

ICS 03.120.99; 83.080.01

Qualitätsanforderungen an Composite-Prozesse

Quality requirements for composite processes

Exigences de qualité pour les procédés composites

Gesamtumfang 140 Seiten

Dieses Dokument wurde durch die im Vorwort genannten Verfasser erarbeitet und verabschiedet.

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Kernelement 1: Klassifizierung von Composites/Composite-Bauteilen nach Sicherheitsanforderungen	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Definition der Sicherheitsklassen	15
4.3 Dokumentation der Klassifizierung nach Sicherheitsklassen	16
5 Kernelement 2: Composite-Personal — Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Composite-Personal der ausführenden Ebene	17
5.2.1 Allgemeines — Composite-Personal ausführende Ebene	17
5.2.2 Funktionen — Composite-Personal ausführende Ebene	17
5.2.3 Aufgaben — Composite-Personal ausführende Ebene	18
5.2.4 Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen — Composite-Personal ausführende Ebene	18
5.3 Composite-Aufsichtspersonal (CAP)	18
5.3.1 Allgemeines — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)	18
5.3.2 Funktionen — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)	19
5.3.3 Aufgaben — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)	19
5.3.4 Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)	21
5.3.5 Organisatorische Integration der Composite-Aufsicht	21
5.4 Kompetenz-, Wissens- und Erfahrungsniveaus des Composite-Personals (CP)	22
5.4.1 Allgemeines	22
5.4.2 Anforderungen von Kompetenzen, Wissen und Erfahrungen für jede Ebene	22
5.5 Zuordnung der drei Kompetenzebenen zu den Sicherheitsklassen	25
5.6 Vergleichbarkeit von Kompetenz, Wissen und Erfahrung	26
5.6.1 Allgemeines	26
5.6.2 Nachweis von Fachkompetenz, Wissen und Erfahrung	27
5.6.3 Nachweis der praktischen Berufskompetenz	28
5.7 Überwachungs-, Inspektions- und Prüfpersonal	29
6 Kernelement 3: Auslegung und Nachweis von Composites/Composite-Bauteilen	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Zuordnung zu Sicherheitsklassen	29
6.3 Materialsystem	30
6.4 Faktoren, die den Composite-Prozess beeinflussen	30
6.5 Nachweisführung	30
6.5.1 Allgemeines	30
6.5.2 Methode 1 — reale Beanspruchung im Gebrauch < maximale Beanspruchbarkeit	30
6.5.3 Methode 2 — Bauteilprüfung	31
6.5.4 Methode 3 — Dokumentierte Erfahrung	31
6.5.5 Methode 4 — Kombination der Methoden 1 bis 3	32
7 Vertragsprüfung und Unterauftragsvergabe	32
7.1 Vertragsprüfung	32
7.2 Unterauftragsvergabe	32
8 Produktion	33
8.1 Allgemeines	33
8.2 Allgemeine Prozessanforderungen	33
8.2.1 Planung der Produktion	33
8.2.2 Prozessgestaltung	33

8.2.3	Planung des Einsatzes von Produktionsmitteln und Werkzeugen	34
8.2.4	Dokumente zur Produktion	34
8.2.5	Prozess-Verifizierung und -Freigabe	35
8.2.6	Materialien	36
8.2.7	Transport, Lagerung und Logistik für Materialien und Hilfsstoffe	36
8.2.8	Produktionsumgebung und Arbeitsplatzvorbereitung	36
8.2.9	Gesundheit, Sicherheit und Umweltschutz	37
8.2.10	Dosierung und Mischung	37
8.3	Dokumentation während der Composite-Fertigung	37
8.4	Nachbearbeitung	38
8.5	Lagerung, Verpackung und Transport von Composite-Bauteilen	38
9	Sicherung der Qualität	39
9.1	Allgemeines	39
9.2	Planung der Qualität	39
9.2.1	Allgemeines	39
9.2.2	Qualitätsplanung	39
9.2.3	Kontrolle der Qualitätsplanung	39
9.3	Qualitätskontrolle	40
9.3.1	Allgemeines	40
9.3.2	Prüfverfahren	41
9.4	Prozesssicherheit	42
9.4.1	Allgemeines	42
9.4.2	Produktionsbegleitende Arbeitsproben als Nachweis der Anwendungsqualität	42
9.4.3	Überwachung von Anlagen, Fertigungshilfsmitteln und Werkzeugen	42
9.5	Maßnahmen im Falle von Abweichungen	42
9.6	Überwachung von Prüfmitteln	42
10	Instandhaltung und Instandsetzung	43
10.1	Allgemeines	43
10.2	Planung von Instandhaltung und Instandsetzung	43
10.3	Instandhaltungs- und Instandsetzungsanweisungen	43
10.4	Durchführung von Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten/Ausführungsregeln	44
10.5	Dokumentation	44
10.6	Vergabe von Unteraufträgen	44
Anhang A (normativ) Festlegung der umfassenden, spezifischen und grundlegenden Kompetenzen		45
A.1	Erwerb und Vermittlung von Kompetenzen für Composite-Personal	45
A.2	Detaillierte Definitionen von Kompetenzen, Wissensanwendung, praktischer Anwendung und Erfahrungen in Bezug auf die in Tabelle A.3 dieses Anhangs definierten Fachinhalte	47
A.2.1	Umfassend, Entscheiderebene	47
A.2.2	Spezifisch, Anleitende Ebene	59
A.2.3	Grundlegend, Ausführende Ebene	65
Literaturhinweise		72

Bilder

Bild 1 — Zusammensetzung des Personals für die Composite-Technologie (Composite Personal, CP)	17
Bild 2 — Verknüpfung von Arbeitsumfang, Sicherheitsklasse und Kompetenzebene	26

Tabellen

Tabelle 1 — Klassifizierung von Composites/Composite-Bauteilen in Abhängigkeit von der Höhe der Sicherheitsanforderungen 15

Tabelle 2 — Aufgabenbeispiele des CAP 20

Tabelle 3 — Niveaus der Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen des Composite-Personals . 22

Tabelle 4 — Mindestanforderungen an die technologischen Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie für das Composite Aufsichtspersonal (CAP) und deren Stellvertreter 25

Tabelle A.1 — Kompetenzniveaus — Fertigkeiten und Aufgaben mit den entsprechenden Lernzielen für jedes Niveau 45

Tabelle A.2 — Beispiele für typische Aktionsverben in Abhängigkeit von der jeweiligen Kompetenzstufe 46

Tabelle A.3 — Fachinhalte zu den technologischen Mindestkompetenzen für Composite-Verfahren einschließlich Entwicklung, Produktion, Instandhaltung 46

Vorwort

Diese DIN SPEC wurde nach dem PAS-Verfahren erarbeitet. Die Erarbeitung von DIN SPEC nach dem PAS-Verfahren erfolgt in DIN SPEC (PAS)-Konsortien und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise.

Die Erarbeitung und Verabschiedung des Dokuments erfolgten durch die nachfolgend genannten Initiator(en) und Verfasser:

— Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Stefan Simon, Andreas Groß, Milan Kelch

— DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH

Uwe Berger

— BÜFA Composite Systems GmbH &Co. KG

Kristof Männel

— BKT-GmbH

Oliver Bahrmann

— thyssenkrupp Marine Systems GmbH

Guido Enninghorst

— FR. FASSMER GmbH & Co. KG

Calvin Seitz

— Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Marcel Andres

— TC-Kleben GmbH

Andrea Janke, Julian Band

— F & E Technologiebroker Bremen GmbH

Frank Stein, Christian Schuch

— SKZ – KFE gGmbH

Carina Heinze

Für dieses Thema bestehen derzeit keine Normen im Deutschen Normenwerk.

DIN SPEC (PAS) sind nicht Teil des Deutschen Normenwerks.

Für diese DIN SPEC (PAS) wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Trotz großer Anstrengungen zur Sicherstellung der Korrektheit, Verlässlichkeit und Präzision technischer und nicht-technischer Beschreibungen kann das DIN SPEC (PAS)-Konsortium weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit des Dokuments übernehmen. Die Anwendung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass das DIN SPEC (PAS)-Konsortium für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann. Die Anwendung der vorliegenden DIN SPEC (PAS) entbindet den Nutzer nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln und geschieht damit auf eigene Gefahr.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die kostenfreie Bereitstellung dieses Dokuments als PDF-Version über den Beuth WebShop wurde im Vorfeld finanziert.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Einleitung

Der Einsatz von Composites/Composite-Bauteilen ist national wie international weit verbreitet. In einigen Unternehmen ist der Composite-Werkstoff das Schlüsselmerkmal der Produktion. Die jeweilige Anwendung erstreckt sich vom Einsatz in Verkehrsmitteln zu Wasser, zu Lande und in der Luft über den Sportbereich und in der Windenergie bis hin zum Einsatz bei der Herstellung militärischer Produkte.

Composite-Werkstoffe sind für die Industrie attraktiv, weil sie sich ändernde Anforderungsprofile an Produkte erfüllen können und Flexibilität beim Produktdesign und in der Produktherstellung ermöglichen. Damit hat die Composite-Technologie einen großen Einfluss auf die Qualität des Produktes sowie auf die Herstellungskosten und ermöglicht so ggf. erhebliche Produktionseinsparungen und einen Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Einsatz traditioneller Werkstoffe. Es ist daher wichtig, dass die Composite-Technologie möglichst fachgerecht und effektiv durchgeführt wird, und dass eine angemessene Kontrolle von der Produktentwicklung über die Prozessplanung bis zum fertigen Produkt ausgeübt wird. Bei sach- und fachgerechter Anwendung ist die Composite-Technologie zweifellos in der Lage, Anforderungen der Nachhaltigkeit und des Ökodesigns zu erfüllen.

Innerhalb der ISO-Normen für Qualitätsmanagementsysteme (z. B. DIN EN ISO 9000, DIN EN ISO 9001 usw.) ist die Composite-Technologie als „Spezieller Prozess“ zu behandeln, da Composites/Composite-Bauteile und deren Produktionsprozesse nicht vollständig, d. h. mit einhundertprozentiger Sicherheit durch nachträgliche zerstörungsfreie Inspektion und Prüfung des Produktes auf die Einhaltung der geforderten Qualitätsstandards verifiziert werden können. Qualität kann nicht in einem Produkt geprüft werden, sie muss in das Produkt vom ersten Schritt an integriert werden. Selbst die umfangreichste und anspruchsvollste zerstörungsfreie Prüfung verbessert die Qualität von Composites/Composite-Bauteilen nicht. Dem Kerngedanken der DIN EN ISO 9001 folgend ist daher ein Qualitätsmanagementsystem (QMS) derart (weiter-) zu entwickeln, sodass alle Fehlermöglichkeiten in den genannten Bereichen ausgeschlossen sind. Ein QMS (z. B. nach DIN EN ISO 9001) legt dafür die Grundlage, ist aber i. d. R. zu allgemein gefasst, um den Herstellungs- und Anwendungsbetrieben den Composite-spezifischen Weg der o. g. umfassenden Fehlerprophylaxe aufzuzeigen.

Das Ziel dieses Dokument besteht daher darin, ein bestehendes QMS Composite-spezifisch zu konkretisieren.

Damit Composite-Strukturen effektiv und für den jeweiligen Einsatzzweck geeignet sind, sind Kontrollen von der Konstruktionsphase über die Materialauswahl (Vorproduktion/en: pre-production) bis hin zur Fertigung (Produktion/en: in-production) und anschließenden Inspektion (Nach-Produktion/en: post-production) durchzuführen. Ein schlechtes Design für Composite-Strukturen führt zu ernsthaften Risiken und kostspieligen Schwierigkeiten in der Werkstatt, auf der Baustelle oder im Betrieb. Eine unangemessene Berücksichtigung und Auswahl zu verarbeitender Materialien kann zu Problemen führen, wie z. B. mangelnde Haftung Faser/Matrix, Blasen im Werkstoff, unzureichende Verfestigung der Matrix usw. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, dass die Composite-Verfahren korrekt definiert und genehmigt werden, um Unzulänglichkeiten zu vermeiden. Eine umfassende und qualifizierte Überwachung stellt sicher, dass die vorgegebene Qualität in der Umsetzung (Produktion/en: in-production und Nach-Produktion/en: post-production) erreicht wird.

Um die Qualität von Composite-Strukturen auf nationaler wie internationaler Ebene sicherzustellen und die Qualität von Composite-Strukturen national wie international vergleichbar zu machen, ist die Aufgabe des Managements

- mögliche Fehlerquellen identifizieren,
- Organisationsstrukturen schaffen, die diese Fehlerquellen von vornherein verhindern und
- geeignete Qualitätsverfahren einführen.

Aus diesen Gründen stellt dieses Dokument in einer ganzheitlichen und (inter-)nationalen Betrachtung den Stand der Technik für die fachgerechte Gestaltung von Composite-Prozessen in allen Bereichen der Industrie, des Handwerks und des Handels dar. Die Betrachtung der Composite-Technologie nach diesem Dokument umfasst, ausgehend von der ersten Idee, die Entwicklung von Composites/Composite-Bauteilen (Vorpro-

duktion/en: pre-production), über die Produktion, d. h. die Herstellung von Composites/Composite-Bauteilen (Produktion/en: in-production), bis hin zum fertigen Composite-Produkt einschließlich seiner Instandsetzung, Reparatur und Entsorgung (Nach-Produktion/en: post-production).

Dieser ganzheitliche Ansatz umfasst auch die Qualitätssicherung der Produktion, Inspektion sowie Instandhaltung einschließlich der Reparatur und Entsorgung von Composites/Composite-Bauteilen. Der Ansatz nach diesem Dokument ist ausnahmslos und in jedem Fall unabhängig von der Losgröße, d. h. von der Herstellung einzelner Produkte bis zur Großserienfertigung, sowie dem jeweiligen Anwendungsbereich.

Dieses Dokument etabliert Definitionen und legt organisatorische, verwaltungsbezogene und technische Grundsätze fest, die bei der Entwicklung (Vorproduktion/en: pre-production), Herstellung (Produktion/en: in-production) sowie Instandsetzung und Reparatur (Nach-Produktion/en: post-production) von Composites/Composite-Bauteilen zu beachten sind.

Dies wird durch die Definition von drei wesentlichen Kernelementen erreicht:

- Kernelement 1: die Klassifizierung jedes Composites/Composite-Bauteilen nach Sicherheitsanforderungen (siehe Abschnitt 4);
- Kernelement 2: die Benennung von Aufsichtspersonal (Composite-Aufsichtspersonal – CAP) und Ausführungspersonal (Composite-Hersteller, -Verarbeiter, -Instandsetzer), die in der Lage sind, die jeweils erforderlichen und geforderten Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich der Composite-Technologie objektiv zu verifizieren (siehe Abschnitt 5);
- Kernelement 3: der Nachweis, dass die tatsächliche Beanspruchung des jeweiligen Composites/Composite-Bauteils bei der Verwendung und Anwendung des Composite-Produkts in jedem Fall geringer ist als die maximale Beanspruchbarkeit (siehe Abschnitt 6).

