauf es bei deren Einführung ankommt.

Eine spannende Lektüre und stets fehlerfreie Klebprozesse wünscht Ihnen herzlichst

Marlene Doobe

Chefredakteurin

Adhäsion KLEBEN&DICHTEN

QUALITÄTSSICHERUNG IN DER KLEBTECHNIK

Die neue DIN 2304 und ihr Nutzen für die Praxis

Moderne Industrie-Klebstoffe sind vielfach Hightech-Produkte, deren fachgerechter Einsatz eine Null-Fehler-Produktion im Betrieb ermöglicht. Versagen trotzdem Klebungen, ist dieses Verhalten in der Regel auf Anwendungsfehler zurückzuführen. Genau hier setzt die DIN 2304 an: Sie regelt die organisatorische Qualitätssicherung und sorgt damit für die Beherrschung von Klebprozessen.

ANDREAS GROSS, HARTWIG LOHSE

Die Klebtechnik gilt unbestritten als eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Es gibt kaum einen Industrie- oder Handwerkszweig, in dem sie nicht innovativ eingesetzt wird. Deutschland gilt hierbei weltweit als Technologieführer. Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Klebtechnik ist inzwischen ebenfalls unstrittig /1/.

Bei den für den industriellen Einsatz bestimmten Produkten der Klebstoffhersteller handelt es sich um hochwertige Qualitätsprodukte, deren Herstellungsverfahren im normgerechten Sinn „beherrschte“ Prozesse sind. Der – von der Planung bis zum geklebten Produkt – fachgerechte Einsatz dieser Klebstoffe führt i.d.R. zu einer Null-Fehler-Produktion in der Anwendung. Dem widerspricht die Tatsache, dass leider noch zu

häufig Klebungen nicht die an sie gestellten Anforderungen erfüllen und es im Gebrauch zu Ausfällen kommt. Objektiv betrachtet beruhen etwa 90 % der auftretenden Klebfehler auf klebtechnischer Unkenntnis. Dieser objektiven Tatsache steht gegenüber, dass der Anwender in seiner subjektiven Wahrnehmung natürlich alles richtig gemacht hat (Wer macht schon bewusst Fehler?) und daher ebenso automatisch wie fälsch-



Bild 1: Reihenweises Versagen der Klebverbindungen nach hoher Windbelastung zwischen Solar-Modulen und Aluminium-Unterkonstruktion infolge gravierender Klebfehler



Bild 2: DIN 2304 – eine branchenunabhängige Anwendernorm für Klebungen jeglicher Art



Bild 3: Kerngedanke der ISO 9001: Beherrschung der Prozesse durch ein umfassendes Qualitätsmanagementsystem

lich die Verantwortung für das Versagen der Klebung dem Produkt „Klebstoff“ zuschreibt: „Da hat der Klebstoff schuld!“ (Bild 1).

Genau diesen Widerspruch, dass Klebstoffe einerseits eine Null-Fehler-Produktion ermöglichen und Klebfehler andererseits diese verhindern, nimmt die „neue“ DIN 2304 „Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse“ auf: Wenn der wesentliche Grund für Klebfehler nicht Klebstofffehler sondern Anwendungsfehler sind, muss im Bereich der Anwendung nachgebessert werden.

Folglich handelt es sich bei der DIN 2304 um eine Anwender-Norm. Sie hat zum konkreten Ziel, klebtechnische Anwendungsprozesse organisatorisch so zu gestalten, dass seitens des Anwenders der gesamte Prozess von der Idee über die Entwicklung bis hin zur Fertigung des geklebten Produkts im normentechnischen Sinne „beherrscht“, also robust und reproduzierbar gestaltet wird. Daneben besteht das übergeordnete Ziel der DIN 2304 darin, das in manchen Bereichen immer noch schlechte Image des Klebens zu relativieren und somit durch qualifiziertere Klebstoffanwendungen die Anwendungsgebiete der Schlüsseltechnologie Kleben qualifiziert weiterzuentwickeln.

Bei der Schaffung der DIN 2304 war man sich durchaus der Problematik bewusst, so unterschiedliche Bereiche wie die industrielle Fertigung einerseits und z.B. das Handwerk andererseits mit einer Norm erschöpfend abzudecken. In der industriellen Fertigung gibt es alles, von der Losgröße Eins bis zur Großserie mit vielen Tausend identischen Teilen. Im Handwerk dominiert eher die Kleinserie oder die Einzelfertigung. Andererseits ist es aber nicht erklärbar, warum hinsichtlich der sicheren Haltbarkeit einer Klebung, z.B. an einem serienmäßig gefertigten Bauteil andere Anforderungen



Bild 4: ISO 9001 - technische und organisatorische Qualitätssicherung als „Umweg“ zur Sicherstellung der Produktqualität bei speziellen Prozessen, weil Qualität nicht zu 100 % zerstörungsfrei prüfbar ist

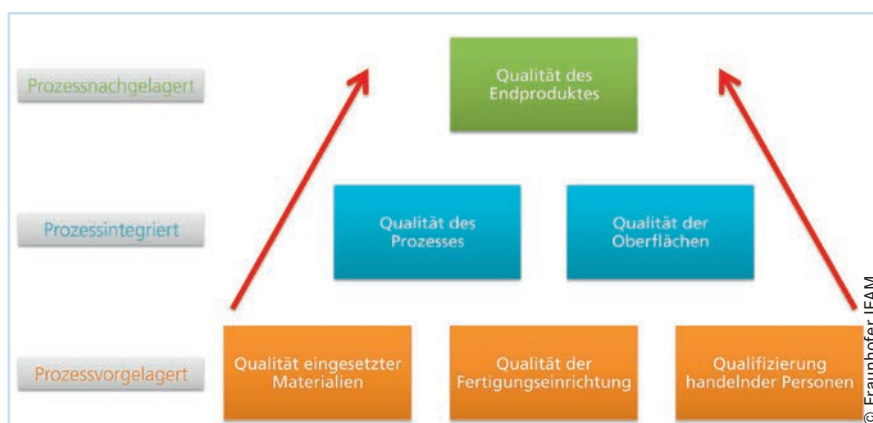


Bild 5: Prozessvorgelagerte, -integrierte und -nachgelagerte Qualitätssicherung

als an eine Einzelanfertigung des gleichen Bauteils gestellt werden sollten.

Aus diesem Grund gilt die DIN 2304 bewusst nicht nur für alle Klebstoffklassen – unabhängig von ihren Festigkeits- und Verformungseigenschaften – und Werkstoffkombinationen, sondern auch für alle Branchen und jegliche Klebungen (Bild 2), deren Hauptfunktion in der Übertragung mechanischer Lasten besteht. Um trotzdem den jeweiligen Besonderheiten gerecht zu

werden, ist vorgesehen, bei der konkreten Anwendung der Norm spezifische Umsetzungshinweise zu erstellen und zu dokumentieren. Diese ergänzen die DIN 2304 und geben den Betrieben auf ihre jeweiligen Belange zugeschnittene Hilfestellung.

Kerngedanke der ISO 9001

Die Basis der DIN 2304 bildet die ISO 9001. Ganz abgesehen davon, dass in der Industrie der Ruf der ISO 9001 gelit-

ten hat, ihr Kerngedanke ist und bleibt ebenso einfach wie genial: Wenn ein Fertigungsschritt oder ein fertiges Produkt nicht zerstörungsfrei einhundertprozentig auf etwaige Fehler geprüft werden kann, es sich also um einen sogenannten „speziellen Prozess“ handelt, müssen auf dem Weg zum fertigen Produkt alle Fehlermöglichkeiten ausgeschlossen und der Prozess dadurch „beherrscht“ werden (Bild 3).

Auf Basis der Prämisse, dass der Klebstoff ein Qualitätsprodukt ist, welches bei fachgerechtem Einsatz von sich aus eine Null-Fehler-Produktion ermöglicht, heißt das nichts anderes, als dass auf dem Weg zum fertigen Produkt alle Anwendungsfehlermöglichkeiten ausgeschlossen werden müssen.

Folglich hat das oft gescholtene Qualitätsmanagementsystem (QMS) der ISO 9001 vom Grundsatz her zum Ziel, Fehlermöglichkeiten in der Anwendung möglichst auszuschließen. „Fehlerprophylaxe“ bei den „speziellen Prozessen“ durch Umsetzung des QMS heißt die Zauberformel. Spezielle Prozesse gemäß ISO 9001 umfassen genau die Fertigungsschritte bzw. Produkte, die eben nicht einhundertprozentig zerstörungsfrei zu prüfen sind. Und wenn etwaige Fehler nicht nachgewiesen werden können, müssen sie halt vermieden werden.

Ein Gedanke übrigens, der in der im Vergleich zum Kleben wesentlich jüngeren Schweißtechnik längst verinnerlicht ist. Die Schweißtechnik war der eigentliche Grund, den Begriff „spezieller Prozess“ zu kreieren und ihn in die ISO 9001 aufzunehmen.

Qualitätssicherung auf Basis der ISO 9001

Abstrakt betrachtet, setzt sich die Qualitätssicherung von Prozessen und Produkten in einem Betrieb aus den Bereichen „Technische Qualitätssicherung“ und „Organisatorische Qualitätssicherung“ zusammen (Bild 4).

- | | |
|------|---|
| 1 | Anwendungsbereich: Alle Klebungen, bei denen die Übertragung mechanischer Lasten eine Hauptfunktion darstellt – von der Planung über die Fertigung bis zur Instandsetzung/Reparatur |
| 2 | Normative Verweisungen |
| 3 | Begriffe |
| 4 | Auswahl der klebtechnischen Anforderungen (Sicherheitsanforderungen) |
| 5 | Anforderungen an die Prozesskette |
| 5.1 | Infrastruktur: Fertigungsumgebung, Ausstattung der Fertigungsstätte, Transport, Infrastruktur, Instandhaltung und Anpassung |
| 5.2 | Personal: Klebaufsicht (KAP) |
| 5.3 | Vertragsprüfung |
| 5.4 | Entwicklungsprozess und Konstruktion: Allgemeines, Einteilung in die Stufen, Anforderungen an Klebverbindungen, Gestaltung von Klebverbindungen, Fügeteile, Klebstoff, Oberflächenbehandlung, Klebablauf, Nachweisführung |
| 5.5 | Unterauftragsvergabe: Grundsätze, Entscheidung über Unterauftragsvergabe, Beschaffungsangaben/-dokumentation, Lieferantenauswahl und Vertragsverhandlung, Lieferantenmanagement |
| 5.6 | Prozessplanung: Einbindung in den Gesamtfertigungsprozess, Arbeitsumgebung, Arbeitsfolge und Fertigungstechnologie, Planen von Fertigungshilfsmitteln (FHM), Prozessfreigabe |
| 5.7 | Lagerung und Logistik (Fügeteile, Kleb- und Klebhilfsstoffe): Wareneingangskontrolle, Lagerung, innerbetrieblicher Transport |
| 5.8 | Fertigung: Vorbereitung, Vorbehandlung, Applikation, Kleben, Verfestigung, Überwachung |
| 5.9 | Nacharbeit, Reparatur und (vorbeugende) Instandsetzung |
| 5.10 | Überwachung von Mess-, Prüf-, und Fertigungshilfsmitteln |
| 5.11 | Arbeitssicherheit und Umweltschutz |
| 5.12 | Qualitätsmanagement |

Bild 6: Inhalte der DIN 2304 „Prozesskette Kleben“ (Quelle: Beuth Verlag 2015)

Die „Technische Qualitätssicherung“ dient der Absicherung technischer Unwägbarkeiten im Prozess und umfasst – ob akkreditiert bzw. normiert oder nicht – alle Prüftechniken, Prüfverfahren, Prüfbedingungen, Versuchsdurchführungen, Probestkörper etc., die prozessvorgelagert, prozessintegriert und prozessnachgelagert zur Qualitätscharakterisierung des Endproduktes herangezogen werden (Bild 5).

