

Wissen und verstehen, was man tut

Das Potenzial der Klebtechnik und die Notwendigkeit der Qualitätssicherung

Der Trend zu einer zunehmenden Verwendung von Kleb- und Dichtstoffen hält in vielen Branchen aus Industrie, Handwerk und Dienstleistung weiterhin an. Nicht nur die Automobilindustrie, der gesamte Verkehrsmittelbau inkl. Sonder- und Nutzfahrzeugbau, Schienenfahrzeugbau, Schiffbau, Luft- und Raumfahrt und die Zulieferindustrie der genannten Branchen bedient sich mehr denn je der Klebtechnik, z.B. um neben effizienten und signifikanten Gewichtsreduzierungen auch aerodynamische Effekte zu erzielen. In der Elektronik sind Klebstoffe inzwischen unentbehrlich und tragen in hohem Maße zur Funktionssicherheit bei. Auch im Maschinen- und Anlagenbau setzt sich die Klebtechnik immer mehr durch. Der Industrieverband Klebstoffe geht auch mittelfristig von einem mindestens 4%igem Wachstum des Klebstoffsektors aus.

Die Realisierung der ständig steigenden Anforderungen an Produkte, Bauteile und Komponenten (Bild 1) erfolgt zwangsläufig über die Neu- bzw. Weiterentwicklung von Werkstoffen mit immer anforderungsspezifischeren Eigenschaften und mit neuen Verfahren. In den vergangenen Jahrzehnten wurden für die verschiedensten Einsatzbereiche permanent neue Spezialwerkstoffe entwickelt. Außer den klassischen



Bild 1: Technologie, Ökonomie, Ökologie -> steigende Anforderungen -> neue Werkstoffe

(Bild: Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM))

Von Professor Dr. Andreas Groß, Dr. Erik Meiß
Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Weiterbildungszentrum
Klebtechnik I www.kleben-in-bremen.de

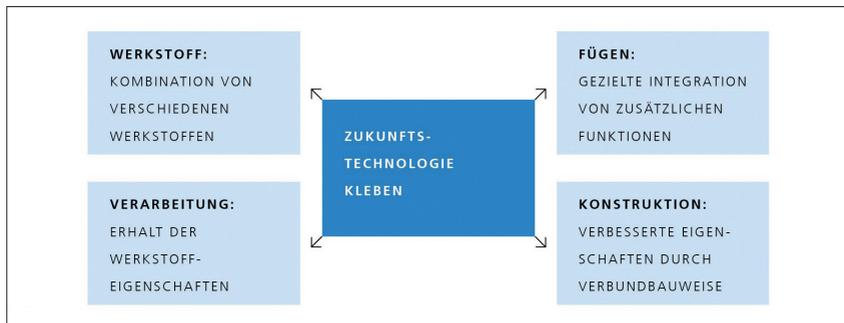


Bild 2: Kleben – die Verbindungstechnik des 21. Jahrhunderts (Bild: Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM))

Metallen kam eine Vielzahl von spezifischen Legierungen, Kunststoffen, aber auch Keramiken und Gläsern zum Einsatz. Die Zukunft wird zweifellos den aus verschiedenartigen Werkstoffen zusammengesetzten Verbundsystemen gehören. Gleichzeitig nimmt jedoch die Werkstoffsensitivität zu. Da im Produkt zunehmend unterschiedliche Werkstoffe miteinander verbunden werden müssen, stellt sich immer mehr die Frage nach der spezifischen Verbindungstechnik.

Kleben – die Verbindungstechnik des 21. Jahrhunderts

Die traditionellen Verbindungstechniken haben wohlbekannte Nachteile. Bei thermischen Verfahren wie dem Schweißen verändert der Werkstoff innerhalb einer Wärmeeinflusszone seine spezifischen Eigenschaften. Mechanische Verfahren wie Nieten oder Schrauben wiederum ermöglichen nur eine punktförmige Kraftübertragung. Außerdem muss man in die zu verbindenden Werkstücke Löcher bohren, den Werkstoff also verletzen und damit schwächen.