Die oben erwähnte, notwendige weltweite Vergleichbarkeit in Qualität und Umsetzung wird durch eine einheitliche Umsetzung dieser drei Kernelemente auf (inter-)nationaler Ebene erreicht.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument definiert die grundlegenden Anforderungen und die allgemeinen Begriffe für Arbeiten mit Faserverbundkunststoffen (im Folgenden „Composites“ genannt) sowie die Anforderungen an Composite-herstellende und Composite-anwendende Betriebe (nachfolgend Anwenderfirmen genannt) in Industrie und Handwerk. Es stellt den Stand der Technik für die Organisation und Umsetzung von Composite-Prozessen branchenübergreifend dar. Zu diesem Zweck definiert dieses Dokument Sicherheitsklassen als Grundlage, in die jedes unter dieses Dokument fallende Composite/Composite-Bauteil eingestuft werden muss. Dieses Dokument gilt entlang der gesamten Prozesskette von der Entwicklung über die Fertigung bis zur Instandsetzung und Reparatur, d. h. für die Bereiche der

- Entwicklung von Composites/Composite-Bauteilen (Vorproduktion/en: pre-production),
- Herstellung von Composites/Composite-Bauteilen (Produktion/en: in-production),
- Instandhaltung und einschließlich Reparatur von Composites/Composite-Bauteilen (Nach-Produktion/en: post-production) sowie
- Qualitätssicherung der genannten drei Bereiche.

Dieses Dokument definiert allgemeine organisatorische, verwaltungsbezogene und fertigungstechnische Grundlagen für die genannten Bereiche und gilt für jedes Composite/Composite-Bauteil unabhängig

- vom eingesetzten Matrix- und Fasermaterial,
- von der Art des Composite-Werkstoffs,
- von den Produktempfehlungen von Composite-Herstellern, -Anwendern und Ausgangsstofflieferanten,
- vom Einsatzbereich des Composites/Composite-Bauteils,
- von der jeweiligen Losgröße.

Dieses Dokument wurde so erstellt, dass sie die Qualitätsanforderungen an die Composite-Technologie im Hinblick auf die Entwicklungs-, Herstellungs-, Instandsetzung-/Reparatur- und Berichterstattungsverfahren sowohl in Betrieben und Werkstätten als auch vor Ort definiert. Es stellt die Grundlage dar für die Bewertung der Fähigkeit eines Herstellers/Verarbeiters, Composite-Strukturen zu entwickeln, herzustellen bzw. zu verarbeiten und die in diesem Dokument geforderten Qualitätsanforderungen zu erfüllen, wenn diese in einem Vertrag zwischen den beteiligten Partnern, einem Anwendungsstandard oder in einer Erklärung zur Regulierung aufgeführt sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 21368, *Adhesives — Guidelines for the fabrication of adhesively bonded structures and reporting procedures suitable for the risk evaluation of such structures*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term/>

— DKE-IEV: verfügbar unter <https://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

Faserverbundkunststoff

FVK

Faser-Kunststoff-Verbund

FKV

Werkstoff bestehend aus Verstärkungsfasern und einer Kunststoffmatrix

Anmerkung 1 zum Begriff: Abkürzungen, die den Composite-Werkstoff im Allgemeinen bezeichnen.

3.2

Faser

im Verhältnis zu seiner Länge dünnes und flexibles Gebilde

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Verhältnis von Länge zu Durchmesser beträgt in der Regel über 1 000 : 1.

3.3

Matrix

Werkstoff, der die Fasern umschließt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Matrix enthält Harz, Härter und alle weiteren Zuschlagsstoffe. Reaktive Matrixsysteme werden im unausgehärteten Zustand auch als Reaktionsharzmasse bezeichnet und härten durch eine chemische Reaktion aus. Kunststoffe, die bereits zu Beginn der Verarbeitung vollständig reagiert vorliegen, müssen vor dem Umformprozess erwärmt werden und verfestigen durch den Prozess des physikalischen Abbindens.

3.4

Thermoplast

Klasse von Kunststoffen, die innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs unter Druck wiederholt plastisch verformbar ist, ohne sich chemisch zu verändern

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Verformungseigenschaften sind darauf zurückzuführen, dass die Polymere untereinander nicht chemisch vernetzt sind.

3.5

Duromer

Kunststoffart mit chemisch engmaschig vernetzten Polymerketten

Anmerkung 1 zum Begriff: Aufgrund der Vernetzung ist der Kunststoff ohne chemische Veränderung nicht beliebig verformbar, thermisch stabil und häufig sehr resistent gegen Lösungsmittel und Chemikalien.

3.6

Bauteil

Komponente

teilweise oder vollständig fertiger Bestandteil oder jede andere Form eines Faserverbundwerkstoff-Gegenstandes

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Bauteil/die Komponente ist hauptsächlich für die Übertragung mechanischer Belastungen ausgelegt. Die tragende Funktion ist die Hauptrolle des Faserverbundwerkstoff-Gegenstandes, die die Zuverlässigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Endproduktes während seines gesamten Lebenszyklus sicherstellt.

3.7**Composite-Personal****CP**

Personal, welches an Konstruktion, Planung, Herstellung, Qualitätssicherung und Instandhaltung/Instandsetzung von Composite-Komponenten und -Prüfungen beteiligt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Mitarbeitergruppe setzt sich aus dem ausführenden Personal (siehe 3.8), dem Aufsichtspersonal (CAP [siehe 3.9]) und dem Prüfpersonal zusammen (siehe 5.7).

3.8**ausführendes Personal**

Personal mit nachgewiesenen, grundlegenden Kenntnissen, dass das jeweilige Composite-Verfahren (Herstellung, Instandhaltung/Instandsetzung) selbstständig anwendet oder ausführt, um Bauteile nach genehmigten Arbeitsanweisungen herzustellen oder instandzuhalten/instandzusetzen

3.9**Composite-Aufsichtsperson****Composite-Aufsichtspersonal****CAP**

kompetente Person/kompetentes Personal mit nachgewiesenen, umfassenden Fachkenntnissen in der Composite-Technologie mit Verantwortung für die Überwachung der Composite-Prozesse und für alle damit verbundenen Aktivitäten

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Person ist der ernannte Leiter aller Composite-Prozesse einschließlich deren Freigabe und damit mit der entsprechenden Entscheidungskompetenz über die Composite-Technologie im Unternehmen.

3.10**verantwortliche Composite-Aufsichtsperson****verantwortliches Composite-Aufsichtspersonal****vCAP**

Composite-Aufsichtsperson, die benannt werden kann, wenn in einem Anwenderunternehmen mehrere CAP benannt sind und die zur Koordination aller Composite-Arbeiten in den verschiedenen Unternehmensbereichen zuständig ist

3.11**Prüfpersonal**

Überwachungs-, Inspektions- und Prüfpersonal welches im Anwenderunternehmen für Planung und Durchführung von Überwachung, Qualitätskontrolle, Prüfung und Inspektion von Composite-Arbeiten verantwortlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Interpretation und Auswertung der hierbei entstehenden Prüfergebnisse obliegen dem Composite-Aufsichtspersonal (CAP).

3.12**qualifiziertes Personal**

Mitarbeiter, die über die erforderlichen Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie verfügen, die diese durch eine Weiterbildung mit anerkanntem Abschluss, eine Berufsausbildung oder vergleichbare Composite-technische Tätigkeiten erworben haben und dies durch anerkannte Dokumente objektiv nachweisen und eindeutig belegen können

3.13

Composite-Verfahren

Composite-Prozesse

alle Verfahren/Prozesse, die mit der Composite-Technologie zu tun haben

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verfahren/Prozesse umfassen die Planung und Entwicklung, die Herstellung, die Instandhaltung und Instandsetzung. Je nach Sicherheitsklassen der entsprechenden Composite-Bauteile sind unterschiedliche Kriterien bei der Planung und Ausführung der Composite-Prozesse zu beachten (siehe 8.1).

3.14

Qualitätsplan

Planung, wie die Kundenanforderungen definiert und dokumentiert werden sollen

3.15

Reproduzierbarkeit

Übereinstimmung von Ergebnissen, die durch dasselbe Verfahren bei identischen Tests erzielt wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies gilt hier für Composites/Composite-Bauteile, die unter verschiedenen Bedingungen (beispielsweise verschiedene Hersteller/Anwender, verschiedene Geräte, verschiedene Labors) und/oder zu verschiedenen Zeiten hergestellt wurden.

3.16

Sicherheitsklasse

Leistungsanforderungen an das Composite/Composite-Bauteil, die auf der Grundlage der möglichen Schadenswirkung definiert werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Versagen des Composites/Composite-Bauteils kann personenbezogene und/oder funktionelle Schäden verursachen.

3.17

Sicherheitsdatenblatt

SDB

Dokument, das produktspezifische Angaben zur sicheren Handhabung, Lagerung, Transport und Entsorgung des entsprechenden Produkts enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Zusätzlich enthält das SDB umfassende Informationen bezüglich des sicheren Arbeitens mit dem Produkt, sowie Angaben zu gesundheitlichen Auswirkungen und Folgen für die Umwelt. Die Aufgabe des SDB ist es Personal, Umwelt und Öffentlichkeit beim Umgang mit dem Produkt vor potenziellen Schäden zu bewahren und über mögliche Risiken zu informieren.

3.18

Technisches Datenblatt

TDB

Informationsblatt, das vom Hersteller zur Verfügung gestellt wird und Daten und Kennwerte des Composite-Materials/-Bauteils enthält, die vom Hersteller unter den angegebenen Bedingungen ermittelt wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die im TDB zur Verfügung gestellten Informationen erläutern die Eigenschaften und technischen Einsatzmöglichkeiten des entsprechenden Produktes. Informationen über mögliche Gefährdungen oder Risiken sind im Sicherheitsdatenblatt (SDB) zu entnehmen (siehe 3.17).

3.19

Beanspruchung

auf das Composite-Bauteil wirkende mechanische Spannung, die durch äußere Einflüsse wie Belastung durch Kräfte, Temperatur, chemische Effekte und Klimata, aber auch durch innere Einflüsse wie Eigenspannungen ausgelöst wird (siehe 6.5.2.2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Beanspruchung wird gleichbedeutend mit dem Begriff Last angewendet.

3.20**Beanspruchbarkeit**

Eigenschaft des Composite-Bauteils/-Werkstoffs, den durch äußere Lasten entstehenden maximalen Beanspruchungen zu widerstehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Beanspruchbarkeit ist durch Versuche bezüglich der spezifischen Last zu ermitteln (siehe 6.5.2.3).

3.21**mechanische Eigenschaften**

Eigenschaften, die sich auf das Verhalten eines Composites/Composite-Bauteils unter Einwirkung äußerer physikalischer Kräfte beschreiben

Anmerkung 1 zum Begriff: Äußere physikalische Kräfte sind z. B. Zug-, Scher-, Abrieb-, Druck-, Torsions- und Überlappungsschubkräfte.

3.22**spezieller Prozess**

Herstellungsprozess oder Prozessschritt, der nicht zerstörungsfrei mit hundertprozentiger Sicherheit auf etwaige Fehler geprüft werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Alle möglichen Fehler während der gesamten Herstellung müssen durch die Verwaltung jedes einzelnen Produktionsprozesses ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund muss ein Qualitätsmanagementsystem (z. B. DIN EN ISO 9001) eingeführt werden, das speziell auf die Composite-Technologie nach diesem Dokument ausgerichtet ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine kontinuierliche Überwachung und/oder die Einhaltung dokumentierter Verfahren ist erforderlich, um sicherzustellen, dass die festgelegten Anforderungen erfüllt werden.

3.23**zerstörungsfreie Prüfung**

Analysen, Tests und Messungen, die mit Methoden durchgeführt werden, die das Material nicht verändern und keine Zerstörung oder Entfernung von Proben des Testsystems erfordern

Anmerkung 1 zum Begriff: Zerstörungsfreie Prüfungen zielen auf die Untersuchung und Identifizierung von Fehlern der Struktur selbst ab. Jedes Prüfmuster kann danach weiterverwendet werden, ohne die Funktion des Produkts zu beeinträchtigen.

3.24**Anwenderbetrieb****(Composite-)Anwender****Composite-anwendender Betrieb**

Unternehmen, das Composites/Composite-Bauteile für deren Herstellung, Instandhaltung und Instandsetzung verwendet

3.25**Hersteller-Betrieb (Composite-Hersteller)****Composite-herstellender Betrieb**

Unternehmen, das Composites/Composite-Bauteile herstellt

3.26**Vertrag**

verbindlich vereinbarte Anforderungen an Composite-Bauteile zwischen zwei Unternehmen, wovon das auftraggebende Unternehmen alle relevanten Informationen zur fachgerechten Ausführung des Vertrags zur Verfügung stellt und das auftragnehmende Unternehmen nach vorheriger Prüfung auf Realisierbarkeit das auf-

traggebende Unternehmen über alle Abweichungen von den vereinbarten Anforderungen informiert (siehe Abschnitt 7)

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird davon ausgegangen, dass der Vertrag eine Verweisung auf alle regulatorischen Anforderungen enthält.

3.27

Fertigungsunterlagen

Dokumente, die für jedes Composite-Bauteil zu erstellen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierzu zählen das Fertigungsprotokoll sowie die Arbeitsanweisungen. Diese Dokumente begleiten den Prozess auf aktuellem Stand umfassend und sind für das Personal verständlich formuliert (siehe 8.2.4.2).

3.28

Fertigungsprotokoll

Dokument, das die für den jeweiligen Composite-Prozess kritischen Parameter dokumentiert und insbesondere Abweichungen von den Vorgaben dokumentiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Freigabe des Fertigungsprotokolls obliegt dem CAP (siehe 8.2.4.3).

3.29

Instandhaltung

Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus eines Objekts, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung seines funktionsfähigen Zustands dient, sodass es die geforderte Funktion erfüllen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Technische Instandhaltungsmaßnahmen umfassen die Beobachtung und Analyse des Zustandes eines Objekts (z. B. Inspektion, Überwachung, Prüfung, Diagnose, Prognose, Wartung usw.) sowie aktive Instandhaltungsmaßnahmen (z. B. Instandsetzung, Aufarbeitung, Reparatur).

[QUELLE: DIN EN 13306:2018-02, 2.1, modifiziert — In Anmerkung 1 wurden „Wartung“ und „Reparatur“ bei den Beispielen ergänzt. Anmerkung 2 und Anmerkung 3 wurden nicht übernommen.]

3.30

Instandsetzung

physische Maßnahme, die ausgeführt wird, um die Funktion eines fehlerhaften Objekts wiederherzustellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Instandsetzung umfasst auch Fehlerortung und Funktionsprüfung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Fehlerkorrektur hat dieselbe Bedeutung wie Instandsetzung.