Die „Organisatorische Qualitätssicherung“ dient der Absicherung organisatorischer Unwägbarkeiten in der Fertigung und bezieht alle qualitätssichernden Normen, Richtlinien, Vorgaben und Maßnahmen zur Gestaltung und Umsetzung von Prozessen und Fertigungsschritten sowie den notwendigen personellen, geräte- und

raumtechnischen und organisatorischen Aufbau von Betrieben ein (Klebspersonal und dessen Verantwortungen, Gestaltung der Räumlichkeiten, Gerätetechnik, Beschreibung betrieblicher Abläufe und Schnittstellendefinition, Fehlerlenkung, Dokumentation etc.).

Natürlich hat die ISO 9001 ihre Grenzen, legt sie doch lediglich die Mindestanforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem (QMS) fest. Dieses wird (formal) zertifiziert und nicht (fach-)inhaltlich der dahinterstehende (Anwendungs-)Prozess. Sie legt zwar die Basis der Qualitätssicherung, ist aber als alleiniges Qualitätssicherungsinstrument zu allgemein. Sie muss konkretisiert werden, wozu es fachspezifischer Regelwerke wie z.B. Normen bedarf, die qualifiziert

die Strukturen einer „Organisation“ – also eines klebtechnischen Anwenderbetriebes – hinsichtlich einer fachgerechten Technologieanwendung organisatorisch festlegen.

DIN 2304 – eine Norm für Anwender

Genau an dieser Stelle, wo es die ISO 9001 für die klebtechnische Anwendung zu konkretisieren gilt, setzt die neue DIN 2304 „Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse“ inhaltlich an. Sie legt den im Produktsicherheitsrecht verbindlichen derzeitigen Stand der Technik für die Organisation der fachgerechten Umsetzung klebtechnischer Prozesse im Betrieb fest und ist dabei branchen- und produktübergreifend auf die Herstellung aller Klebungen mit der Hauptfunktio-

on der Übertragung mechanischer Lasten ausgerichtet.

Ihrer Konkretisierungswirkung kommt die DIN 2304 exakt nach, indem sie die Anforderungen an eine qualitätsgerechte Ausführung von Klebverbindungen entlang der gesamten Prozesskette Kleben von der Entwicklung über die Fertigung bis zur Instandhaltung festschreibt und allgemeine organisatorische, vertragliche und fertigungstechnische Grundlagen für die Herstellung klebtechnischer Verbindungen festlegt (Bild 6).

Neben den im Folgenden weiter erläuterten drei Kernelementen der DIN 2304:

- der Klassifizierung der Klebungen nach Sicherheitsanforderungen,
- der Einsetzung von Klebaufsichtspersonal (KAP),
- der Nachweisführung, dass über den gesamten Lebenszyklus einer Klebverbindung die auftretenden Beanspruchungen stets kleiner als ihre Beanspruchbarkeit sind,

wird – außerhalb der Norm – mit der Betriebszertifizierung nach DIN 2304 den Klebstoff verarbeitenden Betrieben eine Perspektive eröffnet, die normgerechte Qualität ihrer klebtechnischen Anwendung nachweisen und dokumentieren zu lassen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass derartige Kernelemente und Betriebszertifizierungen kein Novum darstellen. Beispiele dafür sind u.a. die DIN 6701 für das Kleben und die EN 15085 für das Schweißen, jeweils im Schienenfahrzeugbau.

Kernelement 1: **Klassifizierung der Klebungen**

Gemäß DIN 2304 werden grundsätzlich alle Klebungen in die Sicherheitsklassen S 1 bis S 4 eingeteilt:

- S 1 – hohe Sicherheitsanforderungen
- S 2 – mittlere Sicherheitsanforderungen
- S 3 – geringe Sicherheitsanforderungen
- S 4 – keine Sicherheitsanforderungen

Vereinfacht gesagt erfolgt die Einstufung, die der verantwortliche Konstrukteur bzw. Bauteilverantwortliche vorzunehmen hat, auf Basis der Folgenabschätzung, sollte die Klebung versagen. Anders ausgedrückt heißt das, die Einstufung der Klebung erfolgt hinsichtlich potenzieller Auswirkungen auf das Versagen der Hauptfunktion der Übertragung mechanischer Lasten, unabhängig von den Festigkeits- und Verformungseigenschaften des im jeweiligen Fall eingesetzten Klebstoffs.

Weitere Anforderungen wie z.B. Lebensmitteltauglichkeit, Brandschutzbestimmungen, Einhaltung von Emissionsvorschriften und auch hinsichtlich der Arbeitssicherheit bei der Ausführung der Klebung werden für die Klassifizierung innerhalb dieser Norm nicht betrachtet. Hierfür existieren bereits andere Normen, Vorschriften und Regelwerke.

Die Sicherheitsanforderungen hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die o.g. Funktionen sind wie folgt definiert (Quelle: DIN 2304, Beuth Verlag, 2015):

S1 – Hohe Sicherheitsanforderung

Das Versagen der Klebverbindung

- bedeutet mittel- oder unmittelbar eine unabwendbare Gefahr für Leib und Leben
- führt zu einem Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen höchstwahrscheinlich eine unabwendbare Gefahr für Leib und Leben darstellen.

S2 – Mittlere Sicherheitsanforderung

Das Versagen der Klebverbindung

- kann Leib und Leben gefährden
- führt zu einem Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen wahrscheinlich mit Schäden gegenüber Personen oder großen Umweltschäden verbunden sind
- verursacht einen Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen höchst-

wahrscheinlich mit weitreichenden Vermögensschäden verbunden sind.

S3 – Geringe Sicherheitsanforderung

Das Versagen der Klebverbindung

- führt zu einem Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen wahrscheinlich nicht mit Schäden gegenüber Personen oder großen Schäden an der Umwelt verbunden sind
- führt zu einem Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen maximal mit Komfort- oder Leistungseinbußen verbunden sind. Bei einem Ausfall der Funktionalität sind die Auswirkungen wahrscheinlich nicht mit größeren Vermögensschäden verbunden.

S4 – Keine Sicherheitsanforderung

Das Versagen der Klebverbindung

- führt zu einem Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen unter vorhersehbaren Bedingungen nicht mit Schäden gegenüber Personen oder der Umwelt verbunden sind
- führt zu einem Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen ausschließlich mit Komfort- oder Leistungseinbußen verbunden sind
- führt zu einem Ausfall der Funktionalität, deren Auswirkungen nicht mit größeren Vermögensschäden verbunden sind.

Die DIN 2304 ersetzt dabei keine anerkannten und bestehenden Regelwerke zur bisherigen Klebstoffanwendung. Im Zweifelsfall wird grundsätzlich immer die höchste geforderte Sicherheitsstufe angenommen.

Kernelement 2: **Klebaufsichtspersonal (KAP)**

Bei dem seitens des Anwenderbetriebes zu benennenden Klebaufsichtspersonal (KAP) handelt es sich um Mitarbeiter, die im Betrieb Verantwortung für die Klebtechnik und damit verbundene Tätigkeiten tragen. Ihre Eignung und ihre fachspezifischen Kenntnis-

se z.B. durch Schulungen, Ausbildung und/oder entsprechende Erfahrung müssen nachgewiesen werden und dokumentiert sein.

Das Klebaufsichtspersonal (KAP) ist im Betrieb die zentrale Ansprechstelle für alle qualitätsbeeinflussenden Faktoren des „speziellen Prozesses“ Kleben – von der Planung über die Fertigung bis zur Instandhaltung und Reparatur. Der Anwenderbetrieb muss gemäß DIN 2304 ausreichendes und befähigtes Personal für die genannten Aufgaben vorhalten und ihre Benennung dokumentieren. Als Nachweis klebspezifischer Qualifikation zur Rechtfertigung der Benennung als KAP kann in Abhängigkeit zur Klebungsklassifizierung (erstes Kernelement) die berufliche Ausbildung (Schreiner, Bodenleger, Maler o.a.) oder berufsbegleitende Weiterbildungen herangezogen werden.

Kernelement 3: Nachweisführung

Dass eine Klebverbindung so zu bemessen ist, dass ihre Beanspruchung stets kleiner ist als die Beanspruchbarkeit, ist Stand der Technik – nicht nur beim Kleben, sondern bei allen anderen Verbindungstechniken und darüber hinaus. Neu im Rahmen der DIN 2304 ist, dass dieses unter Mitwirkung des Klebaufsichtspersonals (KAP) sichergestellt und die Nachweisführung nachvollziehbar dokumentiert werden muss. Die Nachweisführung selbst kann auf folgenden vier Wegen erfolgen:

1. Bemessung

Auf Basis des zu erstellenden Anforderungsprofils wird die Beanspruchung durch Versuche, Berechnungen, Standards, Realdaten oder einer Kombination daraus ermittelt und dokumentiert. Die Beanspruchbarkeit ist versuchstechnisch in angemessener Statistik unter Berücksichtigung von Alterungen, Testmedien, Wirkkombinationen u.a. zu ermitteln. Dabei ist sicherzustellen, dass

Laborergebnisse den unter realen Fertigungsbedingungen erreichbaren Ergebnissen entsprechen. Die Versuche können an Probekörpern, als Bauteilversuche oder am Realteil erfolgen. Realistisch im Bauteil auftretende Spannungen und Dehnungen werden für jede Klebverbindung berechnet und mit zulässigen Spannungen bzw. zulässigen Dehnungen verglichen. Die Datenermittlung muss nachvollziehbar sein und ebenfalls dokumentiert werden. Gleiches gilt für den Vergleich Beanspruchung/Beanspruchbarkeit.