Die Klebtechnik (**Bild 2**) dagegen nimmt in diesem Zusammenhang aus vier wesentlichen Gründen eine Schlüsselstellung ein:

1. Über das bei fachgerechtem Einsatz dieser Fügetechnik langzeitbeständige Verbinden gleicher Materialien hinaus ist es klebtechnisch möglich, nahezu alle Werkstoffkombinationen langzeitbeständig zu verbinden.
2. Durch den Fertigungsprozess „Kleben“ werden die Werkstoffeigenschaften der Füge­teile nicht unzulässig verändert. Im Regelfall bleiben sie sogar unverändert erhalten: Der Klebprozess ist im Vergleich zum Schweißen oder Löten relativ wärmearm, eine Verletzung der Füge­teile wie beim Nieten oder Schrauben findet nicht statt.

3. Punkt 1 und 2 führen in der Produktherstellung zu der Möglichkeit, spezifische Werkstoffeigenschaften für das Bauteil optimal zu nutzen. Dadurch sind die Möglichkeiten für neue Bauweisen (z.B. Leichtbauweisen) gegeben.
4. Zudem ist es möglich, durch die Klebtechnik gezielt zusätzliche, über das eigentliche Verbinden hinausgehende Eigenschaften in das Bauteil zu integrieren.

Stand der Klebtechnik

Die moderne Klebtechnik ist somit integraler Bestandteil innovativer Technikentwicklung und leistet damit einen wirtschaftlichen Beitrag zur Stabilisierung bestehender und Schaffung neuer Arbeitsplätze. So wurden 2017 820.000 t Kleb- und Dichtstoffe (ohne zementäre Bauklebstoffe) hergestellt. Die – gemessen am Produktionsumfang – bedeutendsten Produkttypen in 2017 waren Dispersionsklebstoffe mit einer Produktionsmenge von rd. 420.000 t. Dahinter folgten reaktive Klebstoffsysteme mit 250.000 t und Schmelzklebstoffe mit 150.000 t. Hinzu kommen 1.016 Mio. m² Klebebänder (= 150.000 Fußballfelder). Das entspricht einem Umsatz von rd. 3,8 Mrd. €, der für die Volkswirtschaft zu einer indirekt generierten Wertschöpfung von ca. 400 Mrd. € führt [1].

Klebstoffe ermöglichen i.d.R. eine Null-Fehler-Produktion. Leider kommt es immer noch zu häufig zu Klebfehlern, die dann zu über 90% auf Anwendungsfehler zurückzuführen sind. Genau diesen Widerspruch nimmt die DIN 2304 „Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse“ auf: Wenn der wesentliche Grund nicht Klebstofffehler, sondern Anwendungsfehler sind, muss im Bereich der Anwendung nachgebessert werden. Folglich handelt es sich bei der DIN 2304 um eine Anwendernorm mit dem Ziel, klebtechnische Anwendungsprozesse organisatorisch so zu gestalten, dass der gesamte Klebprozess „beherrscht“ wird. Die DIN 2304 gilt für alle Klebstoffklassen und Werkstoffkombinationen sowie für alle Branchen und Klebungen.

DIN 2304 – eine Anwendernorm zur Qualitätssicherung von Klebprozessen

Die DIN 2304 konkretisiert die ISO 9001 und legt den im Produktsicherheitsrecht verbindlichen Stand der Technik für die fachgerechte Organisation der Umsetzung klebtechnischer Prozesse fest. Sie fixiert sowohl die Anforderungen an eine qualitätsgerechte Ausführung von Klebverbindungen als auch die allgemeinen organisatorischen, vertraglichen und fertigungstechnischen Grundlagen für die Herstellung klebtechnischer Verbindungen.