[QUELLE: DIN EN 13306:2018-02, 8.10]

3.31

Bemessungswert

durch Teilsicherheitsbeiwerte abgeminderter charakteristischer Wert

4 Kernelement 1: Klassifizierung von Composites/Composite-Bauteilen nach Sicherheitsanforderungen

4.1 Allgemeines

Ein Composite/Composite-Bauteil im Sinne dieses Dokuments ist ein Materialverbund, der unter Verwendung von Fasern und Matrixsystemen hergestellt wird und hauptsächlich dazu bestimmt ist, mechanische Belastungen zu übertragen, wobei seine tragende Funktion die Zuverlässigkeit und Gebrauchstauglichkeit während des gesamten Lebenszyklus des Composite-Produkts sicherstellt. Als technische Einheit oder als Teil davon trägt das Composite/Composite-Bauteil in dieser Baugruppe zur Festigkeit und Stabilität der Einheit als Gan-

zes oder eines Teils der Einheit oder eines Bauteils bei. Es soll entsprechend ihrem Anforderungsprofil allen auftretenden Belastungen standhalten, unabhängig davon, ob diese statisch, dynamisch oder eine Kombination aus beidem sind und ob Umwelteinflüsse zu berücksichtigen sind oder nicht.

Die Anforderungen an die hochwertige Ausführung dieser Composites/Composite-Bauteile müssen durch Einteilung in Sicherheitsklassen festgelegt werden. Diese Einteilung in Sicherheitsklassen orientiert sich allein an der Beantwortung der Frage, was passiert, wenn das Composite/Composite-Bauteil versagt und mit welchen Folgen für Mensch und Umwelt ist zu rechnen ist und ob die Folgen direkt oder indirekt auftreten können. Eine derartige Einteilung muss für jedes Composite/Composite-Bauteil in allen Anwendungsbereichen, jeweils inklusive Reparatur und Instandsetzung, durchgeführt werden, unabhängig von

- den Festigkeits- und Verformungseigenschaften der verwendeten Werkstoffe (d. h. es werden alle Arten von Fasern und Matrixsystemen abgedeckt),
- dem Verfestigungsmechanismus des verwendeten Matrixsystems (z. B. chemisch härtend, physikalisch abbindend oder kombinierte Verfestigungsmechanismen) und
- dem Anwendungsbereich oder Zweck, in dem oder für den das Composite/Composite-Bauteil eingesetzt werden soll und verwendet wird.

Die Sicherheitsklassifizierung von Composites/Composite-Bauteilen in diesem Dokument berücksichtigt keine Aspekte, wie z. B. die Eignung für die Verwendung mit Lebensmitteln, die Feuerbeständigkeit, die Einhaltung von Umweltschutzvorschriften oder Bestimmungen zur Arbeitssicherheit oder zum Umweltschutz, da diese in anderen Normen, Regelwerken oder technischen Vorschriften abgedeckt sind.

4.2 Definition der Sicherheitsklassen

Der Konstrukteur oder die mit dem betreffenden Bauteil befasste und verantwortliche Person muss in Zusammenarbeit mit dem Composite-Aufsichtspersonal (CAP/siehe Abschnitt 5) jedes Composite/Composite-Bauteil in eine der folgenden Sicherheitsklassen einstufen, wobei die möglichen Auswirkungen eines Versagens des Composites/Composite-Bauteils zu berücksichtigen sind (Tabelle 1):

- C1: hohe Sicherheitsanforderungen;
- C2: mittlere Sicherheitsanforderungen;
- C3: niedrige Sicherheitsanforderungen;
- C4: keine Sicherheitsanforderungen.

Tabelle 1 beschreibt die Klassifizierung von Composites/Composite-Bauteilen in Abhängigkeit vom jeweiligen Sicherheitsniveau.

Tabelle 1 — Klassifizierung von Composites/Composite-Bauteilen in Abhängigkeit von der Höhe der Sicherheitsanforderungen

Klassifizierung	Beschreibung
C1 — Hohe Sicherheitsanforderung	Das Versagen des Composites/Composite-Bauteils führt direkt oder indirekt zu einer unabwendbaren Gefahr für Leib und Leben oder zieht gravierende ökologische Konsequenzen nach sich.
C2 — Mittlere Sicherheitsanforderung	Das Versagen des Composites/Composite-Bauteils kann zu einer Gefahr für Leib und Leben führen oder kann erhebliche ökologische Konsequenzen nach sich ziehen.

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Klassifizierung	Beschreibung
C3 — Geringe Sicherheitsanforderung	Das Versagen des Composites/Composite-Bauteils führt höchstens zu Komfort- oder Funktionseinbußen. Eine Gefahr für Leib und Leben ist unwahrscheinlich und die ökologischen Konsequenzen sind vernachlässigbar.
C4 — Keine Sicherheitsanforderung	Das Versagen des Composites/Composite-Bauteils führt höchstens zu Komfort- oder Funktionseinbußen. Es existiert keine erkennbare Gefahr für Leib und Leben und ökologische Konsequenzen sind vernachlässigbar.

Die Sicherheitsklasse der relevanten Sicherheitsanforderungen, die ein Composite/Composite-Bauteil erfüllen muss, ist spätestens vor ihrer Ausführung – oder vom Anwenderbetrieb in Absprache mit dem Composite-Aufsichtspersonal (CAP, 5.1 und 5.3) festzulegen und zu dokumentieren.

Ein Composite/Composite-Bauteil kann z. B. aus ökonomischen, ökologischen und/oder funktionellen Gründen in eine höhere Sicherheitsklasse eingestuft werden.

In besonderen Anwendungen können Sicherheitsklassen bereits in anderen bestehenden internationalen Normen, Zulassungen oder anderswo festgelegt sein. In Zweifelsfällen muss die höchstmögliche Sicherheitsklasse angenommen werden.

Ein Composite/Composite-Bauteil kann verschiedene Arten von Composite-Werkstoffen umfassen, die je nach gestellten Anforderungen unterschiedliche Sicherheitsklassen zugeordnet werden können.

Wenn ein Composite/Composite-Bauteil nicht mindestens eine niedrige Sicherheitsanforderung erfüllen soll, kann es der Sicherheitsklasse C4 zugeordnet werden.

Alle Anforderungen dieses Dokument gelten für Composites/Composite-Bauteile, die der Sicherheitsklassen C1, C2 oder C3 zugeordnet werden.

Wenn ein Composite/Composite-Bauteil der Sicherheitsklasse C4 zugeordnet wird, muss dies plausibel begründet und dokumentiert werden. In diesem Fall sind keine weiteren Anforderungen dieses Dokuments zu erfüllen.

4.3 Dokumentation der Klassifizierung nach Sicherheitsklassen

Die Einstufung des jeweiligen Composites/Composite-Bauteils in die Sicherheitsklassen C1 bis C4 muss von den verantwortlichen Personen (siehe 4.2) begründet und dokumentiert werden.

5 Kernelement 2: Composite-Personal — Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen

5.1 Allgemeines

Je nach Einstufung der Sicherheitsanforderungen, die dem jeweiligen Bauteil zugeordnet sind (siehe Abschnitt 4), erfordern Composite-Arbeiten Personal mit objektiv nachweisbaren Kompetenzen, Kenntnissen und Erfahrungen in der Composite-Technologie.

Das Composite-Unternehmen muss in diesem Sinn über ausreichend kompetentes Personal entsprechend den jeweils spezifizierten Anforderungen an die Composite-Technologie verfügen. Dies gilt für alle Mitarbeiter, die direkt oder indirekt mit der Composite-Technologie zu tun haben. Die für das Composite-Personal (CP/siehe 5.2 und 5.3) erforderlichen Kompetenz-, Wissens- und Erfahrungsniveaus sind in 5.4 festgelegt.

In diesem Zusammenhang ist das Composite-Personal (CP) für die Composite-Technologie der übergreifende Begriff und umfasst alle Mitarbeiter, die an der Konstruktion, Planung, Herstellung, Qualitätssicherung und Instandhaltung/Reparatur von Composite-Komponenten und Prüfungen beteiligt sind. Composite-Personal (CP) besteht, wie in Bild 1 dargestellt, aus ausführendem Personal, Aufsichtspersonal und Prüfpersonal.

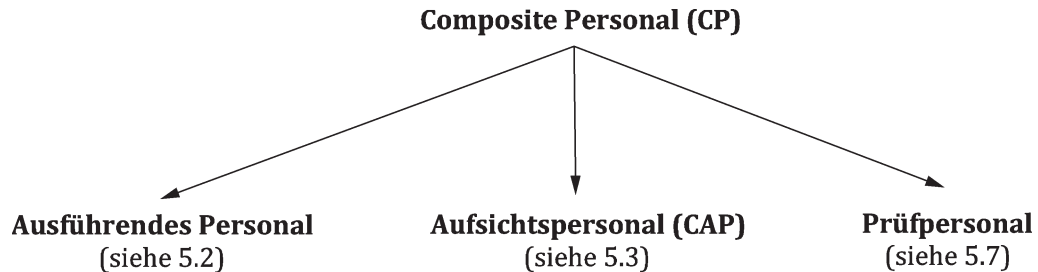


Bild 1 — Zusammensetzung des Personals für die Composite-Technologie (Composite Personal, CP)

Alle Composite-Arbeiten, die von Unterauftragnehmern durchgeführt werden, müssen in gleicher Weise nach den Anforderungen dieses Dokuments ausgeführt werden. Der Unterauftragnehmer muss das CAP zur Überwachung der Composite-Arbeiten zur Verfügung stellen.

Für jeden Composite-Vorgang muss die erforderliche Composite-Kompetenz des Personals ermittelt werden. Vor Beginn der Fertigung muss sichergestellt werden, dass für alle durchzuführenden Composite-Arbeiten objektiv nachweisbar kompetentes Personal in ausreichender Anzahl zur Verfügung steht.

Für Bauteile der Sicherheitsklasse C4 (keine Sicherheitsanforderungen) werden in diesem Dokument keine Anforderungen an die Composite-Kompetenz, -Kenntnisse und -Erfahrungen des Personals gestellt. Dies kann in den technischen Spezifikationen oder in der Vertragsgestaltung außerhalb dieses Dokuments definiert werden (siehe 5.5, Tabelle 4 und Bild 2).

Darüber hinaus müssen für Bauteile der Sicherheitsklasse C1 und C2 folgende Anforderungen erfüllt werden (siehe 5.5, Tabelle 4 und Bild 2):

- Der gesamte Composite-Vorgang, vom Beginn bis zur Fertigstellung des jeweiligen Composites/Composite-Bauteils, darf nur von nachweislich sachkundigem Composite-Personal (CP) nach 5.2 und 5.3 dieses Dokuments durchgeführt werden.
- Während der Composite-Arbeiten muss eine nach diesem Dokument qualifizierte und befugte Composite-Aufsichtsperson (CAP) zugänglich sein, die bei Prozessabweichungen oder bei freizugebenden Prozessen die notwendigen Maßnahmen und Schritte einleitet, überprüft und dokumentiert.
- Abweichungen des Composite-Prozesses und die ergriffenen Maßnahmen müssen dokumentiert werden.

5.2 Composite-Personal der ausführenden Ebene

5.2.1 Allgemeines — Composite-Personal ausführende Ebene

Das Anwenderunternehmen muss objektiv nachweisbar über kompetentes und geschultes Composite-Personal auf der ausführenden Ebene verfügen, das in der Lage ist, Composite-Arbeiten selbstständig und ordnungsgemäß durchzuführen.

5.2.2 Funktionen — Composite-Personal ausführende Ebene

Das Composite-Personal (CP) für die ausführende Ebene in der Firma sind die Personen, die fachgerecht und selbstständig die Composite-Prozesse für die Herstellung, die Instandsetzung oder die Reparatur von Composite-Komponenten nach anerkannten Arbeitsanweisungen ausführen.

5.2.3 Aufgaben — Composite-Personal ausführende Ebene

Das Composite-Personal für die ausführende Ebene des Unternehmens muss in objektiv nachzuweisender Form über Kompetenz, Wissen und Erfahrung in der Composite-Technologie verfügen. Diese Verständnisbasis ermöglicht ihnen

- den Inhalt genehmigter Arbeitsanweisungen fachlich kompetent zu verstehen und fachgerecht umzusetzen,
- ihre Tätigkeiten selbständig und fachgerecht im jeweiligen täglichen Arbeitskontext einzuordnen,
- ihre Arbeitsmethoden entsprechend anzupassen.

5.2.4 Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen — Composite-Personal ausführende Ebene

Für Bauteile der Sicherheitsklassen C1, C2 und C3 müssen alle Mitarbeiter, die an Composite-Arbeiten beteiligt sind, über objektiv nachweisbare Kompetenzen der Ebene 3 verfügen (siehe Tabelle 3). Dies gilt auch für diejenigen, die entsprechende Anlagen einrichten, bedienen oder automatisierte Produktionsschritte überwachen.

Diesbezüglich können eine abgeschlossene Berufsausbildung oder nachgewiesene Kompetenzen und Kenntnisse im Bereich Composite-Technologie vom Composite-Aufsichtspersonal (CAP, siehe 5.3) als Nachweis vergleichbarer Fachkompetenz nach Tabelle 3 anerkannt werden, wenn Composite-Arbeiten in diesen Bereichen durchgeführt werden. Dieses muss vom CAP bzw. bei entsprechender Aufsichtsorganisation vom vCAP begründet und dokumentiert werden. Die Teilnahme an Produktschulungen stellt keinen ausreichenden Nachweis dar.

Die Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen für Composite-Personal für die ausführende Ebene (Ebene 3) sind in 5.4.2.4 und Anhang A, Tabelle A.1, sowie in Anhang A, A.2.3, definiert.

5.3 Composite-Aufsichtspersonal (CAP)

5.3.1 Allgemeines — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)

Die Überwachung der Composite-Prozesse liegt in der Verantwortung des Anwenderunternehmens. In der Anwenderfirma müssen, je nach Umfang der Composite Arbeiten und Größe der Anwenderfirma, eine oder mehrere Personen die Composite-Aufsicht durchführen. Die Anwenderfirma muss jedoch mindestens eine Composite-Aufsichtsperson (CAP) anweisen, wenn Bauteile mindestens der Sicherheitsklasse C3 dimensioniert, geplant, hergestellt, in Betrieb genommen, instandgehalten oder repariert werden. Die Benennung muss von einer führenden oder berechtigten Person durchgeführt und dokumentiert werden. Sind mehrere Personen als Composite-Aufsichtspersonen (CAP) benannt worden, kann das Anwenderunternehmen eine Composite-Aufsichtsperson (CAP) als verantwortliche Composite-Aufsichtsperson (vCAP) benennen. Diese ist berechtigt, alle mit den Composite-Arbeiten in den verschiedenen Fertigungsbereichen verbundenen Vorgänge zu koordinieren.