2. Bauteilprüfung

Die Bauteilprüfung kann durch Prüfen eines Gesamtsystems oder eines Teilsystems unter Realbedingungen oder unter Bedingungen, die der Realität nachempfunden sind, erfolgen. Hierbei müssen die Testbedingungen in Bezug auf ihre Wirkung auf die Klebverbindung nachweislich eine vergleichbare Wirkung auf das Gesamtsystem zeigen. Bei Teilsystem-Prüfungen ist zusätzlich die gegenseitige Beeinflussung zwischen Teilsystem und Gesamtsystem zu betrachten und nachzuweisen, dass diese das Ergebnis nicht unzulässig verfälscht. Ein Versagenskriterium zur Versuchsauswertung inklusive eines integrieren Sicherheitsfaktors ist zu definieren. Der gesamte Prozess ist nachvollziehbar zu dokumentieren.

3. Dokumentierte Erfahrung

Ein Nachweis aufgrund von Erfahrungswerten ist grundsätzlich genauso möglich. Dafür ist nachvollziehbar nachzuweisen, dass sich die Konstruktion bewährt hat. Die Übertragbarkeit auf die im Betrieb befindliche Klebverbindung ist – ebenfalls nachvollziehbar – zu dokumentieren.

4. Kombination aus 1. – 3.

Der Nachweis der Kombination oben beschriebener Wege stellt sicher, dass alle Anforderungen in geeigneter Weise zu bewerten sind und dass die einzelnen

Bestandteile des Nachweises kompatibel zueinander sind. Der Prozess ist ebenfalls nachvollziehbar zu dokumentieren.

Perspektive:

Zertifizierung gemäß DIN 2304

Grundsätzlich verschafft die DIN 2304 Anwenderbetrieben die Möglichkeit, sich gemäß dieser Norm zertifizieren zu lassen. Im Gegensatz zu einer Betriebsauditierung, einem Prozessreview oder einer Begutachtung verschafft die Zertifizierung nach DIN 2304 dem Betrieb gegenüber Auftraggebern den Vertrauensvorschuss, Klebungen grundsätzlich wie in der DIN 2304 festgelegt, und damit nach dem derzeitigen Stand der Technik, fachgerecht auszuführen. Dies ist der grundsätzliche Unterschied zu den genannten Audits, Reviews oder Begutachtungen, die ohne Zertifizierung abschließen und lediglich Momentaufnahmen sind. Sie bestätigen, dass am Audittermin der Anwenderbetrieb nach DIN 2304 gearbeitet hat, geben aber definitiv keine Auskunft darüber, was vorher geschah oder nachher geschehen wird.

Dagegen dokumentiert die Betriebszertifizierung nach DIN 2304, dass der Anwenderbetrieb sich auch in den Zeiten zwischen Erst-Zertifizierung, Überwachungsaudit und Re-Zertifizierungen nach den in der DIN 2304 festgelegten Regularien klebtechnisch arbeitet. Dieser fundamentale Unterschied zwischen Auditierung und Zertifizierung wiegt umso schwerer, da der Klebstoffhersteller im Anwenderbetrieb hinsichtlich des fachgerechten Einsatzes seiner Produkte keine Entscheidungskompetenz besitzt und lediglich beratend tätig sein kann.

Diese Betriebszertifizierungen, die derzeit noch ausschließlich auf zivilrechtlicher Basis erfolgen, können von Zertifizierungsstellen durchgeführt werden, die von der Deutschen Akkreditierungsgesellschaft (DAkkS) nach DIN EN ISO 17065 offiziell für Zertifizierungen nach DIN 2304 akkreditiert sind.

Sicher ist, dass es auch in Zukunft definitiv keine Klebstoffzertifizierung nach DIN 2304 geben wird. Der Klebstoff stellt lediglich nur ein Glied in der Prozesskette Kleben dar und die Qualität einer Klebung wird anwendungsspezifisch von einer Vielzahl von weiteren Parametern bestimmt (vgl. Bild 5). Die Praxis zeigt immer wieder, dass Klebungen an nahezu identischen Bauteilen mit identischen Anforderungen durchaus mit sehr unterschiedlichen Klebstoffsystemen erfolgreich durchgeführt werden können.

DIN 6701 – ein Erfolgsmodell

Die Entwicklungsperspektive des Klebens im Schienenfahrzeugbau für das 21. Jahrhundert und ihre notwendige Strukturierung hat das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) um die Jahrtausendwende veranlasst, nach der erfolgreichen Fertigstellung der DIN 6700 für das Schweißen im Schienenfahrzeugbau die Entwicklung der DIN 6701 „Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen“ zu initiieren. Mit Ausnahme des Holzverarbeitungsbereichs wurde mit dieser Norm erstmalig eine verbindliche DIN zur Qualitätssicherung der klebtechnischen Anwendung geschaffen.

Mit der Normenreihe DIN 6701 „Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen“ und ihrer Verknüpfung mit der ISO 9001 liegt ein von Klebstoffanwendern, deren Kunden, Klebstoffherstellern und dem Eisenbahnbundesamt als Initiator gleichermaßen akzeptiertes Erfolgsmodell vor. Es zeigt, wie die eingangs dargestellte organisatorische Qualitätssicherung erfolgreich umgesetzt werden kann. Das wird dadurch unterstrichen, dass die ursprünglich auf Deutschland ausgerichtete Normenreihe DIN 6701 mittlerweile international als Grundlage für Klebprozesse dient und derzeit durch Überführung in eine Europäische Norm (EN) internationalisiert wird.

Die klebtechnischen Anwenderbetriebe im Schienenfahrzeugbau haben sich auf Basis der ISO 9001 personal-, geräte- und raumtechnisch sowie organisatorisch entsprechend der DIN 6701 aufgestellt. Die inzwischen langjährige – und internationale – Erfahrung mit der DIN 6701 zeigt, dass die oben genannten Aufwendungen, die der Anwenderbetrieb anfangs tätigen muss, zweifelsohne leistbar sind und sich bereits mittelfristig sowohl technologisch als auch ökonomisch auszahlen.

Mittlerweile sind 456 Betriebe – rund um die Welt – nach DIN 6701 zertifiziert – Tendenz steigend (Stand: 31.03.2015).

Bei der Erstellung der DIN 2304 wurde daher der prinzipielle Aufbau mit den drei genannten Kernelementen „Klassifizierung der Klebverbindungen“, „Klebaufsichtspersonal“ und „Nachweisführung“ sowie als Perspektive eine freiwillige „Betriebszertifizierung“ übernommen.

Fazit

Die Qualität der heutigen Klebstoffprodukte ermöglicht bei fachgerechtem Einsatz der Klebstoffe eine Null-Fehler-Produktion. Die Tatsache, dass es trotzdem immer wieder zu Klebfehlern kommt, führt zu der Schlussfolgerung, dass das Optimierungspotenzial eindeutig im Bereich der Klebstoffanwendung liegt.

Anders ausgedrückt: Die Qualität des Klebstoffanwendungsprozesses muss der Qualität des Klebstoffherstellungsprozesses angepasst werden.

Solange es jedoch für klebtechnische Anwendungsprozesse keine 100%ige zerstörungsfreie Prüftechnik gibt und es sich somit beim Kleben gemäß ISO 9001 um einen „speziellen Prozess“ handelt, ist der in ISO 9001 gelegte und in der DIN 2304 konkretisierte Weg der Fehlerprophylaxe über ein umfassendes QMS zur „Beherrschung der Klebprozesse“ alternativlos. Klebtechnische Qualitätssicherung in der Anwendung –

fachgerecht eingesetzt und durch Zertifizierungen dokumentiert – minimiert Fehler, spart Geld, schafft Vertrauen, erhöht dadurch den erfolgreichen Einsatzumfang der Klebtechnik und verbessert gleichzeitig das Image des Klebens nachhaltig. Die angesprochene DIN 6701 beweist das. ■

Quellenverweis

/1/ Handbuch Klebtechnik 2014,
<http://www.springer.com/gp/book/9783658069735>

Die Autoren

Prof. Dr. Andreas Groß
 (andreas.gross@ifam.fraunhofer.de, Tel. 0421 / 2246-437) leitet die Abteilung „Weiterbildung und Technologietransfer“ im Fraunhofer IFAM. Im Rahmen der Aktivitäten zur klebtechnischen Qualitätssicherung ist er seit 2001 Vorsitzender des DIN/FSF-Arbeitskreises „DIN 6701“ und des Arbeitskreises „Kleben DIN 6701“. Gleichzeitig ist er Convenor der Working Group 52 „Adhesive Bonding“ im CEN/TC 256 / SC 2 „Railway Application“ und Mitarbeiter im DIN-Arbeitskreis „DIN 2304“.

Dr. Hartwig Lohse
 (hlohse@hdyg.de, Tel. 04822 / 95180) bietet mit seinem Beratungsunternehmen Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K. unabhängige Unterstützung bei klebtechnischen Fragestellungen an. Als Mitarbeiter im DIN-Normenausschuss NA092-00-28AA war er an der Erstellung der DIN 2304 beteiligt.

BEDEUTUNG DER NEUEN DIN 2304 FÜR DIE KLEBTECHNISCHE PRAXIS

Qualität prozessintegriert sichern

Im Februar 2016 wurde die neue DIN 2304 „Qualitätsanforderungen an Klebprozesse“ als Weißdruck veröffentlicht. Was bedeutet nun die Einführung dieser Norm für die Betreiber klebtechnischer Fertigungen? Welche Schritte führen zu einer umfassenden Qualitätssicherung - insbesondere mit Blick auf sicherheitsrelevante Klebungen?

HEINRICH KORDY, KAI BRUNE,
MAREIKE SCHLAG

In Hochtechnologiebereichen zählt das Kleben zu den bevorzugt eingesetzten Füge-techniken. Allerdings gilt es nach DIN EN ISO 9001 als „spezieller Prozess“, dessen Ergebnis nicht umfassend zerstörungsfrei geprüft werden kann. Um eine qualitativ hochwertige Klebverbindung gewährleisten zu können, müssen deshalb alle erforderlichen Prozessschritte ausreichend überwacht und dokumentiert werden - beginnend mit der Entwicklung einer Klebverbindung bis hin zum fertigen Produkt.

Ein gutes Beispiel für die Entwicklung eines Qualitätssicherungskonzeptes ist der Schienenfahrzeugbau seit der Einführung der DIN 6701 im Jahre 2007. Dabei werden die Qualitätsstandards klebtechnischer Anwenderbetriebe festgelegt, Konstruktionsvorgaben gemacht sowie Ausführungsregeln und die Qualitätssicherung von Klebprozessen festgeschrieben [1]. Schwerpunkt ist hier die Qualifikation der am Prozess beteiligten Mitarbeiter [2].