Mit der DIN 6701 „Kleben im Schienenfahrzeugbau“, die inhaltlich direkt kompatibel zur DIN 2304 ist, liegt bereits ein Erfolgsmodell vor. Die ursprünglich nationale Norm wirkt mittlerweile international und wird derzeit in eine Europäische Norm (EN) über-

führt. Die inzwischen langjährige Erfahrung mit der DIN 6701 zeigt, dass die Aufwendungen zweifelsohne leistbar sind und sich bereits mittelfristig sowohl technologisch als auch ökonomisch auszahlen.

Kernelement 1: Klassifizierung der Klebungen

Gemäß DIN 2304 erfolgt die Einstufung der Klebung ausschließlich hinsichtlich potenzieller Auswirkungen auf das Versagen der Klebung. Es werden durch den Anwender alle Klebungen in Sicherheitsklassen eingestuft:

- S 1 – mittelbare/unmittelbare Gefährdung für Leib und Leben
- S 2 – mögliche Gefährdung von Leib und Leben, große Umweltschäden, weitreichende Vermögensschäden
- S 3 – wahrscheinlich keine Personenschäden oder größere Umwelt- bzw. Vermögensschäden, max. Komfort-/Leistungseinbußen und
- S 4 – definitiv keine Personen- oder Umweltschäden bzw. größere Vermögensschäden, maximal Komfort-/Leistungseinbußen

Kernelement 2: Klebaufsichtspersonal (KAP)

Das Klebaufsichtspersonal (KAP) umfasst Mitarbeiter mit nachzuweisender klebtechnischer Kompetenz und trägt im Betrieb Verantwortung für die Klebtechnik und damit verbundene Tätigkeiten. Das KAP ist im Betrieb die zentrale Ansprechstelle für alle qualitätsbeeinflussenden Faktoren des gesamten „speziellen Prozesses“ Kleben.

Kernelement 3: Nachweisführung

Die Klebverbindung ist unter Mitwirkung des Klebaufsichtspersonals (KAP) so zu bemessen, dass ihre maximale Beanspruchbarkeit stets größer ist als ihre reale Beanspruchung. Dieses muss nachvollziehbar dokumentiert werden. Die Nachweisführung selbst kann auf folgenden Wegen erfolgen:

1. Bemessung anhand von Standardproben, inkl. Alterungstest
2. Bauteilprüfung
3. dokumentierte Erfahrung bzw. 4
4. Kombination aus 1. bis 3.

Perspektive: Zertifizierung gemäß DIN 2304

Die DIN 2304 ermöglicht es Anwenderbetrieben, sich von akkreditierten Zertifizierungsstellen zertifizieren zu lassen und damit nachzuweisen, Klebungen nach dem derzeitigen Stand der Technik fachgerecht kontinuierlich auszuführen.

Personalqualifizierung als Voraussetzung eines qualitätsgesicherten Klebprozesses

Das überbetriebliche DVS®-EWF-Personalqualifizierungssystem – ein Baustein der DIN 2304

Das Klebaufsichtspersonal (KAP) muss gemäß DIN 2304 seine klebtechnischen Kompetenzen nachweisen. Daher werden dazu, basierend auf europaweit anerkannten und harmonisierten Richtlinien des DVS (Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren) und der EWF (European Federation for Welding, Joining and Cutting), überbetriebliche Qualifizierungsmaßnahmen zum

- EWF-European Adhesive Bonder – EAB/DVS®/EWF-Klebpraktiker/in [2]
Dauer: 40 h, Zielgruppe: ausführende Ebene
 - EWF-European Adhesive Specialist – EAS/DVS®/EWF-Klebfachkraft [3]
Dauer: 120 h, Zielgruppe: Verbindungsmanagement
 - DVS®/EWF- und EWF-European Adhesive Engineer – EAE/(Klebfachingenieur/in) [4]
Dauer: 320 h, Zielgruppe: technische Entscheidungsebene
- angeboten.