Sind mehrere Personen als Composite-Aufsichtspersonal (CAP) beauftragt worden, müssen die Aufgaben, der Verantwortungsbereich und die Schnittstellen für jede CAP gesondert festgelegt werden. Die Verantwortungen und Zuständigkeiten sowie die gegenseitigen Beziehungen aller im Anwenderbetrieb beschäftigten Personen, die Entscheidungs-, Überwachungs- und Ausführungstätigkeiten ausüben, welche die Qualität der Composite-Arbeiten beeinflussen, müssen im Anwenderbetrieb offiziell ernannt, dokumentiert und kommuniziert sein. Insbesondere sind dies:

- die Aufgaben der Composite-Aufsichtspersonen (bei mehreren Composite Aufsichtspersonen sind die Arbeits- und Verantwortungsbereiche abzugrenzen);
- die Tätigkeiten, welche die Anwesenheit der verantwortlichen Composite-Aufsichtsperson (vCAP) erfordern;

- die Maßnahmen, welche bei Abwesenheit der Composite-Aufsichtspersonen (CAP) erforderlich sind (z. B. Vertreterregelung für die Composite-Aufsicht; Festlegung der erlaubten oder der nicht erlaubten Composite-Arbeiten; Festlegungen, wann Composite-Arbeiten einzustellen sind).

Die Composite-Aufsichtsperson (CAP) darf dann mit Composite-Arbeiten der ausführenden Ebene beauftragt werden, wenn das Vier-Augen-Prinzip durch einen weiteren Vertreter des Composite Personals (CP) sichergestellt ist.

5.3.2 Funktionen — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)

Die Composite-Aufsichtsperson (CAP) hat die Funktion der verantwortlichen Entwicklung, Planung und Prozessorganisation und -ausführung von Bauteilen. Darüber hinaus ist die Person für die Überwachung der Composite-Prozesse und aller damit verbundenen Aktivitäten verantwortlich. Diese Person ist der ernannte Leiter aller Composite-Prozesse einschließlich deren Freigabe. Sie hat damit die entsprechende Entscheidungskompetenz bezüglich der Composite-Technologie im Unternehmen und ist unabhängig von betrieblichen, wirtschaftlichen und zeitlichen Einschränkungen. Aus diesem Grund werden als CAP nur die Mitarbeiter ernannt, die in der Lage sind

- eine ganzheitliche und technisch korrekte Betrachtung der Composite-Prozesse, d. h. von der Idee über die Planung und Ausführung bis hin zur Instandhaltung/Reparatur und Entsorgung, vorzunehmen

und

- die jeweiligen Aufgaben und Pflichten in Übereinstimmung mit diesem Dokument ohne Einschränkung zu erfüllen.

5.3.3 Aufgaben — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)

Bei den Composite-Prozessen müssen alle besonderen Anforderungen an die Bauteile berücksichtigt werden. Dies muss für alle relevanten Bereiche des Anwenderbetriebes sichergestellt werden. Dazu gehören unter anderem

- die Entwicklung des Bauteils einschließlich dessen Gestaltung und konstruktiver Auslegung sowie die Gestaltung des Composite-Prozesses,
- die Umsetzung des Composite-Verfahrens in der Produktion,
- die Berücksichtigung der Reparierbarkeit,
- sowohl der Einkauf als auch der Verkauf,
- die Montage,
- die Untervergabe.

Die Hauptaufgaben des Composite-Aufsichtspersonals (CAP) sind in Abhängigkeit ihres Verantwortungsbereichs in Tabelle 2 beispielhaft zusammengefasst.

Tabelle 2 — Aufgabenbeispiele des CAP

Nr. der Aufgabe	Beschreibung der Aufgaben mit Beteiligung der CAP
1	Überprüfung der Vertragsbestimmungen: — Prüfung der Eignung des Anwenderbetriebs, die den Auftrag für das Bauteil und die damit verbundenen Arbeiten annimmt.
2	Überprüfung der Konstruktion: — Einhaltung der einschlägigen Composite-Normen, -Verfahrensregeln und -Merkblätter; — Bewertung der Belastungen und Beanspruchungen; — Umsetzung der Konstruktionsanforderungen; — Bewertung des Composite-Systems einschließlich Materialien und Verarbeitungsverfahren.
3	Prüfung der Nachweisführung von Bauteilen nach Abschnitt 6
4	Kontrolle der Lagerung und des Transports von Composite Ausgangsstoffen und anderen Komponenten des Composite-Systems: — Liefer- und Transportbedingungen; — Kennzeichnung, Lagerung, innerbetrieblicher Transport und Handhabung; — Rückverfolgbarkeit.
5	Überprüfung der Produktionsplanung: — Validierung der notwendigen Fertigungsdokumente wie z. B. Zeichnungen, Stücklisten und Anweisungen, verwendete Materialien, Hilfsmaterialien und Ausrüstung; — Arbeits- und Reparaturanweisungen, deren Angemessenheit und Umsetzbarkeit; — erforderliche nachprüfbare Qualifikationen des Composite-Personals (CP); — Arbeits- und Montagereihenfolgen; — erforderliche Umgebungsbedingungen.
6	Beurteilung von Unvollkommenheiten, Schäden oder Fehlern
7	Überprüfung der Ausrüstung: — Eignung der Ausrüstung; — eventuell erforderliche Vorrichtungen; — Einhaltung der erforderlichen Herstellungsbedingungen; — Bereitstellung, Identifizierung und Handhabung von Hilfsmaterialien und Ausstattung.
8	Überwachung der Arbeiten: — vorbereitende Arbeiten; — Prozess; — Aushärten/Einsetzen (Verfestigung der Matrix); — Umgebungsbedingungen, einschließlich vor- und nachgeschalteter Prozessparameter; — Überprüfung der Aufrechterhaltung der Fertigungsqualität.

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Nr. der Aufgabe	Beschreibung der Aufgaben mit Beteiligung der CAP
9	Prüfung des Bauteils: — Prüfplan: — visuelle Untersuchung; — zerstörende und nicht-zerstörende Prüfung; — Beurteilung von fertiggestellten Bauteilen.
10	Überprüfung von Unterauftragnehmern: — Eignung in Bezug auf die Qualifikation des Personals, Verfügbarkeit von Personal, Ausrüstung und Produktionsanlagen.
11	Dokumentation: — Vorbereitung, Erstellung und Aufbewahrung aller notwendigen Protokolle, Berichte und Aufzeichnungen.

5.3.4 Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen — Composite-Aufsichtspersonal (CAP)

Die Mindestanforderungen an die technologischen Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie des Composite-Aufsichtspersonals (CAP) sind in 5.5, Tabelle 4, und in 5.4.2.3 festgelegt. Diese werden durch Tabelle 3 (siehe 5.4.1) ergänzt. Anhang A beschreibt den Inhalt im Detail.

Die Composite-Aufsichtspersonen (CAP) müssen regelmäßig nachweisen, dass sie ihre Kompetenz erhalten oder erweitert haben (siehe 5.4.2.5).

Wenn eine Composite-Aufsichtsperson (CAP) bestimmte Aufgaben nicht ausführt, können diese Aufgaben an Mitarbeiter mit gleicher oder geringerer Composite-Kompetenz vergeben werden. Es ist die Aufgabe der Composite-Aufsichtsperson (CAP), diese stellvertretenden Mitarbeiter auszuwählen, ihre Kompetenzen zu überprüfen und sie hinsichtlich der auszuführenden Arbeiten anzuweisen. Alle Einzelheiten dazu müssen ausführlich dokumentiert werden (siehe 5.5, Tabelle 4).

5.3.5 Organisatorische Integration der Composite-Aufsicht

Als Composite-Aufsichtspersonen (CAP) dürfen nur Personen aus dem Personal des Anwenderunternehmens ernannt werden, die in der Lage sind, ihre jeweiligen Aufgaben und Verantwortlichkeiten in Übereinstimmung mit diesem Dokument ohne Einschränkungen zu erfüllen. Zu diesem Zweck muss ihnen die erforderliche Weisungsbefugnis übertragen werden. Die Composite-Aufsichtspersonen (CAP) müssen mit den Entscheidungsbefugnissen ausgestattet werden, die es ihnen ermöglichen, frei von betrieblichen und zeitlichen Zwängen zu handeln.

Nur die Personen, die über gleiche oder höhere Kompetenzen verfügen und die offiziell ernannt wurden, sind berechtigt, als Stellvertreter der Composite-Aufsichtspersonen (CAP) ohne jegliche Einschränkung zu handeln.

Im Falle von Kleinbetrieben darf die Entscheiderebene dann durch leitendes Personal (Firmeninhaber, Geschäftsführer, Betriebs- oder Produktionsleiter usw.) besetzt werden, wenn dies unternehmenstechnisch nicht anders sicherzustellen ist.

Im Organigramm des Anwenderunternehmens müssen die Arbeitsbereiche und Verantwortlichkeiten sowie die Beziehung zwischen allen Personen, die eine leitende, ausführende oder überwachende Funktion haben, die die Qualität der Composite-Arbeiten beeinflussen, schriftlich festgelegt werden. Dies gilt insbesondere für die:

- Aufgaben des Composite-Aufsichtspersonals (CAP) (bei mehreren CAPs müssen die Arbeitsbereiche und Zuständigkeiten abgegrenzt werden);

- Arbeiten, die die Anwesenheit der verantwortlichen Composite-Aufsichtsperson (vCAP) erfordern;
- Maßnahmen, die bei Abwesenheit der Composite-Aufsichtsperson zu ergreifen sind (z. B. Ernennung von Stellvertretern; Festlegung der erlaubten oder verbotenen Composite-Arbeiten; Festlegung des Zeitpunkts, zu dem die Composite-Arbeiten eingestellt werden sollen).

5.4 Kompetenz-, Wissens- und Erfahrungsniveaus des Composite-Personals (CP)

5.4.1 Allgemeines

Für das Composite-Personal (CP), das aus Composite-Aufsichtspersonen (CAP) und Composite-Personal für die ausführende Ebene besteht, definiert dieses Dokument drei Ebenen von Kompetenzen, Wissen und Erfahrung über Hierarchien hinweg (siehe Tabelle 3):

- Ebene 1: umfassend (Entscheiderebene)
- Ebene 2: spezifisch (Aufsichtsebene)
- Ebene 3: grundlegend (Ausführungsebene)

Tabelle 3 — Niveaus der Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen des Composite-Personals

Ebene	Umfang der Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen
1	Umfassende technologische Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie müssen nach Anhang A, A.2.1, erfüllt werden. Zudem muss eine der folgenden Zugangsvoraussetzungen erfüllt sein: — Hochschulabschluss (Bachelor oder höher) im technischen Bereich an einer deutschen Hochschule oder vergleichbarer Hochschulabschluss im technischen Bereich an einer ausländischen Hochschule (keine Berufserfahrung^a notwendig nachzuweisen) oder — abgeschlossene Aufstiegsfortbildung (z. B. Meister, Techniker) im technischen oder handwerklichen Bereich oder einen anderen laut EQR vergleichbaren Abschluss im technischen Bereich und mindestens fünf Jahre Berufserfahrung^a im Bereich faserverstärkter Kunststoffe.
2	Spezifische technologische Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie müssen nach Anhang A, A.2.2, erfüllt werden. Zudem muss eine der folgenden Zugangsvoraussetzungen erfüllt sein: — abgeschlossene Berufsausbildung im technischen oder handwerklichen Bereich und mindestens drei Jahre Berufserfahrung^a im Bereich faserverstärkter Kunststoffe.
3	Grundlegende technologische Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie müssen nach Anhang A, A.2.3, erfüllt werden.
^a Die Berufserfahrung kann innerhalb eines Jahres nach der letzten Prüfung nachgewiesen werden. D. h. das Zertifikat wird ein Jahr nach der Prüfung ausgestellt, die Kompetenzen können aber schon angewendet werden.	

5.4.2 Anforderungen von Kompetenzen, Wissen und Erfahrungen für jede Ebene

5.4.2.1 Allgemeines

Die Hauptschwerpunkte für die Überprüfung von Kompetenzen, Wissen und Erfahrung sind für alle drei Kompetenzebenen gleich (siehe 5.4.1, Tabelle 3). Die in den Hauptkategorien (siehe unten) aufgeführten Fachinhalte, die zusammen den gesamten Bereich der modernen Composite-Technik nach dem aktuellen Wissensstand repräsentieren, setzen sich wie folgt zusammen:

- Einführung in die Faserverbundtechnologie;
- Arbeits- und Umweltschutz;
- Kunststoffe & Matrixsysteme – Verarbeitung und Eigenschaften;
- Verstärkungsfasern;
- textile Halbzeuge;
- Fertigungsverfahren;
- mechanische Nachbearbeitung;
- Fügeverfahren;
- Konstruktion und Bauweisen;
- Auslegung, Modellierung und Schadensbewertung;
- Material- und Bauteilprüfung;
- Schadensmechanismen, -bilder und -ursachen und Schadensklassifizierung;
- Reparatur;
- Recycling und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten.

Die drei in Tabelle 3 genannten Ebenen entsprechen im Prinzip den Hierarchieebenen/Tätigkeitsfeldern der Composite-Aktivitäten im Anwenderunternehmen (Ebene 1: Entscheiderebene/Ebene 2: Aufsichtsebene/Ebene 3: Ausführungsebene). Diese drei Kompetenzebenen bestimmen, welche technischen Inhalte (siehe 5.4.2.2 bis 5.4.2.4 und Anhang A) nachweislich beherrscht werden müssen und in welchem Umfang für einen bestimmten Arbeitsumfang eine bestimmte Kompetenz in Abhängigkeit von der Sicherheitsklasse nach diesem Dokument (siehe 5.5) erforderlich ist.

Die einzelnen Inhalte für die Überprüfung der Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen jeder Ebene entsprechend dem Hauptfachinhalt (siehe 5.4.2.2 bis 5.4.2.4) sind in Anhang A dieses Dokuments im Detail festgelegt.

Die Zuordnung jeder Ebene zum jeweiligen Arbeitsumfang ist in 5.5 festgelegt.

Die Mindestanforderungen an die technologischen Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technik für das Composite-Aufsichtspersonal (CAP) und seine Stellvertreter sind in 5.5, Tabelle 4, aufgeführt.

Für die in 5.5, Tabelle 4, genannten Arbeitsumfänge muss die Mindestanzahl der Mitarbeiter mit entsprechender und nachprüfbarer Kompetenz zwei betragen, z. B. eine Person des Composite-Personals der ausführenden Ebene und eine Composite-Aufsichtsperson (CAP) (siehe 5.5, Tabelle 4, für die Beschreibung des Kompetenzniveaus).

Falls erforderlich, muss eine stellvertretende CAP-Benennung in geeigneter und nachvollziehbarer Weise erfolgen.