Um nun die Qualitätsanforderungen auch für andere Anwendungsgebiete in der klebtechnischen Fertigung festzulegen, wird die DIN 2304

eingeführt. Sie legt die Anforderungen für die qualitätsgerechte Ausführung von Klebverbindungen entlang der Prozesskette Kleben von der Entwicklung über die Instandhaltung fest und deckt zwei Anwendungsbereiche ab. Der erste Teil erläutert allgemeine organisatorische, vertragliche und fertigungstechnische Grundlagen für die Herstellung klebtechnischer Verbindungen mit der Hauptfunktion einer Übertragung mechanischer Lasten. Sein Inhalt bezieht sich auf alle Klebstoffklassen, Werkstoffkombinationen und Branchen. Der zweite Teil legt spezielle Anforderungen an die klebtechnische Ausführung für Materialien aus Faserverbundkunststoffen fest. In der DIN 2304 werden die Klebungen hier in Sicherheitsklassen unterteilt, wobei der verantwortliche Konstrukteur bzw. Bauteilverantwortliche die Einstufung vornehmen muss [3].

Bedeutung der neuen DIN für Anwender

Kunden von Unternehmen, die Produkte klebtechnisch herstellen, könnten die DIN 2304 in ihr Pflichtenheft für den Bezug von Produkten aufnehmen. Der Vorteil der Kunden besteht darin, dass mit einem einzigen Verweis auf die Norm

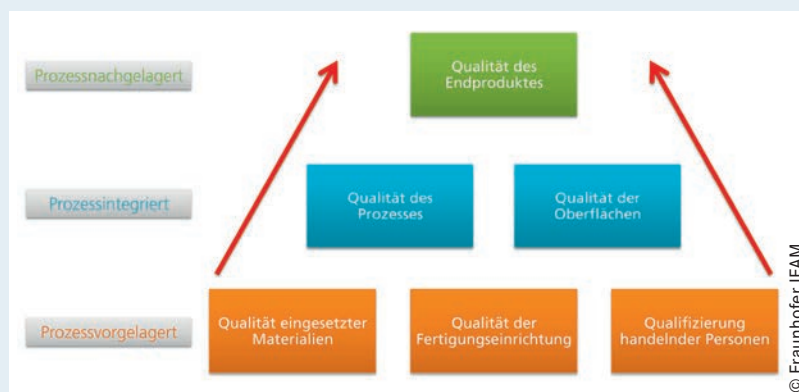


Bild 1: Prozessvorgelagerte, -integrierte und -nachgelagerte Qualitätssicherung

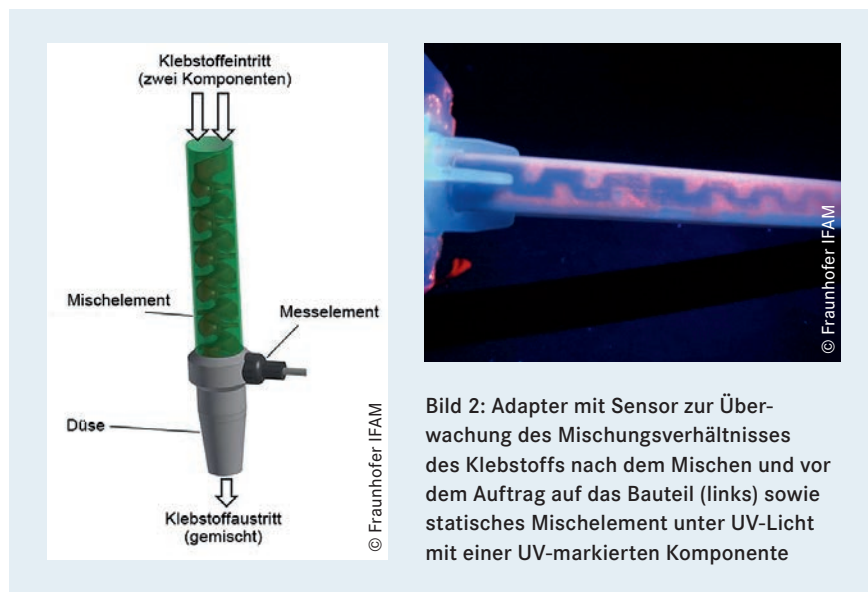


Bild 2: Adapter mit Sensor zur Überwachung des Mischungsverhältnisses des Klebstoffs nach dem Mischen und vor dem Auftrag auf das Bauteil (links) sowie statisches Mischelement unter UV-Licht mit einer UV-markierten Komponente

der Lieferant zu einem Qualitätsstandard und entsprechenden Maßnahmen bewegt werden kann. Dies gilt insbesondere für sicherheitsrelevante Klebungen, bei denen die Fertigungskette aufgrund der Sorgfaltspflicht und entsprechenden Haftungsmöglichkeiten stets dem Stand der Technik entsprechen muss. Die Norm DIN 2304 greift dies entsprechend auf.

Um die klebtechnische Anforderung einer Klebverbindung festzulegen, muss zuerst die Sicherheitsklasse dieser Klebung definiert werden. Diese Einstufung erfolgt durch den verantwortlichen Konstrukteur hinsichtlich der potenziellen Auswirkung des Versagens der Klebung. Dann werden die Anforderungen an die Prozesskette festgelegt. Das erstreckt sich von der Infrastruktur über Personal, Entwicklungsprozess und Konstruktion bis zur Fertigung (Bild 1). Hier spielen die Qualitätssicherung und das Management eine sehr große Rolle. Für diese erfolgreiche Qualitätssicherung in der Klebtechnik wird immer eine technologiespezifische Ergänzung eines Qualitätsmanagementsystems verlangt, welches z.B. die Anforderungen nach DIN 2304 bzw. DIN EN ISO 9001 erfüllt [4]. Der Fokus der folgenden Ausführungen liegt auf techni-

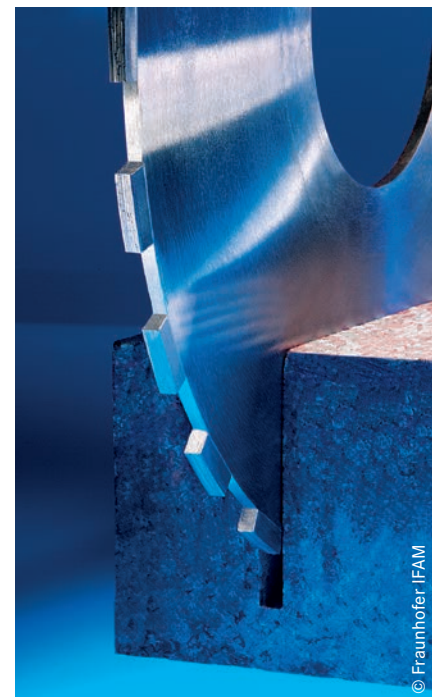
schen Qualitätssicherungskonzepten der klebtechnischen Fertigung, unterteilt in Qualität der Klebstoff-Applikation und Qualität der Fügeiteiloberflächen. Es wird der Stand der Technik dargestellt und auf weitere nötige Schritte hingewiesen, um eine umfassende Qualitätssicherung insbesondere bei sicherheitsrelevanten Klebungen zu gewährleisten.

Technische Qualität der Klebstoff-Applikation

In der Applikationstechnik sind eine konsequente Überwachung und Dokumentation der Prozessschritte für die Qualität von entscheidender Bedeutung. Stand der Technik ist das Monitoring der Raupengeometrie, der Raupenpositionierung und des Klebstoffauftrags [5]. Dies geschieht durch Kamerasysteme, die je nach Oberfläche und Klebstoff in verschiedenen Versionen auf dem Markt erhältlich sind. Zur Verfügung stehen Systeme, die eine nachgelagerte Inspektion des Klebstoffauftrags bezüglich Position, Breite und Unterbrechungsfreiheit ermöglichen. Die Kombination mehrerer Kameras erlaubt zudem die Kontrolle von Profilraupen mit Hilfe von 360°-Aufnahmen. Bei fast allen OEMs werden solche Kamerasyste-

me zur Qualitätssicherung der Klebstoffapplikation eingesetzt.

Bedarf an weiterführenden Qualitätssicherungskonzepten über den Stand der Technik hinaus besteht insbesondere bei 2-komponentigen Klebstoffen zur Inline-Kontrolle des Mischungsverhältnisses. Hierauf konzentrieren sich aktuelle Arbeiten des Fraunhofer IFAM aus der Abteilung Klebtechnische Fertigung. Hier werden derzeit verschiedene physikalische Systeme zur Inline-Messung des Mischungsverhältnisses frisch vermischter Klebstoffraupen erarbeitet und untersucht (Bild 2). Dies soll eine Dokumentation und Kontrolle des applizierten Klebstoffs hinsichtlich des Mischungsverhältnisses mehrkomponentiger Klebstoffe ermöglichen. Das Mischungsverhältnis wird hier direkt nach dem Mischen und vor dem Auftrag auf das zu verklebende Bauteil auf sein Mischungsverhältnis hin gemessen und aufgezeichnet. In Kombination mit bestehenden Kameraüberwachungssystemen wird somit die Qualitätssicherung des Prozesses bei der klebtechnischen Fertigung zukünftig weiter gestärkt.



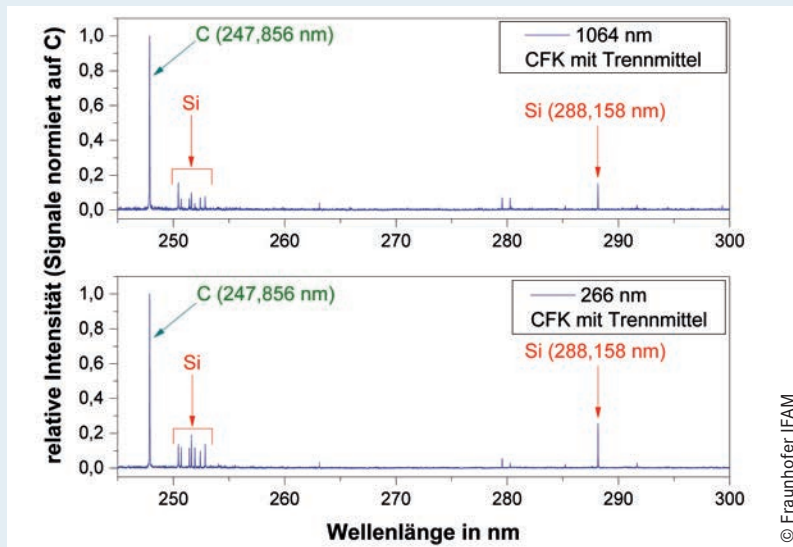


Bild 3: Vergleich der LIPS-Spektren einer mit Si-haltigem Trennmittel kontaminierten CFK-Probe (ca. 8 atom% Si) bei Messung mit zwei unterschiedlichen Laseranregungswellenlängen (1064 nm und 266 nm).