Jede Qualifizierungsmaßnahme schließt mit praktischen, schriftlichen und mündlichen Prüfungen, deren erfolgreicher Abschluss zur Verleihung der international anerkannten DVS®/EWF- und EWF-Zeugnisse führt.

Einbettung des DVS®/EWF-Personalqualifizierungssystems in den akademischen Studiengang „Master of Engineering“ - Kleben (M.Eng.)

Im Mittelpunkt dieser berufsbegleitenden Weiterbildung steht das zweijährige Projekt-Kompetenz-Studium (PKS) (**Bild 3**), ein weltweit einzigartiges Studiensystem, bei dem neben der fachlichen Wissensvermittlung immer ein konkretes Projekt innerhalb einer Unternehmung im Zentrum steht. Es ähnelt in den Grundzügen einem Dualen Studium.

Eine elementare Besonderheit stellt die mit dem PKS verbundene Projektleistung dar. Sie wird mit dem gewonnenen Wissen und Können aus der Theorie erarbeitet. Hierzu

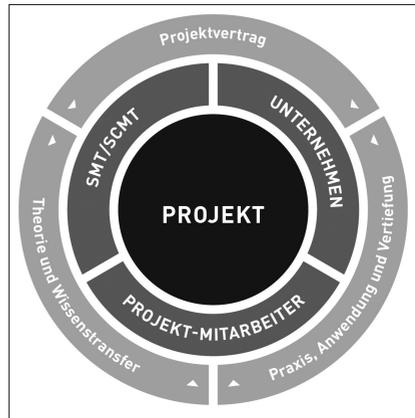


Bild 3: Schema des Projekt-Kompetenz-Studiums

– PKS (Bild: Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM))



Bild 4: Klebtechnische Kurse in Theorie und Praxis sind Studienbestandteile (Bild: Fraunhofer

Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM))

wird aus der betrieblichen Tätigkeit des Studierenden heraus ein Projekt definiert, während der Praxisphasen detailliert bearbeitet und von einem Hochschulbetreuer begleitet. Es endet dann mit der wissenschaftlichen Ausarbeitung der Masterthesis. Die Studierenden stellen somit unter Beweis, dass sie das im Studium vermittelte Wissen nutzbringend in der Praxis anwenden können. Dies geschieht schon während der berufsintegrierten Projektarbeit und führt unmittelbar im Unternehmen zu Innovationen, Wettbewerbsvorteilen und erhöhter Profitabilität. Der Aufbau des Studiums wird untergliedert in Projekt- und Theoriephasen (insgesamt 16 Seminarwochen, davon acht Wochen für den DVS®/EWF-Lehrgang EAE). Die Prüfungs- und Unterrichtssprache des Masters of Engineering, inkl. DVS®/EWF-EAE, ist grundsätzlich englisch, lediglich der EAE-Lehrgang wird in Deutsch oder in Englisch durchgeführt. Aufgrund des modularen Aufbaus ist ein Beginn des Programms jederzeit möglich. Lediglich die Zeiten für den DVS®/EWF-Lehrgang EAE (deutsch oder englisch) sind vorgegeben. Die Studierenden besuchen während der Regelstudienzeit von insgesamt 24 Monaten die Studienorte Berlin, Stuttgart und Bremen (**Bild 4**). Ergänzt werden diese durch Auslandsaufenthalte in Europa und Asien.