5.4.2.2 Ebene 1: umfassend

Umfassende technologische Kompetenzen, Wissensanwendung, praktische Anwendung und Erfahrungen in der Composite-Technologie schließen die Fähigkeit ein, das gesamte Spektrum der Composite-Arbeiten zu betreuen (siehe Einleitung und 1 dieses Dokuments/Geltungsbereich), d. h. von der Produktentwicklung

(Vorproduktion/en: pre-production) über die Produktion (en: in-production) bis hin zu Wartungs- und Reparaturaktivitäten (Nach-Produktion/en: post-production). Für die korrekte technische Anwendung der Composite-Technologie erfordern diese umfassenden Kompetenzen interdisziplinäres Denken, verantwortliches Entscheiden und Handeln sowie die Fähigkeit, den gesamten Produktlebenszyklus verantwortlich zu überwachen und zu berücksichtigen. Diese Kompetenzen befähigen Personen umfassend zur Übernahme der Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Composite-Aufsichtsperson in einem Unternehmen.

Umfassende technologische Kompetenzen, Wissensanwendung, praktische Anwendung und Erfahrungen in der Composite-Technologie sind in Anhang A dieses Dokuments definiert (siehe A.2.1).

5.4.2.3 Ebene 2: spezifisch

Zu den spezifischen technologischen Kompetenzen, Kenntnissen, praktischen Anwendungen und Erfahrungen in der Composite-Technologie gehört die Fähigkeit, Arbeitsanweisungen zu erstellen und Composite-Personal der ausführenden Ebene und andere Composite-Mitarbeiter in theoretischen und praktischen Fragen der Composite-Technologie zu beaufsichtigen. Zu diesen Kompetenzen gehört auch die Fähigkeit, Composite-Prozesse zu planen, zu organisieren und zu überwachen, Prozessparameter zu kontrollieren und gegebenenfalls anzupassen. Dazu gehört auch die Kompetenz, Unregelmäßigkeiten in Produktions-, Wartungs- und Reparaturprozessen zu erkennen und entsprechend zu reagieren. Spezifische technologische Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen befähigen die Personen in ihrem jeweiligen Verantwortungsbereich, die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Composite-Aufsichtsperson (CAP) in einem Unternehmen zu übernehmen.

Spezifische technologische Kompetenzen, Wissensanwendung, praktische Anwendung und Erfahrungen in der Composite-Technologie sind in Anhang A dieses Dokuments definiert (siehe A.2.2).

5.4.2.4 Ebene 3: grundlegend

Technologische Grundkompetenzen, Anwendungswissen, praktische Anwendung und Erfahrungen in der Composite-Technologie beinhalten ein grundlegendes Verständnis dieser Technologie, sodass die Besonderheiten der Composite-Prozesse verstanden und in der Produktion (en: in-production), Wartung und Instandhaltung (en: post-production) berücksichtigt werden können. Der relevante Kontext und die Bedeutung von Arbeitsanweisungen sind somit klar. Technologische Grundkenntnisse befähigen die Mitarbeiter, selbstständig und fachlich kompetent Composite-Arbeiten in der Produktion, Instandhaltung und Reparatur nach den vorgegebenen Arbeitsanweisungen durchzuführen und bei Unregelmäßigkeiten Rückmeldung zu geben.

Grundlegende technologische Kompetenzen, Wissensanwendung, praktische Anwendung und Erfahrungen in der Composite-Technologie sind in Anhang A dieses Dokuments definiert (siehe A.2.3).

5.4.2.5 Fortbildung

Das CAP muss sich mindestens alle zwei Jahre durch mindestens zweitägige, Composite-relevante Schulungen weiterbilden. Eine innerbetriebliche Schulung durch eigenes Personal und Produktschulungen gelten nicht als Schulung für das CAP im Sinne dieses Dokuments.

Mindestens alle zwei Jahre muss auch das Composite-Personal der ausführenden Ebene an Weiterbildungen teilnehmen. Diese Fortbildungen können intern oder extern durchgeführt werden. Inhalt und Dauer (mindestens zwei Tage) dieser praktischen und theoretischen Schulungen werden in Absprache mit dem zuständigen CAP festgelegt.

Jede Fortbildung muss dokumentiert werden (Datum, Dauer, Inhalt, Ausbildungsunterlagen, Teilnehmer).

5.5 Zuordnung der drei Kompetenzebenen zu den Sicherheitsklassen

Die Ebene der technologischen Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie (siehe 5.4.1, Tabelle 3) steht im Zusammenhang mit der Sicherheitsklasse der Bauteile (siehe 4.2, Tabelle 1) sowie mit dem Arbeitsumfang (Tabelle 4 und Bild 2).

Tabelle 4 — Mindestanforderungen an die technologischen Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen in der Composite-Technologie für das Composite Aufsichtspersonal (CAP) und deren Stellvertreter

Arbeitsumfang	Kommentar	Klasse C1	Klasse C2		Klasse C3	Klasse C4
Freigabe der Produktgestaltung und Prozessgestaltung in der Entwicklungsphase und bei Änderungen		Ebene 1	Ebene 1 für Produktgestaltung <i>mit</i> rechnerischer Nachweisführung	Ebene 2 für Produktgestaltung <i>ohne</i> rechnerische Nachweisführung	Ebene 2	Keine Anforderung dieses Dokuments, festzulegen in den technischen und/oder vertraglichen Spezifikationen.
Überwachung der Produktion/Fertigung ohne Prozessänderungen Instandhaltung (Wartung) und Instandsetzung (Reparatur) ohne Prozessänderungen	Im Falle neuer bzw. umgestalteter Prozesse oder Prozessänderungen gilt die erste Zeile dieser Tabelle.	Ebene 2	Ebene 2		Ebene 3	Keine Anforderung dieses Dokuments, festzulegen in den technischen und/oder vertraglichen Spezifikationen.
Beteiligung von CAP an: — Einkauf und Montage; — Einkauf und Weitervertrieb; — und/oder Unterauftragsvergabe von Composite-Bauteilen.	Die Rückverfolgbarkeit des Bauteils bzw. der Komponente ist bis zum Hersteller sicherzustellen. Unterauftragsvergabe: Sowohl der Auftraggeber als auch der Auftragnehmer unterliegen den Anforderungen dieses Dokuments.	Ebene 2	Ebene 2		festzulegen in den technischen und/oder vertraglichen Spezifikationen	Keine Anforderung dieses Dokuments, festzulegen in den technischen und/oder vertraglichen Spezifikationen.

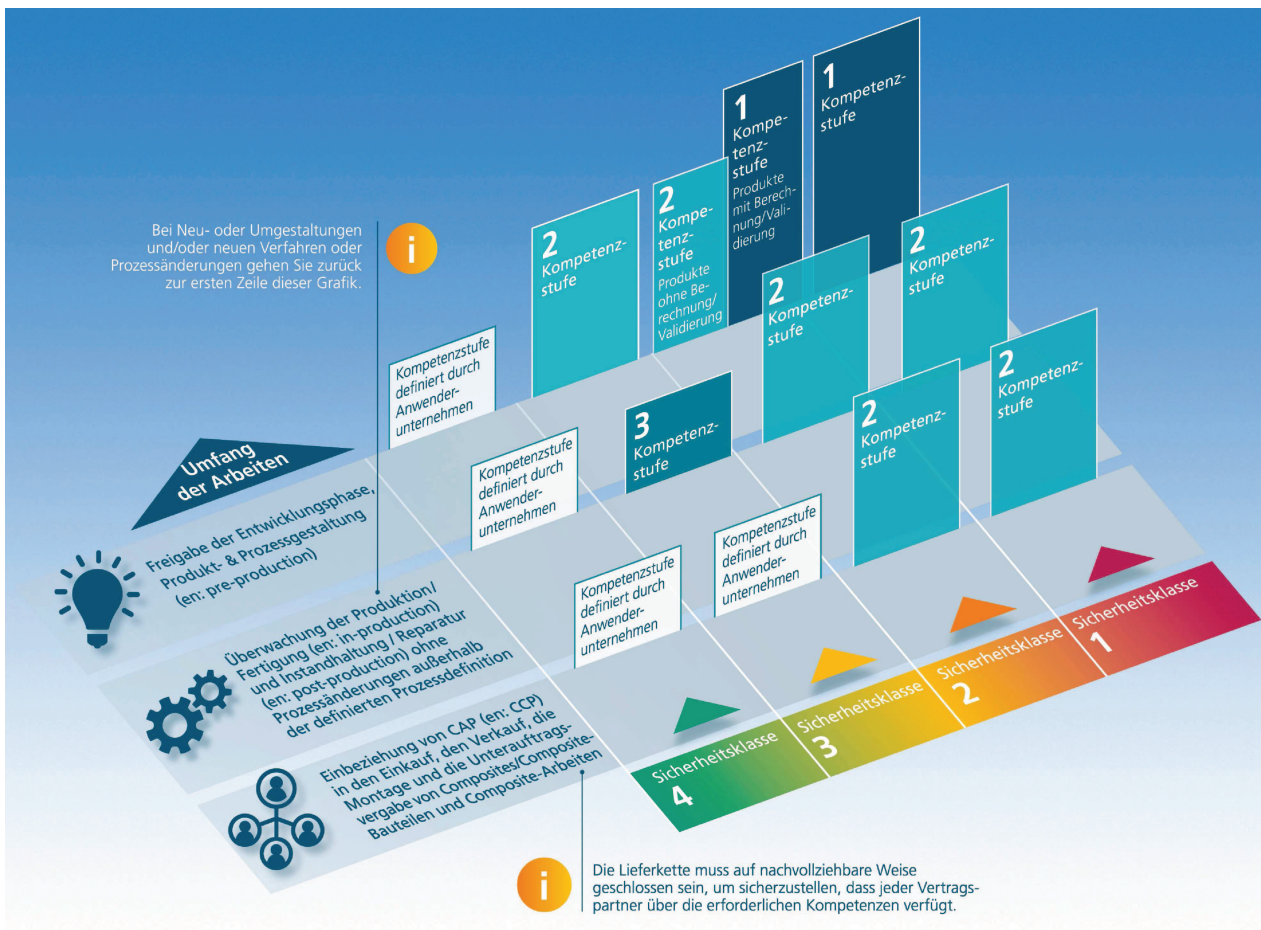


Bild 2 — Verknüpfung von Arbeitsumfang, Sicherheitsklasse und Kompetenzebene

5.6 Vergleichbarkeit von Kompetenz, Wissen und Erfahrung

5.6.1 Allgemeines

Im Rahmen der drei Kernelemente dieses Dokuments (siehe Abschnitt 4, Abschnitt 5 und Abschnitt 6) spielen die Kompetenz, das Wissen und die Erfahrung des Composite-Personals (CP/Kernelement 2, siehe Abschnitt 5) die Schlüsselrolle. Die professionelle Planung und Durchführung der Composite-Technologie sowie die Konstruktion von und Nachweisführung bei Bauteilen (Abschnitt 6) basieren auf diesem Kernelement 2.

Um dieser besonderen Bedeutung gerecht zu werden, werden die Anforderungen dieses Dokuments an die Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen des mit der Composite-Technologie befassten Personals definiert, indem die notwendigen Composite-Kompetenzen beschrieben werden, wobei zwischen umfassenden Kompetenzen (siehe 5.4.2.2), spezifischen Kompetenzen (siehe 5.4.2.3) und grundlegenden Kompetenzen (siehe 5.4.2.4) unterschieden wird.

Um die Qualität von Bauteilen national und international mit dem in der Einleitung definierten Anspruch vergleichbar zu machen, ist die zuverlässige Vergleichbarkeit der Kompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen des für die Composite-Technologie verantwortlichen Personals nach diesem Dokument von unverzichtbarer Bedeutung.

5.6.2 Nachweis von Fachkompetenz, Wissen und Erfahrung

5.6.2.1 Allgemeines

Das Grundprinzip dieses Nachweises der fachlichen Kompetenz, des Wissens und der Erfahrung in der Composite-Technologie ist, dass

- den Erwerb von Wissen oder die Aus- und Weiterbildung,
- die Prüfung dieser Kompetenz, dieses Wissens und dieser Erfahrung und
- die Anerkennung dieser Kompetenz, dieses Wissens und dieser Erfahrung

strikt voneinander zu trennen sind. Die Stelle, die Kompetenz, Wissen und Erfahrung offiziell anerkennt, muss selbst objektiv nachweisen, dass zwischen den beteiligten Akteuren keine wirtschaftlichen oder rechtlichen Beziehungen bestehen. Vor diesem Hintergrund sind die Haftungskompetenzen, Kenntnisse und Erfahrungen durch eine neutrale, dokumentierte Prüfung nachzuweisen. Die Person, die ihre fachliche Kompetenz, ihr Wissen und ihre Erfahrung nachweisen will, muss diese Prüfung nachweislich ohne fremde Hilfe, Hilfsmittel oder Schulungsunterlagen bestehen.

Es muss nachweislich sichergestellt werden, dass die Prüfung der fachlichen Kompetenz formal (siehe 5.6.2 und 5.6.3) und inhaltlich (siehe 5.4.2 und Anhang A) nach dem Stand der Technik durchgeführt wird.

Die nachweislich objektive, vertrauliche und unparteiische Überprüfung des Nachweises der Kompetenz, des Wissens und der Erfahrung des Personals erfolgt in Übereinstimmung zur DIN EN ISO/IEC 17024. Damit wird sichergestellt, dass die Prüfung der beruflichen Kompetenz objektiv, transparent und wiederholbar durchgeführt wird und dass die Ermittlung und Bewertung der Prüfungsergebnisse objektiv nachprüfbar, transparent und neutral erfolgt.

ANMERKUNG Als weltweit anerkannte und implementierte Norm schafft DIN EN ISO/IEC 17024 die notwendige Vergleichbarkeit der Kompetenzen und Anforderungen von Experten sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene. Experten dokumentieren ihre Kompetenz nach einem weltweit gültigen Standard und bieten damit Kunden, Auftraggebern und Interessenten sowie Behörden die Möglichkeit, ihre Kompetenz mit einem Höchstmaß an Sicherheit zu dokumentieren.

Damit liefert DIN EN ISO/IEC 17024 den objektiven Nachweis der (inter-)national notwendigen Vergleichbarkeit von Kompetenzen, Kenntnissen und Erfahrungen auf dem Gebiet der Composite-Technologie.

Darüber hinaus muss für die Organisation und Durchführung des Tests ausreichend und haftendes kompetentes Personal zur Verfügung gestellt werden.

5.6.2.2 Prüfungskommission

Die Prüfung der fachlichen Eignung wird von einer Prüfungskommission durchgeführt, die aus mindestens zwei Personen besteht (Vier-Augen-Prinzip). Es darf zum Zeitpunkt der Prüfung keine nachweisbaren wirtschaftlichen oder rechtlichen Interessenkonflikte zwischen dem Kandidaten und dem/den Prüfer(n) geben (siehe 5.6.2.1, Anmerkung).