Technische Qualität der Füge-teiloberflächen

Auch die Qualität der zu verklebenden Oberflächen ist für die Ausbildung von Adhäsionskräften sowie für die Langzeitstabilität der Klebverbindungen von großer Bedeutung. Oft haben fertigungsbedingte Kontaminationen und Kontaminationen, die unabsichtlich während prozessvorgelagerter Verarbeitungsschritten auf die Oberflächen gelangen, einen negativen Einfluss auf die erreichten Endfestigkeiten. Außerdem verstärken die während des Lebenszyklus einer Klebverbindung auftretenden Alterungsprozesse diese negativen Ein-

flüsse und können zu einer weiter verringerten Festigkeit oder zum kompletten Versagen von geklebten Bauteilen führen. Die Sauberkeit der Oberflächen muss daher insbesondere für Klebungen mit hoher Sicherheitsrelevanz durch eine prozessintegrierte Qualitätskontrolle gewährleistet werden.

Am Fraunhofer IFAM werden für die prozessintegrierte Qualitätssicherung an Oberflächen verschiedenste Methoden entwickelt, weiterentwickelt und kundenspezifisch angepasst. Diese Methoden basieren beispielsweise auf der Detektion von topografischen, optischen, visuellen, physikalischen oder chemischen Oberflächeneigenschaften. Eine auf vielen unterschiedlichen Materialien anwendbare Methode ist die laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIPS). Hierbei wird ein gepulster Laserstrahl auf die zu untersuchende Oberfläche fokussiert und dort ein Mikroplasma gezündet. In dem Mikroplasma wird ein kleiner Teil der oberflächennahen Spezies verdampft und zur elementspezifischen Emission angeregt. So ist ein

Nachweis vieler Elemente des Periodensystems möglich. Oft können diese über die Bildung von Peakflächenverhältnissen (PFV) mit einer geeigneten Kalibrierung quantifiziert werden.

Aktuell wird diese Methode am Fraunhofer IFAM für die Detektion Si-haltiger Trennmittel auf kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) optimiert. Üblicherweise wird bei der LIPS ein Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm verwendet. Es konnte gezeigt werden, dass selbst geringste Mengen an Si auf den CFK-Oberflächen (< 2 atom% Si aus XPS-Messungen) sicher nachweisbar sind. Allerdings kommt es bei der bisher genutzten Wellenlänge zu einer Schädigung der Probenoberfläche in Form von kleinen Kratern (Bild 4). Zur Minimierung dieser Oberflächenschädigung und zur Maximierung der Empfindlichkeit für die Detektion Si-haltiger Trennmittel auf CFK wurden nun erste Untersuchungen mit einer Laseranregungswellenlänge von 266 nm durchgeführt. Hierbei konnten gleich zwei positive Effekte in Bezug auf die Eignung der LIPS für die Anwendung als inlinefähige Qualitätssicherungsmethode beobachtet werden: zum einen eine gesteigerte Oberflächensensitivität der Messung (effektivere Anregung von Emissionen Si-haltiger Trennmittel im Vergleich zur Anregung des Grundmaterials) (Bild 3) und zum anderen gleichzeitig eine wesentlich geringere Schädigung der Probenoberfläche durch die Messung (Bild 5). Bild 3 zeigt jeweils Ausschnitte der erhaltenen, auf das C-Signal normierten LIPS-Spektren für die Messungen bei den unterschiedlichen Laserwellenlängen. Die relative Intensität der Si-Emissionslinien ist für die Messung mit 266 nm (PFV Si/C: 0,26) im Vergleich zur Messung mit 1064 nm (PFV Si/C: 0,15) deutlich erhöht. Es können so geringe Si-Konzentrationen an den Oberflächen deutlicher differenziert und wahrscheinlich auch noch geringere Si-Konzentrationen



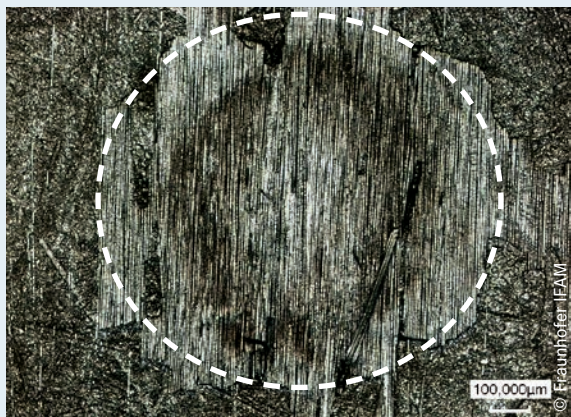


Bild 4: Laserkonfokalmikroskopische Messung:
Messkrater bei LIBS-Messung mit 1064 nm

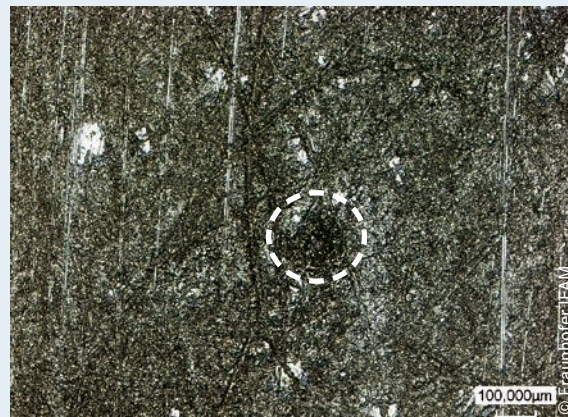


Bild 5: Laserkonfokalmikroskopische Messung:
Messkrater bei LIBS-Messung mit 266 nm.

nachgewiesen werden. Die Bilder 4 und 5 zeigen laserkonfokalmikroskopische Aufnahmen der Messkrater. Diese wurden von jeweils neun LIPS-Messposi-

tionen angefertigt und ausgewertet. Die Messung mit 1064 nm lässt einen deutlichen Harzabtrag mit Faserfreilegung erkennen. Die Größe des entstehenden Messkraters beträgt $924 (+/- 122) \mu\text{m}$ im Durchmesser und $40,4 (+/- 11,2) \mu\text{m}$ in der Tiefe. Für die Messungen mit 266 nm ist mit dem bloßen Auge keine Schädigung der Oberfläche zu erkennen. Unter dem Laserkonfokalmikroskop lassen sich vergleichsweise sehr kleine Krater in der Oberfläche erkennen. Mit $65,7 (+/- 9,55) \mu\text{m}$ im Durchmesser und $22,9 (+/- 5,10) \mu\text{m}$ in der Tiefe stellen diese Krater nur eine minimale Beeinflussung der Probenoberfläche dar. Die LIPS besitzt somit ein hohes Potenzial für die Anwendung als prozessintegrierte Qualitätssicherung und bietet die Möglichkeit, Si-haltige Trennmittel auf CFK-Oberflächen zuverlässig zu detektieren. Die genannten Untersuchungen wurden im Rahmen des öffentlich geförderten AiF-Projektes BeQuaVor (Fördernummer IGF-Nr. 18.003N) durchgeführt. Die LIPS-Messtechnik wird aktuell am Fraunhofer IFAM für diesen Anwendungsbereich weiterentwickelt, z.B. in Richtung reduzierter Laserenergien für die Plasmaanregung mit dem Ziel der weiteren Reduktion des Oberflächenabtrags.

Zusammenfassung

Mit den dargestellten aktuellen Arbeiten des Fraunhofer IFAM auf dem Gebiet der prozessintegrierten Qualitätssicherung in den Bereichen der Oberflächen und der klebtechnischen Fertigung sollen bestehende Lücken geschlossen werden. Dies hilft den Anwendern und Betreibern klebtechnischer Fertigungsprozesse, den Anforderungen aus der Norm DIN 2304 und darüber hinaus, insbesondere bei sicherheitsrelevanten Klebungen, gerecht zu werden. ■

Quellenverweis

- [1] DIN 6701, Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen, Teil 1 – 4
- [2] Niermann, D., Groß, A., Brede, M., & Hennemann, O.-D. „Qualitätssicherung in der Klebtechnik (Teil 2): Fertigungsphase“ Adhäsion (Ausgabe 9, 2005), S. 28-32.
- [3] Groß, Andreas; Lohse, Hartwig; „Die neue DIN 2304 und ihr Nutzen für die Praxis Qualitätssicherung in der Klebtechnik“, Adhäsion (Ausgabe 6, 2015), S. 12-19
- [4] Niermann, D., Groß, A., Brede, M., & Hennemann, O.-D. „Qualitätssicherung in der Klebtechnik (Teil 1): Konstruktionsphase“, Adhäsion (Ausgabe 7-8, 2005), S. 36-38.
- [5] Klocke, Heinz : „Alltagstaugliche 3D-Klebstoffauftragskontrolle in der Fahrzeugindustrie“, Adhäsion (Ausgabe 11, 2004), S. 17-20

Die Autoren

Dipl. Wirt.-Ing. Heinrich Kordy (heinrich.kordy@ifam.fraunhofer.de) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Klebtechnische Fertigung.
Dipl. Phys. Kai Brune (kai.brune@ifam.fraunhofer.de) leitet die Arbeitsgruppe Qualitätssicherung Oberfläche in der Abteilung Adhäsions- und Grenzflächenforschung.
M.Sc. Mareike Schlag (mareike.schlag@ifam.fraunhofer.de) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin dieser Arbeitsgruppe.

TECHNISCHE QUALITÄTSSICHERUNG IN DER KLEBTECHNIK

„Die DIN 2304 setzt die logischen Anforderungen um“

Ohne Kleben geht's nicht. Nach Angaben des Industrieverbandes Klebstoffe stehen in Deutschland 50 Prozent aller Produkte mit Kleb- und Dichtstoffen in Verbindung. Nicht zuletzt deshalb wird das Kleben heute als die Fügetechnik des 21. Jahrhunderts bezeichnet. Jetzt wird mit der neuen DIN 2304 eine Qualitätsoffensive gestartet. Was das konkret für Anwender der Klebtechnik bedeutet, erklärt Kai Brune im Interview.

Adhäsion: Herr Brune, lässt sich in der klebtechnischen Praxis eine Null-Fehler-Produktion erreichen?

Kai Brune: Sehen wir es als Ziel. Eine konsequente Qualitätssicherung wird auf jeden Fall dazu beitragen, auftretende Fehler immens zu verringern. Ob man immer eine Null-Fehler-Produktion erreichen kann, wird sich zeigen.

Ist es überhaupt möglich, alle Fehler im Laufe des Prozesses auszuschließen?