Die Inhalte des Studiums lassen sich in zwei Teile untergliedern. Diese sind zum einen zu 40% Wirtschaftswissenschaften und zu zum anderen 60% Ingenieurwissenschaften, inkl. DVS®/EWF-Lehrgang EAE. Die wirtschaftswissenschaftlichen Schwerpunkte umfassen:

- Projektmanagement und Organisation
- Volkswirtschaftslehre – Wirtschaft und Recht
- Strategien in der Betriebswirtschaftslehre
- Marketing und Unternehmensführung

Die ingenieurwissenschaftlichen Schwerpunkte beinhalten neben einer Einführung in die Produktions- und Verfahrenstechnik den DVS®/EWF-Lehrgang European Adhesive Engineer – EAE mit folgenden Modulen:

- Werkstoffliche Grundlagen
- Klebtechnische Eigenschaften der Fügepartikelwerkstoffe

- Klebstoffe, Funktionsprinzipien und Anwendungseigenschaften
- Klebstoff- und Oberflächenanalytik
- Adhäsion
- Oberflächenbehandlung
- Fertigungstechnik
- Fügeverfahren
- Klebtechnische Konstruktion
- Qualitätsmanagement, Prüftechnik, Alterung
- Arbeitssicherheit und Umweltaspekte

Potenzialträger aus den Unternehmen können sich berufsbegleitend akademisch mit zweifachem Abschluss weiterbilden: „Master of Engineering – M.Eng.“ und „DVS®/ EWF-European Adhesive Engineer – EAE“. Das Weiterbildungsangebot vermittelt neue und sofort umsetzbare Erkenntnisse aus der aktuellen Management- und Betriebswirtschaftslehre sowie der industriellen Klebtechnik. Durch dieses berufsintegrierte Weiterbildungsprogramm binden die Unternehmen ihre Mitarbeiter i.d.R. über die jeweilige Studienzeit hinaus an das Unternehmen. Indem das Unternehmen seinen Mitarbeitern diese innovative Weiterbildungsmöglichkeit anbietet, erhöht sich die Zufriedenheit und Loyalität der Mitarbeiter dem Unternehmen gegenüber. Dieses wiederum profitiert von einem positiven Imagertransfer und steigert die Attraktivität auf dem Arbeitskräftemarkt.

Fazit

Kleben ist deutlich komplexer, als der reine Klebstoffauftrag und Fügeprozess vermuten lassen. Qualitätssicherung ist hierbei für eine erfolgreiche Anwendung der Klebprozesse unverzichtbar. Entscheidend ist die ganzheitliche Betrachtung des Klebprozesses als Abfolge einer Kette von Prozessschritten – von der Idee bis zum fertigen Produkt, inkl. der Instandsetzung/Reparatur. Die DIN 2304 - wie die DIN 6701 für den Schienenfahrzeugbau – gibt hier wertvolle Hilfestellungen und konkretisiert dafür den Kerngedanken der ISO 9001 der maximalen Fehlerprophylaxe bei Fertigungsprozessen, die zerstörungsfrei nicht einhundertprozentig verifizierbar sind. Die Kernelemente der genannten Normen (Klassifizierung jeder Klebung – Klebaufsichtspersonal mit nachzuweisender Klebkompetenz – Nachweisführung: maximale Beanspruchbarkeit > reale Beanspruchung) führen zu einer ganzheitlichen Auseinandersetzung mit der jeweiligen Klebung. Der Anwender muss sich folglich mit der Prozesskette aktiv auseinandersetzen, um qualitativ hochwertige Klebungen zu produzieren. Dies ist nur mit klebtechnisch ausreichend qualifiziertem Personal möglich und was für jede Phase der Prozesskette „Kleben“ gilt. Es klingt trivial, aber man muss wissen und ver-

stehen, was man warum tut. Das vermeidet Fehler und hilft, das Vertrauen in die Klebtechnik zu stärken. Die dazu notwendige ganzheitliche Betrachtung und Umsetzung des jeweiligen Klebprozesses ist ohne qualifiziertes Personal schlicht nicht möglich.

Literatur

- [1] **Industrieverband Klebstoffe e.V., Presseinformation Wirtschaftsbericht 2017.**
- [2] **Guideline EWF 515 / Richtlinie DVS 3305**
- [3] **Guideline EWF 516 / Richtlinie DVS 3301**
- [4] **Guideline EWF 517 / Richtlinie DVS 3309**