

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



© fotolia und MEV Verlag GmbH

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



© Fraunhofer IFAM und fotolia

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

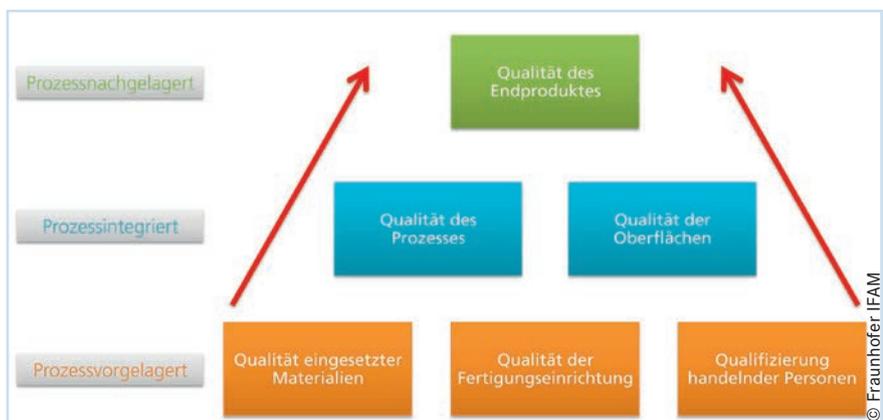


Bild 5: Prozessvorgelagerte, -integrierte und -nachgelagerte Qualitätssicherung

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, Fügeiteile, 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 (Fügeiteile, 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 Folgeabschätzung, 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.