Das ist ja der Kerngedanke der ISO 9001: Wenn ich Fehler in der Fertigung nicht einhundertprozentig zerstörungsfrei nachweisen kann, muss ich sie eben vermeiden. Dazu ist es wichtig, dass man diese erkennt und den

Prozess nachregeln bzw. optimieren kann. Ich kann aber Fehler nur erkennen, wenn ich sie kenne. Das heißt, ich muss klebtechnisch qualifiziert sein. Fehler, die nicht frühzeitig erkannt werden, verursachen hohe Kosten, Imageverluste und im Extremfall sogar den Verlust von Zulassungen. Ein konsequentes Monitoring und eine gezielte



„Die DIN 2304 konkretisiert letztlich lediglich die ISO 9001 und setzt ganz pragmatisch die logischen Anforderungen an einen Klebprozess um.“

Kai Brune, DVS/EWF-European Adhesive Engineer (EAE) und Leiter der Gruppe Qualitätssicherung Oberfläche in der Abteilung Adhäsions- und Grenzflächenforschung beim Fraunhofer IFAM in Bremen.

„Die DIN 2304 unterstützt die deutsche Industrie darin, ihre technologische Marktführerschaft weiter auszubauen.“



Qualitätssicherung sind hier zwingend notwendig.

Welche fertigungstechnischen Bereiche sind für den erfolgreichen Einsatz der Klebtechnik qualitätstechnisch besonders wichtig?

Hierzu lässt sich kein Ranking erstellen. Beim Einsatz muss die Klebtechnik immer und grundsätzlich als ganzheitliches System betrachtet werden. Fehler können in allen Bereichen der klebtechnischen Fertigung entstehen. Ausgehend von der Wareneingangsprüfung über die Klebstoffapplikation bis zur abschließenden Prüfung des Bauteils können Fehler auftreten. Für einen erfolgreichen Einsatz muss man eben an alles denken.

Gibt es auch qualitätstolerante Prozessbereiche?

Nein! Qualitätstolerante Prozessbereiche findet man in der Klebtechnik nicht. Denn die Basis ist und bleibt die Adhäsion: weltweit, klebstoffunabhängig, produktunabhängig, branchenübergreifend. Einige Punkte zeigen vielleicht keinen sofortigen Einfluss auf Festigkeiten, rächen sich jedoch z.B. in der Lang-

zeitstabilität. Wie „tolerant“ mein Klebprozess zum Beispiel auf spezifische Verunreinigungen wie Korrosionsschutzöle oder Fehler im Mischungsverhältnis reagiert, muss man speziell betrachten und ggf. sein eigenes Prozessfenster definieren.

Wie aufwändig ist es für Anwender der Klebtechnik, die Anforderungen aus der Norm DIN 2304 zu erfüllen?

Natürlich erfordert die Einführung der DIN 2304 für Anwender ein Umdenken: Der Anwender muss zur Erfüllung der Norm über jede seiner Klebungen nachdenken und diese beispielsweise nach Sicherheitsanforderungen klassifizieren. Auch kann es zu einem erhöhten Aufwand in der Einführungsphase kommen. Wer jedoch heutzutage schon den Einsatz der Klebtechnik lebt und es nicht nur als aufgezwungenen Ersatzprozess des Schweißens sieht, wird hier wenige Probleme haben. Die DIN 2304 konkretisiert letztlich lediglich die ISO 9001 und setzt ganz pragmatisch die logischen Anforderungen an einen Klebprozess um. Das werden wir in der Qualitätszunahme von geklebten Produkten zu spüren bekommen.

Und der Klebstoff selbst – auf welche Weise stellen sich die Formulierer von Kleb- und Dichtstoffen technisch auf die neue Norm ein?

Zunächst betrifft die DIN 2304 die Klebstoffhersteller nicht direkt. Der Einsatz der DIN 2304 soll die Klebtechnik als Fügetechnologie stärken und die Produktqualität steigern. Auftretende Fehler werden nach wie vor oft beim Klebstoff gesehen. Aus unserer Erfahrung liegen jedoch mindestens 90 Prozent der Fehler beim Anwender.

Welche Methoden stehen heute für die prozessintegrierte Qualitätssicherung zur Verfügung?

Entlang des Gesamtprozesses „Kleben“ lassen sich hier Methoden finden. Von der Überwachung des Mischungsverhältnisses zum Beispiel über Farbmetrik, der Raupenposition, der Lage von Fügeteilen bis zur Überwachung von deren Sauberkeit lässt sich hier schon vieles abdecken. Zusätzlich findet man schon zerstörungsfreie Prüfsysteme im prozessintegrierten Einsatz. Viele Systeme kann man heutzutage als Stand der Technik ansehen. Hier hat sich in den letzten Jahren vieles getan und wird sich

auch auf dem Markt durchsetzen. Aber, es bleibt dabei: Eine 100-prozentig zerstörungsfreie Prüftechnik für die jeweilige Klebung gibt es nach wie vor nicht. Kleben ist und bleibt ein sogenannter „spezieller Prozess“ nach ISO 9001.

Welche Methoden sind für die Überwachung sicherheitsrelevanter Klebungen wichtig?

Bei sicherheitsrelevanten Klebungen ist das Prozessfenster für alle Bereiche extrem klein. Hier sollte man schon das Komplettpaket voll ausnutzen. Oftmals gibt es schon etablierte Methoden, die durchaus schon den Stand der Technik darstellen. Spart man hier ein, kann man die möglichen Konsequenzen kaum abschätzen.

Und welche Methoden sind inline-fähig?

Inlinefähigkeit ist in den letzten Jahren immer wichtiger geworden. Hierzu gibt es viele Forschungsvorhaben mit guten Ansätzen und Ergebnissen. Ein Beispiel zur Überwachung der Reinheit von Fügeteiloberflächen ist der Aerosol-Benetzungstest. Kontaminationen werden durch Benetzungsänderungen schnell erkannt. Dieses inlinefähige System gibt es unter dem Namen bonNDTinspekt schon auf dem Markt. Ein weiteres Beispiel ist die Detektion von Ölbelegungen auf Metallbauteilen. Die laserinduzierte Fluoreszenz erzielt hier sehr gute Messergebnisse, ist schnell und als inlinefähiges Messsystem erhältlich. Dies sind jedoch nur Beispiele, die man auf die Prozessschritte Wareneingangskontrolle und Klebstoffapplikation ausweiten könnte.

Auf welche Weise werden klebtechnisch aktive Unternehmen dazu gebracht, ihre technische Qualitätssicherung zu verbessern?

Ich glaube, das Verständnis und der Nutzen sind hier sehr wichtig. Oftmals zeigen einfache Versuche, welchen Ein-

fluss Prozessabweichungen zum Beispiel durch Kontaminationen haben können. Der Weg über einen hohen Ausschuss kommt auch vor, erzeugt aber immer einen immensen Druck. Besser ist es, den Prozess frühzeitig zu überwachen und abzusichern. Der Standort Deutschland ist bekannt für Innovationen und da kommen wir bei der technischen Qualitätssicherung nicht drum herum. Vor allem hilft uns die DIN 2304 endlich auch, diesen Punkt nicht aus dem Blick zu verlieren.

Gehen Sie auch davon aus, dass Kunden die technische Qualitätssicherung nach der neuen DIN 2304 bei der Bestellung klebtechnisch gefügter Produkte mit ins Pflichtenheft aufnehmen?

Die DIN 2304 unterstützt die deutsche Industrie darin, ihre technologische Marktführerschaft weiter auszubauen. Deshalb bin ich mir sicher, dass sich neue Methoden zur technischen Qualitätssicherung etablieren und auch in das Pflichtenheft für Zulieferer mit aufgenommen werden. Hier sind wir thematisch wieder beim Stand der Technik, und es ist nur eine Frage der Zeit, wann diese Methoden eingesetzt werden. Den größten Benefit werden aus meiner Sicht diejenigen Unternehmen haben, die früh mit der Einführung beginnen.

Wie hoch schätzen Sie den Prozentsatz dieser Kunden ein?

Bereits jetzt, noch vor der offiziellen Einführung der DIN 2304, erkennen wir in Gesprächen das große Interesse seitens der Industrie. Die Reaktionen sind durchweg positiv. Das sind gute Voraussetzungen für eine breite Umsetzung. Auf einen genauen Prozentsatz möchte ich mich nicht festlegen, bin aber der Überzeugung, dass technologisch international führende Branchen wie zum Beispiel der Automobilbau die ersten mit einer flächendeckenden Ein-

führung sein werden. Will man in Zukunft als Zulieferer wettbewerbsfähig bleiben, muss man hier aktiv werden. Der Schritt ist doch nur konsequent. Was bringt einem Unternehmen das Arbeiten nach DIN 2304, wenn der Zulieferer hier nicht mitspielt. Es geht nur ganz oder gar nicht.

Müssen die Preise dann nicht deutlich steigen?

Warum? Natürlich ergibt sich anfangs ein erhöhter Aufwand und zusätzliche Kosten für das Unternehmen. Aber nach unserer Erfahrung rechnet sich zum Beispiel der Einsatz neuer inlinefähiger Messsysteme betriebswirtschaftlich schon nach kurzer Zeit. Zusätzlich werden Fehler vermieden und eine Qualitätssteigerung bzw. Qualitätsabsicherung bringt auch eine Imageverbesserung mit sich. Dies kann auch neue Märkte und Kundenstämme mit sich bringen.

Wagen wir einen Blick in die Zukunft. Sind schon neue Methoden in Sicht, die ein hohes Potenzial für die Anwendung als prozessintegrierte Qualitätssicherung bieten?

Die Forschung und Entwicklung neuer Methoden geht hier natürlich immer weiter. Viele Methoden zum Beispiel zur direkten Überwachung eines Mischungsverhältnisses, zur zerstörungsfreien Prüfung von Bauteiloberflächen und Verbunden werden hier in naher Zukunft zu neuen Innovationen führen. Da kann man wirklich sehr gespannt sein. Wir dürfen auch hier nicht stehen bleiben, sondern müssen mit innovativen Ideen nach vorne gehen. Nur so können wir die Klebtechnik weiter etablieren und vor allem den Standort Deutschland mit qualitativ hochwertigen Produkten stärken. ■

Das Gespräch führte Marlene Doobe.

WORKSHOP ZUR UMSETZUNG DER DIN 2304

Volles Haus

Der DIN-Arbeitskreis Arbeitskreis NA 092-00-28-01 „Prozesskette Klebtechnik“ verabschiedete am 7. und 8.10.2015 die DIN 2304. Sie wurde im Februar 2016 veröffentlicht. Wie gelingt es, diese neue Norm erfolgreich umzusetzen? Um hier Hilfestellung zu leisten, lud das Fraunhofer IFAM bereits am 27.10.2015 zu einem ganztägigen Workshop ein. Rund 100 Teilnehmer/innen, vornehmlich aus der klebstoffanwendenden Industrie, kamen nach Bremen.

Das Ziel des Workshops bestand darin, die DIN 2304 vorzustellen und den Teilnehmer/innen Perspektiven zu vermitteln, dass – und vor allem wie – die Norm konkret und erfolgreich im Betrieb umgesetzt werden kann.