Die Aufgaben der Prüfungskommission sind wie folgt:

- Organisation der Prüfung;
- Auswahl der Prüfungsfragen;
- Durchführung der Prüfung;
- Auswertung der Prüfungsergebnisse.

5.6.2.3 Anforderungen an das Prüferpersonal

Zur Verifizierung der technischen Kompetenz muss das Prüfungspersonal die folgenden Anforderungen, Fähigkeiten und Merkmale sowie weitere Anforderungen nachweisen.

a) Technische Anforderungen:

Das Prüfungspersonal muss nachweisen, dass es

- entweder eine abgeschlossene akademische Ausbildung in einer Ingenieur- oder Naturwissenschaft und min. zwei Jahre Berufserfahrung im Fachgebiet Composites
- oder eine abgeschlossene technische Berufsausbildung und min. fünf Jahre Vollzeit Berufserfahrung im Fachgebiet Composites hat,
- sehr gute sprachliche Kenntnisse in der Prüfungssprache hat,
- der Nachweis hierfür ist im Ernennungsverfahren zu erbringen und wird entsprechend dokumentiert,
- detaillierte Kenntnis der in diesem Dokument definierten beruflichen Kompetenzen (siehe 5.4.2).

b) Fähigkeiten und Merkmale:

Das Prüfungspersonal muss

- die Fähigkeit haben, effektiv mit Menschen zu kommunizieren,
- die persönliche Integrität haben, um die Vertraulichkeit der Informationen zu wahren, die während der Prüfung ggf. zu erhalten werden,
- unparteiisch und in nicht diskriminierender Weise in Bezug auf alle Fragen im Zusammenhang mit der Prüfung zu handeln.

5.6.2.4 Prüferpersonal (Prüfer)

Das Prüfungspersonal (Prüfer) muss

- seine kontinuierliche Weiterbildung in der Composite-Technologie unter Beweis stellen,
- die regelmäßige Durchführung von Prüfungen nachweisen können (Leitlinie: sechs Prüfungen in zwei Jahren).

Die Stelle, die die fachliche Eignung der Kandidaten überprüft, muss in regelmäßigen Abständen (Richtlinie: vier Jahre) die Eignung der Prüfer überprüfen und sicherstellen (siehe 5.6.2.3).

Die Prüfer dürfen zu keinem Zeitpunkt an der Durchführung der Weiterbildung der Prüfungsteilnehmer beteiligt gewesen sein.

5.6.3 Nachweis der praktischen Berufskompetenz

Personal, das in irgendeiner Weise mit der Durchführung und Überwachung praktischer Composite-Arbeiten betraut ist, muss zusätzlich zu seiner theoretischen Fachkompetenz die praktische Fachkompetenz durch eine praktische Prüfung entsprechend den folgenden Anforderungen nachweisen:

Praktische Prüfungen werden für die Kompetenzebenen 2 und 3 durchgeführt. Für die Kompetenzebene 1 erfolgt keine praktische Prüfung.

Die Prüfungszeit für praktische Prüfungen beträgt 40 Minuten. In dieser Zeit wird ein Werkstück gefertigt. Die Prüfungsaufgaben für die praktische Prüfung werden durch einen unabhängigen Fachausschuss festgelegt. Die Prüfungsteilnehmenden wählen aus einem Pool festgelegter Prüfungsaufgaben zufällig eine zu bearbeitende Prüfungsaufgabe. Der Pool der Prüfungsaufgaben enthält Aufgaben, die die in dem jeweiligen Profil geforderten Kompetenzen abdecken.

Die praktische Prüfung wird von einem Prüfer begleitet. Das erstellte Werkstück wird von dem Prüfer anhand eines Bewertungsbogens bewertet. Der Prüfer für die praktische Prüfung reicht das Ergebnis an den Vorsitzenden der Prüfungskommission weiter. Der Vorsitzende der Prüfungskommission informiert den Teilnehmer im Anschluss an die mündliche Prüfung über das Prüfungsergebnis.

Für Teilnehmende, die die Prüfung aufgrund einer Beeinträchtigung nicht in der vorgesehenen Form durchführen können, können individuelle Ausnahmeregelungen getroffen werden.

Der Prüfungsfragen- und -aufgabenkatalog für die theoretischen und praktischen Prüfungen unterscheidet sich je nach Profil. Gleiches gilt für die Anzahl der Fragen und Aufgaben je Themengebiet.

Werden zur Messung von Festigkeitswerten Prüfmaschinen eingesetzt, so sind diese von ausreichend qualifiziertem Prüfpersonal zu kalibrieren und zu bedienen.

5.7 Überwachungs-, Inspektions- und Prüfpersonal

Das Anwenderunternehmen muss über ausreichend kompetentes Personal für die Planung und Durchführung der Überwachung, Qualitätskontrolle, Prüfung und Inspektion von Composite-Arbeiten entsprechend den festgelegten Anforderungen verfügen. Die Auswertung der Prüfergebnisse obliegt in der Regel dem Composite-Aufsichtspersonal (CAP).

6 Kernelement 3: Auslegung und Nachweis von Composites/Composite-Bauteilen

6.1 Allgemeines

Die Funktionsfähigkeit eines Composites/Composite-Bauteils wird erreicht, wenn alle gestellten Anforderungen erfüllt sind. Dies ist nur sichergestellt, wenn alle folgenden Aspekte aufeinander abgestimmt sind und unter Berücksichtigung der Anforderungen angemessen behandelt werden.

6.2 Zuordnung zu Sicherheitsklassen

Jedes Composite/Composite-Bauteil muss entsprechend den in diesem Dokument festgelegten möglichen sicherheitstechnischen Folgen eines Versagens einer Sicherheitsklasse zugeordnet werden. Diese sind in 4.2, Tabelle 1, festgelegt. Die Sicherheitsklasse muss in Absprache mit der Composite-Aufsichtsperson (CAP) festgelegt und dokumentiert werden.

Die Anforderungen an die Composites/Composite-Bauteile müssen festgelegt werden und in Abstimmung mit der Composite-Aufsichtsperson (CAP) in allen Organisationsabteilungen dokumentiert werden.

Darüber hinaus müssen für Composites/Composite-Bauteile der Sicherheitsklassen C1 und C2 folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Es muss ein Verfahren entwickelt und dokumentiert werden, das sicherstellt, dass Anforderungen aus allen betroffenen Abteilungen festgelegt werden.
- Die festgelegten Anforderungen müssen dokumentiert werden (z. B. in einer Liste von Spezifikationen).
- Es muss der Nachweis erbracht werden, dass die Composite-Aufsichtsperson (CAP) die Anforderungen an die Composites/Composite-Bauteile überprüft hat.

6.3 Materialsystem

Die Eigenschaften der verwendeten Materialien (Fasermaterial, Harz, Härter usw.) und ihr Auslieferungszustand müssen festgelegt werden. Bei einer Änderung muss eine komplette dokumentierte Neubewertung bezüglich der Eignung für das Composite/Composite-Bauteil stattfinden.

Die Auslegung der Composites/Composite-Bauteile muss in der Weise festgelegt und dokumentiert werden, dass sie reproduzierbar hergestellt werden können.

6.4 Faktoren, die den Composite-Prozess beeinflussen

Sämtliche Prozessbedingungen, die den Composite-Prozess beeinflussen (z. B. Umgebungsbedingungen, Verarbeitungszeiten, Fertigungsverfahren, Fertigungsparameter wie z. B. Infusionsdruck, Temperzeiten, Faserorientierung, usw.), müssen in Zusammenarbeit mit der Composite-Aufsichtsperson (CAP) und der Abteilung für Prozessgestaltung bewertet und aufgezeichnet werden.

Die Nachweisführung ist ausschließlich für das definierte Fertigungsverfahren und die festgelegten Fertigungsparameter innerhalb festzulegender Toleranzen zulässig. Ein Extrapolieren der Kennwerte ist nicht gestattet. Bei Abweichungen von diesen muss durch zusätzliche Prozess- und Materialqualifizierung nachgewiesen werden, dass die definierten Bemessungswerte erreicht werden. Methoden nach dem Stand der Technik zur z. B. Bestimmung von Abweichungen der Festigkeiten/Steifigkeiten durch Schwankungen des erreichten Faservolumengehalts/der Faserorientierung sind gestattet. Die verwendeten Methoden müssen in Absprache mit der CAP festgelegt und dokumentiert werden.

6.5 Nachweisführung

6.5.1 Allgemeines

Die Verifizierung ist ein Verfahren, mit dem nachgewiesen werden soll, dass eine Baugruppe oder ein Bauteil die Anforderungen erfüllt.

Darüber hinaus muss für Composites/Composite-Bauteile der Sicherheitsklassen C1 und C2 eine der folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- 1) Erbringung des Nachweises, dass die tatsächlichen Beanspruchungen über die Produktlebensdauer in jedem Fall geringer sind als die maximale Beanspruchbarkeit;
- 2) Bauteilprüfung;
- 3) dokumentierte Erfahrung;
- 4) Kombination der Methoden 1 bis 3.

Der Nachweis muss nicht nur die Festigkeit oder Stabilität unter Betriebsbedingungen umfassen. Er muss auch Aspekte wie Faser/Matrix-Haftung, chemische Beständigkeit, branchenspezifische Anforderungen (z. B. Brandschutz) und mechanische Beanspruchung während der Herstellung, Transport und Nutzung umfassen.

6.5.2 Methode 1 — reale Beanspruchung im Gebrauch < maximale Beanspruchbarkeit

6.5.2.1 Allgemeines

Es müssen Sicherheitsfaktoren/Abminderungsfaktoren auf der Grundlage der Qualität der gewonnenen Informationen über reale Beanspruchung und maximale Beanspruchbarkeit in Abhängigkeit von der definierten Sicherheitsklasse und dem zu Grunde liegenden Anforderungsprofil festgelegt werden. Dies muss in transparenter Weise dokumentiert werden. Werden zur Beurteilung des Bauteils Laborwerte verwendet, so muss nachgewiesen werden, dass diese Ergebnisse ebenfalls unter realen Fertigungsbedingungen erzielt werden (siehe 8.2.5).

Anerkannte und bewährte, auch branchenspezifische Regelwerke müssen angewendet werden. Sie können entsprechend modifiziert herangezogen werden, wenn sie technologisch auf mögliche Anwendungsgebiete aus anderen Branchen übertragbar sind. Darüber hinaus muss für Bauteile der Sicherheitsklasse C1 folgende Anforderung erfüllt werden:

- Die Bemessungswerte müssen in angemessenen festgelegten Abständen mit geeigneten Methoden validiert werden. Diese Maßnahmen und ihr Umfang müssen von der Composite-Aufsichtsperson (CAP) spezifiziert und dokumentiert werden.

6.5.2.2 Beanspruchung

Die Beanspruchungen leiten sich aus dem Anforderungsprofil ab. Sie müssen durch Prüfung oder Berechnung ermittelt oder aus Normen oder Erfahrungswerten oder einer Kombination daraus entnommen werden. Die Beanspruchungen müssen stets Höchstwerte, Expositionszeiten, Umgebungsbedingungen und mögliche kombinierte Wirkungen berücksichtigen. Es müssen statistisch fundierte Informationen über die Qualität, Intensität, Dauer und Häufigkeit der Belastungen während des gesamten Lebenszyklus ermittelt werden. Die Methode, mit der diese Informationen gewonnen wurden, muss transparent sein und muss dokumentiert werden.

6.5.2.3 Beanspruchbarkeit

Materialkennwerte für die Beanspruchbarkeit von Bauteilen müssen ausschließlich durch Prüfungen ermittelt werden. Die Prüfungen müssen mit Coupons, Mustern, Testkomponenten oder einer tatsächlichen Komponente im Betrieb durchgeführt werden. Wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, sollten Composites/Composite-Bauteile bei bis zum Versagen oder bis zu einem definierten Steifigkeitsabfall geprüft werden. Wird die Prüfung nicht an einer tatsächlichen Baugruppe im Betrieb und nicht unter tatsächlichen Bedingungen durchgeführt, muss in transparenter Weise nachgewiesen werden, dass Abweichungen von den Betriebsbedingungen (z. B. beschleunigte Alterung, verwendete Prüfmittel und Wirkstoffkombinationen) geeignet sind, die Composites/Composite-Bauteile für den vorgesehenen Verwendungszweck zu qualifizieren. Prüfergebnisse müssen stets angemessen statistisch ausgewertet werden. Die ermittelten Parameter müssen charakteristische Werte mit einer vorgegebenen Überlebenswahrscheinlichkeit sein. Die Daten (z. B. Prüfverfahren, Ergebnisse) müssen auf transparente Weise gewonnen und aufgezeichnet werden. Für den rechnerischen Festigkeitsnachweis muss ein geeignetes Versagenskriterium nach dem Stand der Technik ausgewählt werden, z. B. nach Puck, Cuntze, Tsai-Wu, Maximale Spannung. Die Wahl des Versagenskriteriums liegt in der Verantwortung des Nachweisführenden und muss in Absprache mit der CAP festgelegt und dokumentiert werden.

6.5.3 Methode 2 — Bauteilprüfung

Unter Bauteilprüfung versteht man das Testen des Systems als Ganzes oder eines Teils davon unter tatsächlichen Bedingungen oder Bedingungen, die die Betriebsbedingungen reproduzieren. Die Prüfbedingungen müssen hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Composite/Composite-Bauteil vergleichbar sein, was nachzuweisen ist. Bei der Prüfung von Teilsystemen muss die Wechselwirkung zwischen diesen und dem Gesamtsystem berücksichtigt und nachgewiesen werden, um sicherzustellen, dass die Wechselwirkung die Ergebnisse nicht unangemessen beeinflusst. Zur Bewertung muss die Art des Versagens angegeben werden. Die Prüfergebnisse müssen angemessen statistisch ausgewertet werden. Je nach Kenntnis des Composites/Composite-Bauteils, der Realitätsnähe der Prüfbedingungen und der statistischen Auswertung muss ein Sicherheitsfaktor in das Versagenskriterium bzw. die Prüfbedingungen integriert werden. Der Gesamtprozess muss dokumentiert werden. Alle getroffenen Entscheidungen und deren Begründungen müssen dokumentiert werden.

6.5.4 Methode 3 — Dokumentierte Erfahrung

Wenn die Verifizierung auf Erfahrungen beruht, muss der Nachweis erbracht werden, dass sich das System als angemessen erwiesen hat. Dazu muss nachgewiesen werden, dass das Verhalten des Composites/Composite-Bauteils unter Betriebsbedingungen auf das betrachtete Composite/Composite-Bauteil hinsichtlich der Lebensdauer, der Belastungsbedingungen und der Composite-Eigenschaften übertragen werden kann. Das Verfahren muss in transparenter Weise dokumentiert werden.