Nach der Begrüßung durch den Institutsleiter Prof. Dr. Bernd Mayer stellte Prof. Dr. Andreas Groß (Fraunhofer IFAM) die Norm, ihre Hintergründe, ihre grundsätzliche Zielrichtung und die Notwendigkeit ihrer Einführung vor. Er machte noch einmal deutlich, dass

es sich bei der DIN 2304 um eine reine Klebstoffanwender-Norm handelt. Hersteller von Klebstoffen und Applikationsgeräten sind nicht direkt von der Norm betroffen. Das übergeordnete Ziel der DIN 2304 besteht darin, den Einsatz der Klebtechnik strategisch durch eine qualifiziertere Klebstoff-Anwendung weiterzuentwickeln. Aus diesem Grund beschreibt sie – und dieser ist im Produktsicherheitsrecht verbindlich – den derzeitigen Stand der Technik der Organisation der fachgerechten Umsetzung klebtechnischer Prozesse im Betrieb.

Um das zu erreichen, konkretisiert die DIN 2304 klebspezifisch den „genialen“ Kerngedanken der ISO 9001: Wenn im Fertigungsprozess Fehler nicht zerstörungsfrei einhundertprozentig nachgewiesen werden können, müssen sie eben vermieden werden.

„Verantwortung ist nicht teilbar“

Anschließend berichteten Dr.-Ing. Jan-Dirk Glaser (Alstom Transport Deutschland) und Peter Hellwig (Siemens Transportation Krefeld) direkt aus der Praxis über ihre Erfahrungen mit der Normenführung und -umsetzung im Schienenfahrzeugbau. Beide sind langjährige „verantwortliche Klebaufsichtspersonen“ in ihren Betrieben und haben alle Höhen und Tiefen hinsichtlich der analog zur DIN 2304 aufgebauten DIN 6701 für ihren Industriebereich miterlebt.

Eine Kernaussage von Dr. Jan-Dirk Glaser in seinem Vortrag „Normgerechte Maßnahmen für die klebtechnische Qualitätssicherung am Beispiel des Schienenfahrzeugbaus“ war: „Verantwortung ist nicht teilbar“. Diese Aussage verknüpfte er mit seiner Tätigkeit als „verantwortliche Klebaufsichtsperson (vKAP)“, durch die er in alle Schritte der Prozesskette Klebtechnik zentral eingebunden und daran beteiligt ist. Eindrucksvoll und offen stellte er dem Auditorium dar, worin die Herausforde-



Das Interesse am Workshop zur Umsetzung der DIN 2304 im Fraunhofer IFAM war groß

rungen in den letzten Jahren bestanden und welche Hürden überwunden werden mussten, aber auch, wie sehr sich in der Rückschau der Einsatz gelohnt hat – gerade wenn er heute die hohe Akzeptanz der Klebtechnik in seinem Unternehmen mit ihrem Stellenwert von vor zehn Jahren vergleicht. Immer wieder stellte er auch heraus, wie wichtig die Kommunikation im Anwenderbetrieb zur Vermeidung bzw. frühzeitigen Erkennung von Fehlern ist, wie wichtig dafür die klebtechnische Qualifikation des Personals bis hinein in die Werker-Ebene ist und wie sehr die Umsetzung der DIN 6701 dabei geholfen hat.

Widerstände überwinden

Peter Hellwig berichtete anschließend über die „Auswirkung der DIN 6701 auf den Geschäftsprozess“ und zeigte – analog zum vorhergehenden Vortrag – auf, welche Aufwände die Erfüllung der Norm zur Folge hatte, welche Widerstände in der Anfangszeit zu überwinden waren (und überwunden wurden) und was die Norm in der Rückschau gebracht hat und zukünftig bringt. Die Argumente, die anfangs gegen die Norm angeführt wurden (Stichworte: „zu großer Aufwand“, „Kleben wird gegenüber anderen Verbindungsverfahren unattraktiv“, „Innovationen werden behindert“ usw.) waren für die, die an der Entwicklung der DIN 2304 beteiligt waren, ein reines „Déjà-vu“: Es ist aus der Bedenken-trägerfraktion nicht ein neues Argument hinzugekommen. Peter Hellwig stellte eine Langzeitstudie über 15 Jahre (2000 – 2015) aus seinem Haus in den Mittelpunkt: In der Zeit vor Einführung der Norm (2000 – 2005) wurden bei zahlenmäßig überschaubaren Klebanwendungen 80 Prozent der klebtechnischen Fehlleistungen erst in der Gebrauchsphase beim Kunden und nur 20 Prozent bereits während der Fertigung bemerkt. Heute, rund zehn Jahre nach Einführung der Norm, hat sich das Verhältnis umgekehrt: Wenn noch



Nach Auffassung von Dr.-Ing. Jan-Dirk Glaser (Alstom Transport Deutschland GmbH) ist Verantwortung nicht teilbar.

Fehler auftreten, werden diese überwiegend bereits in der Fertigung bemerkt, was eine Korrektur einfacher und preiswerter gestaltet. Und vor allem: Seit Einführung der Norm ist die Zahl der relevanten Klebungen pro Fahrzeug um das fast Siebenfache gestiegen, während gleichzeitig die Zahl der klebtechnischen Fehlleistungen, bezogen auf die Zahl der Klebungen, um rund 90 Prozent gesunken ist.

Beide Referenten machten dem Auditorium jedoch auch übereinstimmend deutlich: Eine Norm, deren Einführung und Umsetzung im Betrieb, macht nur Sinn, wenn die Geschäftsleitung dahintersteht und dafür sorgt, dass die Norm auch „gelebt“ wird. Und diese gelebte Norm umfasst alle qualitätsbeeinflussenden Prozessschritte.

Keine „Panik“ vor dem Audit

Dr. Erik Meiß (Leiter Weiterbildungszentrum Klebtechnik Fraunhofer IFAM und Betriebsprüfer DIN 6701) machte in seinem Beitrag „Zertifizierung eines Anwenderbetriebes nach Norm“ dem Auditorium deutlich, dass „Panik“ vor einer Betriebszertifizierung, vor einem Audit,

unangebracht ist. Viele Dinge, die die Norm(en) fordern, werden bereits über das vorhandene Qualitätsmanagementsystem (z.B. nach ISO 9001) abgedeckt. Eine Betriebsprüfung nach DIN 6701 (und später nach DIN 2304) ist darüber hinaus keine Formsache, sondern gleichsam auch eine inhaltliche Auseinandersetzung mit den Prozessschritten und deren Dokumentation. Und: Im Schienen-



Peter Hellwig (Siemens Transportation Krefeld) weiß aus Erfahrung: „Seit der Norm: mehr Klebungen – weniger Fehler“

fahrzeugbau sind bisher (Stand 09/2015) knapp 500 Betriebe nach DIN 6701 zertifiziert. Erstaunlich dabei ist, dass es sich dabei bereits zu über einem Drittel um ausländische Betriebe handelt. Das heißt, die „nationale“ DIN wirkt längst international – bis hin nach China. Und die Zahl der Betriebe, die sich freiwillig, d.h. ohne den Zwang behördlicher Auflagen zertifizieren lassen, nimmt zu. Die DIN 6701 ist längst zu einem etablierten internationalen Qualitätsstandard geworden. Aus seiner Sicht gibt es keine Argumente, weshalb sich das mit der DIN 2304 anders entwickeln sollte.

Checkliste hilft bei Umsetzung

Nach diesen Praxisberichten vor dem Hintergrund der DIN 6701 für den Schienenfahrzeugbau griff Manfred Peschka (Abteilungsleiter Klebtechnische Fertigung Fraunhofer IFAM) mit seinem Vortrag „Entwurf einer modellartigen Checkliste zur Umsetzung der DIN 2304“ die zuvor angesprochene Unsicherheit hinsichtlich Normeneinführung und -umsetzung sowie Betriebsprüfungen auf. Die Checkpunkte ergeben sich



In den Pausen wurde über die DIN 2304 rege diskutiert.

aus den Anforderungen an die gesamte Prozesskette: Infrastruktur, Personal, Vertragsprüfung, Entwicklungsprozess, Konstruktion usw. Hinsichtlich der Einführung der DIN 2304 und speziell für die Klassifizierungen der Klebungen nach Sicherheitsstufen führt er (frei nach Prof. Bullinger, ehem. Präsident

Fraunhofer-Gesellschaft) die Formel „X M V“ ein: „X‘under MenschenVerstand“. Soll heißen, gerade die Klassifizierung nach Sicherheitsstufen ist mit Augenmaß zu vollziehen und besteht nicht in einer willkürlichen Aneinanderreihung verschiedener fiktiver „worst cases“.

Die Mittagspause konnten die Teilnehmer/innen auch nutzen, um ihre spezifischen Fragen zur DIN 2304 unter den Schwerpunkten „Konstruktion und Sicherheitsklassen“, „Personal und Infrastruktur im Anwenderbetrieb“, Umsetzung der DIN 2304 in die Fertigung“, „Betriebszertifizierung nach DIN 2304“ und „Qualitätssicherung und Nachweisführung mit Dokumentation“ aufzuschreiben. Der Nachmittag war dann ausschließlich einer Podiumsdiskussion mit allen Referenten gewidmet, die in offener und lebendiger Art die Fragen aus dem Auditorium diskutierten. Natürlich sind Fragen offen geblieben, aber vieles konnte beantwortet und mit Erfahrungen unterlegt werden, sodass die Teilnehmer/innen des Workshops den Eindruck mitnehmen konnten, dass die Umsetzung der DIN 2304 etwas Sinnvolles, etwas Machbares, etwas Lohnendes und vor allem Zukunftsweisendes ist. ■



In einer Podiumsdiskussion am Nachmittag stellten sich die Referenten den Fragen aus dem Auditoriums (v.l.n.r.): Dr.-Ing. Jan-Dirk Glaser (Alstom Transport Deutschland), Manfred Peschka (Abteilungsleiter Fertigungstechnik Fraunhofer IFAM), Peter Hellwig (Siemens Transportation Krefeld) und Dr. Erik Meiß (Leiter Weiterbildungszentrums Klebtechnik Fraunhofer IFAM und Betriebsprüfer DIN 6701).

UNTERSTÜTZUNG DER INDUSTRIE BEI DER UMSETZUNG NEUER NORMEN

DIN 2304 – Umsetzung im Prozess

Das Kleben ist, ebenso wie das Schweißen, nach DIN EN ISO 9001 ein »spezieller Prozess«, dessen Ergebnis nicht in vollem Umfang zerstörungsfrei geprüft werden kann. Für einen nachhaltigen und reproduzierbaren Klebprozess gilt es gemäß DIN EN ISO 9001 eine Strategie der Fehlerprophylaxe stringent zu entwickeln und zu verfolgen. Dafür ist das Kleben im Qualitätsmanagement-System technologiegerecht und effektiv zu verankern. Die in Kraft getretene DIN 2304 konkretisiert die ISO 9001 und legt den verbindlichen Stand der Technik für die fachgerechte Umsetzung klebtechnischer Prozesse fest.

KAI BRUNE, ANDREA PAUL

Die DIN 2304 gilt für alle Klebungen, mit der Hauptfunktion der Übertragung mechanischer Lasten. Sie ist gültig in allen Industriezweigen, für die keine eigene Normung für klebtechnische Anwendungen vorliegt.

Hierbei ergibt sich ein sehr breites Anwenderfeld aus z. B. folgenden Industriezweigen:

- Automobilindustrie
- Flugzeugbau
- Anlagenbau
- Elektrotechnik
- Mikrosystemtechnik und Optik

- Baugewerbe
- Schiffbau
- Sonderfahrzeugbau
- Verpackungsindustrie
- Werkzeugherstellung
- Medizintechnik
- Textilindustrie

Auf die Betriebe, die Klebtechnik einsetzen, kommen mit der DIN 2304 neue Herausforderungen zu. Dies beginnt damit, dass alle Klebverbindungen in Sicherheitsklassen eingestuft werden müssen, da diese die Qualitätsanforderungen für den gesamten Klebprozess vorgeben. Die Sicherheitsklassen sind abhängig von dem Risiko, das vom Ausfall der Klebverbindung ausgeht. In der Klasse S1 „hohe Sicherheitsanforderungen“ ist der Aufwand zur Qualitätssicherung am höchsten. Wird die Klebung in die Klasse S4 „keine Sicherheitsanforderungen“ eingeteilt, sind dagegen keine speziellen Maßnahmen notwendig.

Sind im Betrieb Klebungen mit den Sicherheitsklassen S1 bis S3 vorhanden, liegt die Herausforderung darin, ein auf den Betrieb und das verwendete Qualitätsmanagement-System passendes Konzept zu entwickeln, um die klebtechnisch relevanten Punkte ab-



© Fraunhofer IFAM und fotolia

Bild 1: DIN EN ISO 9001 – Kerngedanke

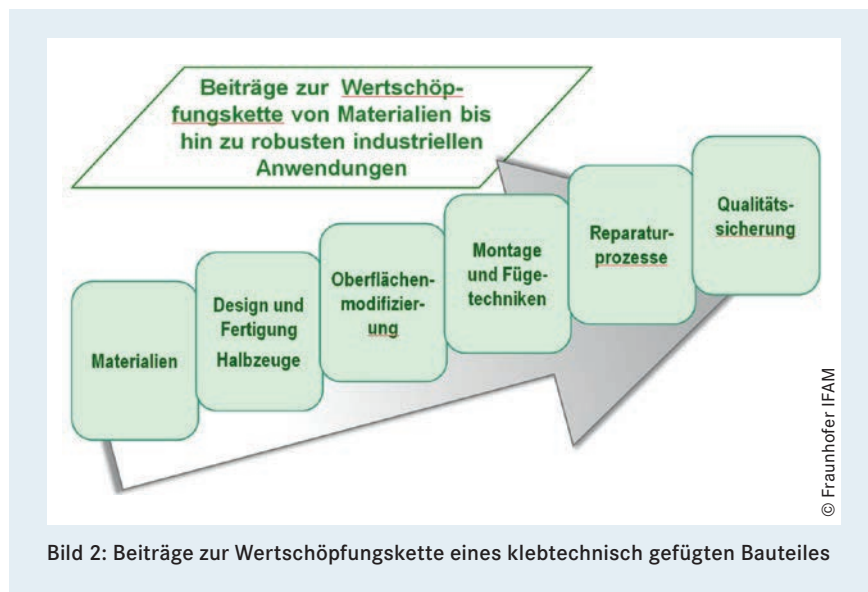


Bild 2: Beiträge zur Wertschöpfungskette eines klebtechnisch gefügten Bauteiles

zusichern. Dies beginnt mit der Planung der zu verwendenden Materialien bis hin zur potenziellen Reparatur des Produktes (Bild 1). Bei der Erstellung des Konzepts müssen alle Bereiche des Betriebes berücksichtigt werden, die einen Einfluss auf das spätere geklebte Produkt haben können. Dazu gehören auch Bereiche, bei denen die-

ser Einfluss nicht auf den ersten Blick ersichtlich ist.

Verfolgt man gedanklich die gesamte Prozesskette der klebtechnischen Fertigung, so steht am Anfang die Prüfung von Verträgen, die mit dem Kunden geschlossen werden. Hierbei soll sichergestellt werden, dass alle klebtechnischen Anforderungen umsetzbar sind. Werden

die Klebungen nicht selbst hergestellt, sondern von Lieferanten zugekauft, muss in der Unterauftragsvergabe eine klare Definition der klebtechnischen Erfordernisse erfolgen. Ein wichtiger Punkt ist der Entwicklungsprozess, so muss z. B. in der Konstruktion sichergestellt werden, dass die auf die Klebung einwirkenden Lasten (Belastung) kleiner sind, als die vom Verbund zu ertragenden Lasten (Belastbarkeit). In der Prozessplanung gilt es, unter anderem die für die Herstellung einer Klebung notwendigen Hilfsmittel zu bestimmen und Arbeitsanweisungen zu erstellen.

Für die Fertigungsphase sind in der DIN 2304 Anforderungen bezüglich der Infrastruktur des Betriebes, der klebtechnischen Arbeitsbereiche für Fertigung oder Instandsetzung, der Lagerung und Logistik sowie der produktionsbegleitenden Qualitätssicherungsmaßnahmen aufgeführt. Ebenso gibt es, wie aus der DIN EN ISO 9001 bekannt, Anforderungen bezüglich der Überwachung von Mess-, Prüf- und Fertigungshilfsmitteln.

Ein wichtiger Aspekt im kompletten Klebprozess ist die klebtechnische Weiterbildung des Personals. Entgegen der Vorgehensweise, nur Klebstoffe für bestimmte Anwendungen zuzulassen, stützt sich die DIN 2304 auf die fachgerechte Ausführung von Aufgaben wie Klebstoffauswahl, Klebstoffqualifikation und Herstellung der Klebungen.

Zur klebtechnischen Weiterbildung der Mitarbeitenden bedient sich die DIN 2304 den langjährig bekannten DVS®/EWF-Personalqualifizierungen zum Klebpraktiker, zur Klebfachkraft oder zum Klebfachingenieur. Diese Kurse werden in akkreditierten Weiterbildungszentren sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache bzw. als In-house-Lehrgänge auch mit Übersetzung in die jeweilige Landessprache angeboten.

Bei der Ersteinführung der DIN 2304 ist es empfehlenswert, zuerst den Istzustand des klebtechnischen Prozes-



Bild 3: Optimierung der Klebstoffapplikation



Bild 4: Klebtechnische Weiterbildung am Fraunhofer IFAM

ses in seiner Gesamtheit im Betrieb zu betrachten. Folgende Schritte sollten hierbei durchgeführt werden:

1. Analyse des gesamten klebtechnischen Prozesses für eine bestehende oder geplante Fertigung, gegebenenfalls einschließlich der Durchführung einer Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA) unter klebtechnischen Gesichtspunkten.
2. Abgleich mit den in der DIN 2304 aufgeführten Anforderungen
3. Erfassung der Optimierungspotenziale und Ableitung von konkreten Lösungsansätzen.

Einführung von Normen – Experten helfen

Die Einführung einer neuen Norm in den Betrieb ist ein komplexer und auf-

wendiger Vorgang, bei dem langjährige Erfahrung mit klebtechnischen Prozessen und der dazugehörigen Qualitätssicherung von Vorteil sind. Sind diese Kompetenzen oder Ressourcen intern nicht verfügbar, können externe Experten einbezogen werden.

Abhängig von den vorhandenen Möglichkeiten der Unternehmen wird ein spezifisches Konzept erarbeitet. Dazu wird zunächst, wie bereits beschrieben, der Istzustand des Prozesses analysiert. Neben der Erfassung von Optimierungspotenzialen sowie der Ableitung von Lösungsansätzen wird auch deren Umsetzung aktiv unterstützt. Hierbei werden Fertigungsdokumente oder z. B. komplette Prozessplanungen erstellt und der Kunde aktiv bei der Einführung der Norm unterstützt. Abschließend wird die Umsetzung der Maßnahmen analysiert und eine Überprüfung der Einhaltung von Normen vorgenommen, um z. B. für eine mögliche Zertifizierung gut vorbereitet zu sein. Unterstützung in allen genannten Bereichen kann unter anderem durch das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM mit seinem Institutsteil Klebtechnik und Oberflächen erfolgen. ■

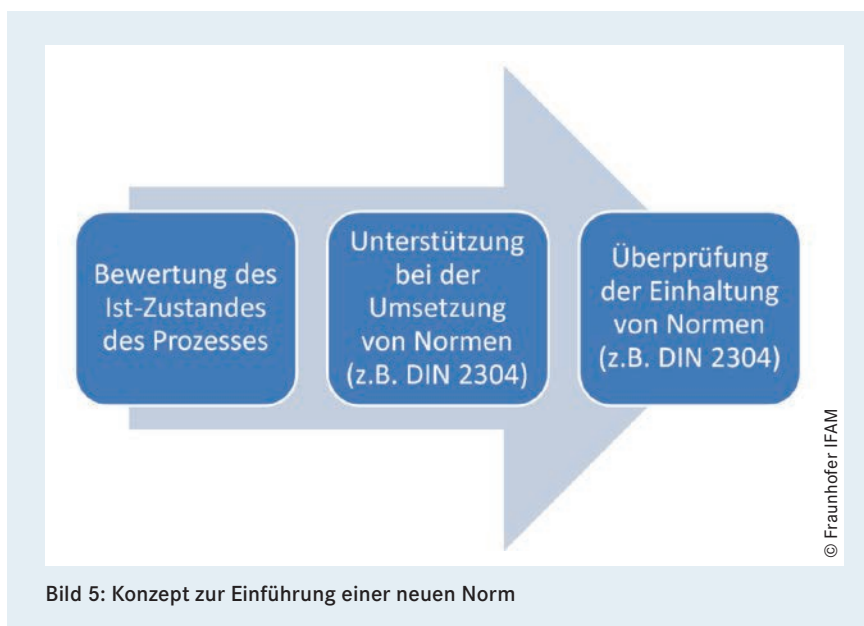


Bild 5: Konzept zur Einführung einer neuen Norm

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Andrea Paul ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Klebtechnische Fertigung.

Dipl. Phys. Kai Brune (kai.brune@ifam.fraunhofer.de) leitet die Arbeitsgruppe Qualitätssicherung Oberfläche in der Abteilung Adhäsions- und Grenzflächenforschung.



**Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM**

Wiener Straße 12
28359 Bremen
Telefon +49 421 2246-0
info@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de