6.5.5 Methode 4 — Kombination der Methoden 1 bis 3

Erfolgt die Verifikation durch Kombination der oben genannten Methoden muss sichergestellt werden, dass alle Anforderungen angemessen berücksichtigt werden. Es muss auch darauf geachtet werden, dass alle Teile des Verifikationsprozesses miteinander kompatibel sind (z. B. beim Vergleich von Testergebnissen mit Pass/Fail-Kriterien). Das Verfahren muss in transparenter Weise dokumentiert werden.

7 Vertragsprüfung und Unterauftragsvergabe

7.1 Vertragsprüfung

Es muss immer eine dokumentierte Prüfung der Realisierbarkeit eines Auftrags durchgeführt werden. Dies gilt insbesondere für den Vertragsgestaltungsprozess.

In der vorangehenden Anfrageprüfung muss nachweislich sichergestellt werden, dass die grundsätzliche Realisierbarkeit spätestens bis zum Zustandekommen eines verbindlichen Vertrages sichergestellt ist.

Das Unternehmen, das einen Auftrag annimmt, bestätigt dem auftraggebenden Unternehmen, dass alle Arbeiten in Übereinstimmung mit den vertraglichen Bestimmungen ausgeführt werden.

Das den Auftrag annehmende Unternehmen muss eventuelle Abweichungen zwischen den vertraglichen Bestimmungen feststellen und den Auftraggeber über die sich daraus ergebenden möglichen Änderungen informieren. Der Auftraggeber muss sicherstellen, dass alle relevanten Informationen zur Verfügung gestellt werden, die zu einer fachgerechten Ausführung des Auftrags erforderlich sind.

Ergeben sich im Zuge der Umsetzung Änderungen, z. B. in Bezug auf Konstruktion, Material, Fertigungsverfahren oder Personal, so muss nachweislich geprüft werden, ob diese Änderungen Auswirkungen auf die zu erbringende Leistung haben. Ist dies der Fall, so müssen die erforderlichen Maßnahmen ergriffen und kommuniziert werden. Eine Freigabe des Auftraggebers ist gegebenenfalls einzuholen.

7.2 Unterauftragsvergabe

Beabsichtigt ein Anwender, Arbeiten und/oder andere Dienstleistungen an ein externes Unternehmen auszulagern oder zu übertragen, führt das externe Unternehmen die Arbeiten und/oder Dienstleistungen nach diesem Dokument als Unterauftragnehmer aus.

Grundsätzlich müssen alle Anforderungen an das Produkt und/oder die Dienstleistung erfüllt werden, unabhängig davon, wer welche Leistungen erbringt.

Es muss sichergestellt sein, dass dem Unterauftragnehmer alle notwendigen Unterlagen und Anforderungen zur Verfügung gestellt werden, unabhängig davon, ob es sich um eine Dienstleistung oder ein herzustellendes Bauteil handelt.

Es liegt in der Verantwortung des Auftraggebers sicherzustellen, dass die Prozesse im Betrieb des Unterauftragnehmers tatsächlich den Anforderungen entsprechen. Dies macht es erforderlich, dass Unterauftragnehmer die entsprechenden Anforderungen dieses Dokuments erfüllen.

Die Entscheidung darüber, ob und in welchem Umfang Arbeiten an Unterauftragnehmer vergeben werden, muss auf nachvollziehbare Weise getroffen werden.

Bei der Unterauftragsvergabe von Bauteilen und/oder Dienstleistungen der Sicherheitsklassen C1, C2 und C3 muss das CAP in den Entscheidungsprozess zur Unterauftragsvergabe nachweislich einbezogen werden.

8 Produktion

8.1 Allgemeines

Soweit dies für den jeweiligen Prozess zutrifft und im Rahmen der jeweiligen Sicherheitsklasse nach 4.2 angemessen ist, müssen Composite-Bauteile nach den folgenden Anforderungen geplant und ausgeführt werden.

Die Gestaltung der Prozessplanung sowie die -durchführung müssen so vorgenommen werden, dass ein sicherer, reproduzierbarer und robuster Prozessablauf sichergestellt ist. Wichtige Kriterien für die Planung und Ausführung von Composite-Prozessen, insbesondere für Composite-Bauteile mit erhöhten Sicherheitsanforderungen (Klassen C1 und C2), sind in den folgenden Kapiteln aufgeführt.

Es muss sichergestellt werden, dass der Prozess unter Berücksichtigung der betrieblichen Bedingungen und den Anforderungen (siehe 8.2.1) sinnvoll in den Gesamtproduktionsprozess integriert wird.

Alle erforderlichen Unterlagen werden unter Beteiligung des Composite-Aufsichtspersonals (CAP) erstellt.

8.2 Allgemeine Prozessanforderungen

8.2.1 Planung der Produktion

Das verwendende Unternehmen muss eine angemessene Produktionsplanung vornehmen, die mit den unten beschriebenen Einrichtungen und den folgenden Punkten vereinbar ist. Diese muss umfassen:

- Spezifikation des Materialaufbaus;
- Angabe der für die Herstellung des Bauteils zugehörigen Verfahren sowie Verweisung auf die entsprechenden Spezifikationen und Fertigungsunterlagen;
- Spezifikation der Inspektions- bzw. Prüfverfahren;
- Befähigungsnachweis des Composite-Personals.

8.2.2 Prozessgestaltung

8.2.2.1 Allgemeines

Ziel und Zweck der Prozessgestaltung ist, den Composite-Prozess so zu gestalten, dass die Anforderungen an das Produkt oder den Prozess effizient und reproduzierbar erfüllt werden.

Die Anforderungen ergeben sich aus:

- Bestimmungen im Zusammenhang mit dem Fertigungsverfahren;
- Kundenanforderungen (z. B. in Bezug auf Zertifizierung, Dokumentation);
- strukturellen Anforderungen;
- Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz am Arbeitsplatz;
- rechtlichen Anforderungen;
- internen Leitlinien.

Der Fertigungsprozess muss für alle Sicherheitsklassen beschrieben werden. Für Composite-Bauteile der Sicherheitsklasse C1 und C2 müssen zusätzlich die Prozessdokumente vom Composite-Aufsichtspersonal (CAP) überprüft werden.

8.2.2.2 Arbeitsablauf und Produktionstechnik

Die Schritte des Composite-Prozesses und ihre Abfolge sowie die eingesetzte Fertigungstechnologie (z. B. Werkzeuge, Automatisierungsgrad) müssen definiert werden.

Für Composite-Bauteile der Sicherheitsklasse C1 und C2 müssen außerdem die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Dokumentation des Arbeitsablaufs und der angewandten Produktionstechnologie sowie der entsprechenden Prüfungen (Prozess, Produkt);
- Erbringung des Nachweises der Eignung der gewählten Fertigungstechnologie;
- dieser Nachweis kann auf Erfahrungen beruhen. Die Übertragbarkeit und Anwendbarkeit muss nachgewiesen werden oder in Form eines Fähigkeitsnachweises (z. B. Maschinenfähigkeitsuntersuchung, Prozessfähigkeitsuntersuchung) erfolgen;
- Einhaltung von Art, Umfang und Zeitpunkt der Prozessverifizierung;
- Dokumentation des Prozesses der Entscheidungsfindung;
- Überwachung und Dokumentation der Materialzufuhr während des gesamten Prozesses. Ziel ist es, alle Auswirkungen auf die verwendeten Materialien zu ermitteln und Maßnahmen zur Sicherstellung der Reproduzierbarkeit des Prozesses zu erarbeiten.

8.2.3 Planung des Einsatzes von Produktionsmitteln und Werkzeugen

Der Einsatz notwendiger Produktionshilfsmittel und Werkzeuge muss geplant und deren Verfügbarkeit bei Produktionsbeginn (auch nach Prozess- oder Produktänderungen) sichergestellt werden.

Für Composite-Bauteile der Sicherheitsklasse C1 und C2 müssen außerdem die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Definition der Fertigungshilfsmittel und Werkzeuge;
- Spezifikation und Eignungsnachweis der Anforderungen an Produktionshilfsmittel und Werkzeuge;
- Sicherstellung des einwandfreien Funktionierens während des gesamten Herstellungsprozesses, was auch für die automatisierte Herstellung gilt.

8.2.4 Dokumente zur Produktion

8.2.4.1 Arbeitsanweisungen

Die Arbeitsanweisungen müssen mindestens, je nach angewandtem Fertigungsverfahren, die folgenden Informationen enthalten:

- Revision und Datum;
- Umfang und Geltungsbereich der Arbeitsanweisung;
- Referenzdokumente einschließlich Revisionsstand;
- einzuhaltende Umweltbedingungen (z. B. Temperatur, Luftfeuchte);
- Verarbeitungszeiten;
- Akklimatisierung der verwendeten Materialien und Hilfsstoffe;

- Geräte, Anlagen und/oder Werkzeuge;
- detaillierter Ablauf der Arbeiten;
- Persönliche Schutzausrüstung;
- Durchführung von Vor- und Zwischenkontrollen;
- Beschreibung von Maßnahmen bei Prozessabweichungen.

8.2.4.2 Fertigungsunterlagen

Für jedes Composite-Bauteil müssen Fertigungsunterlagen erstellt oder zur Verfügung gestellt werden, in denen die Einzelheiten der Arbeiten für das Personal beschrieben sind. Die Konstruktionsunterlagen können auch als Fertigungsunterlagen verwendet werden.

Die Fertigungsunterlagen müssen alle relevanten Informationen enthalten. Hierzu gehören auch die entsprechenden Arbeitsanweisungen. Diese Unterlagen müssen aktuell, korrekt, kontrolliert, vollständig, klar und für das Personal leicht zu verstehen sein. Es muss sichergestellt werden, dass das Personal alle Informationen erhält, die es benötigt, um in reproduzierbarer Weise ein den Anforderungen entsprechendes Bauteil herzustellen.

8.2.4.3 Fertigungsprotokoll

Für jedes Composite-Bauteil muss ein Fertigungsprotokoll erstellt werden, in welchem während des Fertigungsprozesses die Parameter dokumentiert werden. Die Mindestanforderungen für das Fertigungsprotokoll sind in 8.3 beschrieben.

8.2.5 Prozess-Verifizierung und -Freigabe

Im Anschluss an die Entwurfsphase muss geprüft werden, ob das festgelegte Verfahren den technischen Anforderungen in vollem Umfang entspricht, d. h., es muss verifiziert werden, dass das Fertigungsverfahren in der geplanten Form in vollem Umfang durchführbar ist und dass das Produkt in der vom Kunden geforderten Menge und Qualität gleichbleibend hergestellt werden kann.

Für Composite-Bauteile der Sicherheitsklasse C1 und C2 müssen außerdem die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Vorabkontrolle aller einzelnen Schritte des Produktionsprozesses;
- Ermittlung und Dokumentation der Daten des Prozesses nach dem festgelegten Verfahren;
- Belegung der Ergebnisse durch die Erstellung produktionsbegleitender Arbeitsproben und durch Prüfprotokolle;
- Durchführung produktionsbegleitender Prüfungen zur dauerhaften Aufrechterhaltung der Produktionsqualität. Art, Umfang und Zeitpunkt müssen von der Composite-Aufsichtsperson (CAP) spezifiziert und dokumentiert werden;
- Erbringung des Nachweises spätestens bei Fertigungsbeginn, dass die Auslegungsparameter (Festigkeit, Verformungsverhalten) eingehalten werden. Dies ist auch durch Bauteilprüfung (siehe 6.5.3) oder durch Prüfung fertigungsbegleitender Arbeitsproben möglich.

Dabei müssen die Schnittstellen zwischen den Prozessstufen (Lagerung, Transport, Verarbeitung usw.) berücksichtigt werden.

Die erste Bauteilfertigung muss unter Mitwirkung der Fertigungsleitung und des Composite-Aufsichtspersonals (CAP) vorbereitet werden, wobei berücksichtigt werden muss, dass der

gesamte Produktionsprozess die spätere Serienfertigung widerspiegelt. Anschließend erfolgt die Freigabe des Prozesses und der Produktionsunterlagen.

8.2.6 Materialien

Der Lieferant muss nachweisen, dass alle Materialien den vereinbarten Normen entsprechen oder es muss anderweitig nachgewiesen werden, dass sie den Einkaufsanforderungen entsprechen.

Materialien, die den Anforderungen nicht entsprechen (z. B. defekt oder anderweitig ungeeignet), dürfen nicht in das Fabrikationssystem gelangen. Hierfür müssen entsprechende Maßnahmen getroffen und die Materialien abschließend auf geeignete Weise entsorgt werden.

Es dürfen keine Materialien oder Hilfsstoffe verwendet werden, deren Verfallsdatum überschritten ist und die vom Hersteller keiner erneuten Kontrolle im Hinblick auf eine Verlängerung der Haltbarkeit unterzogen worden sind. Zusätzlich ist es der CAP erlaubt, nach vorausgegangenen Prüfungen eine Haltbarkeitsverlängerung freizugeben. Eine Haltbarkeitsverlängerung muss schriftlich erfolgen und dokumentiert werden.

Zum Zwecke der Rückverfolgbarkeit muss das Datum der ersten Öffnung der Verpackungseinheit durch den Anwenderbetrieb in der Fertigung dokumentiert werden. Zusätzlich sollte das Datum, bis zu dem das Produkt nach dem Öffnen verwendet werden kann, dokumentiert werden.

ANMERKUNG Unter Verpackungseinheit wird in diesem Dokument die direkte/unmittelbare Schutzverpackung verstanden, die, wenn sie geöffnet wird, zu einer Veränderung des Inhalts führt.

Für jede Materialcharge müssen alle erforderlichen Anforderungen nachweislich dokumentiert werden.

8.2.7 Transport, Lagerung und Logistik für Materialien und Hilfsstoffe

8.2.7.1 Allgemeines

Die erforderlichen Transport- und Lagerbedingungen (z. B. Temperatur und Luftfeuchte) der zu verwendenden Materialien müssen ermittelt und eingehalten werden. Diese sind u. a. in Produktdaten- und Sicherheitsdatenblättern enthalten.

8.2.7.2 Wareneingangskontrolle

Bei der Wareneingangskontrolle müssen die Waren auf korrekte Kennzeichnung, ausreichende Haltbarkeit und die Behältnisse auf Sichtkontrolle (z. B. auf Beschädigungen) geprüft werden. Sofern Materialien besonderen Anforderungen unterliegen (z. B. hinsichtlich der Temperatur), müssen diese eingehalten werden. Falls ein Zeugnis bzw. eine Zertifizierung notwendig ist, muss dieses vorliegen.

8.2.7.3 Lagerung

Die Lagerung muss den Angaben des Herstellers (z. B. Temperatur, relative Luftfeuchte und mechanische Belastung durch Stapeln o. ä.) entsprechen und nachweisbar sein. Die standardisierten Vorgehensweisen bei der fachgerechten Lagerung von Materialien (z. B. Gefahrstoffverordnung) müssen eingehalten werden.

8.2.7.4 Innerbetrieblicher Transport

Während des innerbetrieblichen Transports dürfen die Materialien nicht durch ungünstige Bedingungen (z. B. Feuchtigkeit, Temperatur, Licht, mechanische äußere Einflüsse) beeinträchtigt werden. Die Angaben des Herstellers müssen beachtet werden.

8.2.8 Produktionsumgebung und Arbeitsplatzvorbereitung

Die Produktionsumgebung muss die für die Arbeitsschritte festgelegten Anforderungen erfüllen. Dazu gehört auch die Sicherstellung der erforderlichen Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchte, Arbeitsflächen, Beleuchtung, Sauberkeit, Luftqualität, Zugangsbeschränkungen, Luftströmungen. Mögliche Kontamina-

tionen (z. B. Silikone, Staub, Aerosole, Abgase) müssen verhindert werden. Mechanische Nachbearbeitung und die Composite-Fertigung müssen zeitlich oder räumlich und/oder durch technische Vorkehrungen getrennt sein.

Vor Arbeitsbeginn müssen alle Materialien und Hilfsmittel am Arbeitsplatz bereitstehen und den Vorgaben der Arbeitsanweisung entsprechen. Die benötigten Materialien müssen entsprechend den Anforderungen ausreichend lange akklimatisiert werden. Die Dauer der Akklimatisierung ist abhängig von der Temperaturdifferenz und den Verpackungsabmaßen.

Bei Abweichungen muss die Freigabe des Composite-Aufsichtspersonals (CAP) eingeholt werden.

8.2.9 Gesundheit, Sicherheit und Umweltschutz

Für die Verfahren und Arbeitsabläufe gelten nationale gesetzliche Bestimmungen. Die Anweisungen des Lieferanten und die Sicherheitsdatenblätter für die korrekte Verwendung und anschließende Entsorgung der Produkte müssen befolgt werden. Für die verwendeten Materialien und vorgesehenen Verfahren muss eine Gefährdungsbeurteilung erstellt und dokumentiert werden.

Die persönliche Schutzausrüstung muss verwendet werden (z. B. geeignete Handschuhe, Atemschutz, Schutzbrille).

8.2.10 Dosierung und Mischung

Der Verwender der Matrix muss sicherstellen, dass die richtigen Verfahren, Rohstoffe und Prozesse für die Anwendung den Vorgaben entsprechend ausgewählt wurden. Diese Informationen müssen auf dem Arbeitsblatt, auf separaten Arbeitsanweisungen oder in einem kombinierten Dokument vermerkt werden, sofern alle relevanten Informationen verfügbar sind.

Die Daten- und Sicherheitsdatenblätter des Matrixsystems müssen berücksichtigt werden.

Dosier-, Misch- und Applikationsverfahren müssen verifiziert und in den Arbeitsanweisungen festgelegt werden (siehe 8.2.4.1).

Die einschlägigen Dosier- und Mischanweisungen müssen befolgt werden. Jede Abweichung muss dokumentiert und von der CAP freigegeben werden.

- Bei Mehrkomponentensystemen muss das angegebene Mischungsverhältnis, die Mischmenge und die ausreichende Mischleistung beachtet werden. Wenn möglich, sind die Eigenschaften zur Erkennung einer ausreichenden Vermischung anzugeben (z. B. Mischzeit, Farbe usw.).
- Eine Verunreinigung des Produkts bei der Entnahme aus dem Behälter muss vermieden und der Behälter sofort wieder verschlossen werden.
- Lufteinschlüsse, Blasenbildung und Fremdkörper müssen vermieden werden.
- Es dürfen nur saubere Applikationshilfen verwendet werden.
- Entsprechend den Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Luftfeuchte) müssen die angepassten Verarbeitungszeiten beachtet werden.

8.3 Dokumentation während der Composite-Fertigung

Während der Composite-Fertigung werden im Fertigungsprotokoll alle innerhalb der Prozessgestaltung als kritisch identifizierten Prozessparameter dokumentiert.

Dies muss für jedes Composite-Bauteil der Sicherheitsklassen C1 und C2 erfolgen. Dies sind mindestens folgende Parameter:

- eindeutige Bauteilidentifizierung;
- vollständige Benennung der Fertigungsunterlagen einschließlich Revisionsstand;
- Zeitpunkt (z. B. Datum und Uhrzeit) der einzelnen Prozessschritte;
- ausführendes Personal;
- Umgebungstemperatur und Luftfeuchte;
- Produktbezeichnung, Chargennummern der verwendeten Materialien und ggf. Materialzeugnis;
- Mischungsverhältnisse und Mengen;
- ggf. Laminataufbau;
- Fertigungsverfahren einschließlich zugehöriger Prozessparameter.

Das CAP muss das Fertigungsprotokoll freigeben und kann Abweichungen der oben aufgelisteten Punkte definieren. Für die Bauteile der Sicherheitsklasse C3 muss der Umfang des Dokuments durch das Anwenderunternehmen in Abstimmung mit dem CAP plausibel definiert werden.

8.4 Nachbearbeitung

Der Verarbeiter ist für die Spezifikation der Nachbearbeitung nach der Bauteilfertigung verantwortlich. Nachbearbeitung kann durch mechanische, thermische oder abrasive Verfahren erfolgen.

Die Materialbearbeitung wird materialgerecht und -schonend durchgeführt und Schäden wie thermische Beschädigung oder Delamination werden vermieden. Die Bearbeitungsstrategie und die Maschinenparameter müssen auf das jeweilige Material (Matrixsystem, Faserart, Faserorientierung) abgestimmt sein, hierbei ist das inhomogene Materialverhalten zu beachten.

Die niedrige Temperaturbeständigkeit der eingesetzten Matrixsysteme limitiert die maximal zulässige Wärmeinbringung bei der spanenden Bearbeitung. Unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten der Materialien (Matrixsystem und Faserart) müssen beachtet werden.

Schmierstoffe müssen generell vermieden und gegebenenfalls auf das verwendete Material und Verfahren abgestimmt sein. Schmierstoffe dürfen die weiteren Verarbeitungsprozesse nicht störend beeinflussen.

8.5 Lagerung, Verpackung und Transport von Composite-Bauteilen

Die Verpackungs- und Transportprozesse müssen validiert und festgelegt werden.

Die einschlägigen Anweisungen für den Verpackungs- und Transportprozess müssen befolgt werden. Jede Abweichung muss dargelegt und von der CAP freigegeben werden. Jede Abweichung muss dokumentiert werden:

- Beschädigungen und Deformationen an Composite-Bauteilen müssen bei Lagerung und Transport vermieden werden.
- Composite-Bauteile müssen vor Umwelteinflüssen geschützt werden.
- Mögliche Wechselwirkungen zwischen Verpackungsmaterial und dem Composite-Bauteil müssen vermieden werden.

9 Sicherung der Qualität

9.1 Allgemeines

Alle Arbeitsschritte der Composite-Bauteilherstellung und Instandsetzung sowie alle gefertigten Bauteile müssen entsprechend den spezifischen Anforderungen geprüft werden. Composite-Bauteile müssen nach der Herstellung bzw. Instandsetzung entsprechend der spezifischen Anforderungen geprüft werden. Die qualitätsbeeinflussenden Arbeitsschritte müssen nachweislich reproduzierbar und freigegeben sein.

Die für die Qualitätssicherung erforderlichen Dokumente werden für die Sicherheitsklassen C1 und C2 mit Unterstützung des CAP erstellt.

Für die Sicherheitsklasse C3 kann die Verwendung dieser Dokumente nach Bedarf vereinbart werden.

9.2 Planung der Qualität

9.2.1 Allgemeines

Um die Übereinstimmung der Qualität von Bauteilen, Verfahren und Arbeitsproben mit den in der Spezifikation bzw. den Konstruktions- und Fertigungsunterlagen festgelegten Anforderungen sicherzustellen, müssen geeignete Prüfungen nach einem Prüfplan (siehe 9.2.3.2) durchgeführt werden.

Die aufgeführten Punkte des Prüfplans (siehe 9.2.3.2), der Prüfanweisungen (siehe 9.2.3.3) und des Prüfberichts (siehe 9.2.3.4) sind Mindestanforderungen.

9.2.2 Qualitätsplanung

Für Composite-Bauteile der Sicherheitsklassen C1 und C2 müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Dokumentation des gesamten Herstellungs- und Instandsetzungsprozesses;
- Zeit, Ziele, Umfang, verantwortliche Personen, Personal und Verfahren für die Qualitätsplanung festlegen und dokumentieren;
- die zu treffenden Qualitätsmaßnahmen dokumentieren und in die Produktionsunterlagen aufnehmen;
- Überprüfen der Qualitätsmaßnahmen in Absprache mit dem CAP.

9.2.3 Kontrolle der Qualitätsplanung

9.2.3.1 Allgemeines

Die Qualitätsplanungs- und Fertigungsunterlagen müssen entsprechend dem Qualitätsmanagementsystem (QMS) geführt werden. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass alle aktuellen Fertigungsunterlagen zum Zeitpunkt des Herstellungs- und Instandsetzungsprozesses dem CAP zur Verfügung stehen.

9.2.3.2 Prüfplan

Ein Prüfplan muss Folgendes enthalten:

- Titel, Dokumentennummer, Revisionsstand, Datum;
- Art der jeweiligen Prüfung;
- Gegenstand der jeweiligen Prüfung;
- Häufigkeit der jeweiligen Prüfung;

- Zeitpunkt der jeweiligen Prüfung im Rahmen des Gesamtprozesses;
- verantwortliche Person;
- Freigabe des Prüfplans durch das CAP.

Für alle im Prüfplan aufgeführten Prüfungen müssen Prüfanweisungen erstellt werden.

9.2.3.3 Prüfanweisungen

Die Prüfanweisungen müssen Folgendes enthalten:

- Titel, Dokumentennummer, Revisionsstand, Datum;
- Prüfmittel;
- Verfahren und zu prüfende Parameter;
- aufzuzeichnende Daten (Prüfergebnisse);
- zu erfüllende Kriterien;
- Maßnahmen, die im Falle einer Nichtkonformität zu ergreifen sind;
- erforderliche Qualifikationen des für die Prüfung und Bewertung zuständigen Personals;
- Freigabe von Prüfanweisungen durch das CAP.

Die Prüfungen müssen nach den Prüfanweisungen durchgeführt werden, die Ergebnisse müssen ausgewertet und in Prüfberichten dokumentiert werden.

9.2.3.4 Prüfbericht

Ein Prüfbericht muss Folgendes enthalten:

- Verweisung auf die Prüfanweisung;
- Datum der Prüfung;
- eindeutige Identifizierung der Probe (Chargennummer, ausführendes Personal, Prozessparameter usw.);
- aufgezeichnete Daten (Prüfergebnisse);
- etwaige Abweichungen von den Prüfanweisungen;
- Unterschrift und Name des prüfenden Personals;

Das Ergebnis des Prüfberichtes muss durch eine CAP bewertet werden.

9.3 Qualitätskontrolle

9.3.1 Allgemeines

Die Qualitätsprüfung umfasst die Prüfung von Bauteilen und Arbeitsproben sowie die Prozesskontrolle entsprechend dem Prüfplan. Bei der Anwendung von Prüfverfahren müssen standardisierte Verfahren verwendet werden und für den jeweiligen Fall validiert werden.

9.3.2 Prüfverfahren

Als Prüfverfahren können unter anderem die folgenden angewendet werden:

a) zerstörungsfreie Prüfverfahren:

- Sichtprüfung;
- Klangprüfung;
- Maßprüfung;
- Gewichtsprüfung;
- Dichtheitsprüfung;
- Messung der Oberflächengüte (z. B. Rauigkeit, Farbe, Beschichtungsstruktur);
- Ultraschallprüfung;
- Durchstrahlungsprüfung (Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie (MRT), Röntgen);
- Wirbelstromprüfung (explizit bei carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK));
- Thermographieprüfung;
- Prüfung der elektrischen Leitfähigkeit;

b) zerstörende Prüfverfahren:

- Fasermassengehalt, Faservolumengehalt;
- Härteprüfung;
- quasistatische Prüfungen (z. B. Zug-, Biege-, Scher- und Schälversuche);
- Schlagprüfungen;
- Ermüdungsprüfung;
- dynamische Prüfung;
- Stirnabzugsprüfung;

c) Prüfungen spezieller Eigenschaften:

- thermische Analyse;
- Brandverhalten;
- Kondenswassertest;
- Alterungsversuche (z. B. UV, Temperaturwechsel).

9.4 Prozesssicherheit

9.4.1 Allgemeines

Die Überprüfung der Prozesssicherheit beinhaltet die dokumentierte Kontrolle der qualitätsrelevanten Prozessparameter in der Herstellung und Instandsetzung von Composite-Bauteilen.

9.4.2 Produktionsbegleitende Arbeitsproben als Nachweis der Anwendungsqualität

Der Nachweis der Prozesssicherheit muss für die Sicherheitsklassen C1 und C2 durch die Erstellung geeigneter fertigungsbegleitender Arbeitsproben erbracht werden.

Wenn fertigungsbegleitende Arbeitsproben bei Bauteilen der Sicherheitsklasse C3 gefordert sind, muss dies zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart werden. Bei der Entscheidung hierzu ist die technische Sinnhaftigkeit bzw. Notwendigkeit zu berücksichtigen.

Die Arbeitsproben werden während der Produktion unter den gleichen Bedingungen wie das tatsächlich gefertigte Bauteil hergestellt. Hierbei sind insbesondere Umgebungsbedingungen, das ausführende Personal und die prozessrelevanten Materialien zu berücksichtigen.

Art und Häufigkeit der Arbeitsproben müssen von dem CAP bei der Qualitätsplanung festgelegt werden und müssen plausibel begründet werden. Die Prüfergebnisse müssen dokumentiert werden.

Die Anzahl der produktionsbegleitenden Arbeitsproben sollte sich nach dem Produktionsvolumen und der Klassifizierung der Composite Bauteile richten. Die Häufigkeit der Arbeitsproben sollte bei Beginn einer neuen Produktion, bei Änderung des Verfahrens oder nach längerer Unterbrechung des Verfahrens erhöht werden.

In die Bewertung der Arbeitsprobe muss das CAP einbezogen werden. Entspricht das Ergebnis der geprüften Arbeitsprobe nicht den Anforderungen, so liegt es in der Verantwortung des CAP über die nachfolgenden Maßnahmen zu entscheiden. Die Prüfverfahren und Bewertungskriterien werden von dem CAP im Prüfplan festgelegt.

9.4.3 Überwachung von Anlagen, Fertigungshilfsmitteln und Werkzeugen

Alle prozessrelevanten Anlagen, Fertigungshilfsmittel und Werkzeuge bei der Composite-Herstellung und -Instandsetzung müssen nachweislich überwacht werden. Hierbei ist vor allem die Kalibrierung von Misch-, Dosier- und Dispersionsanlagen sicherzustellen. Es müssen geeignete Intervalle zur Überprüfung festgelegt werden.

9.5 Maßnahmen im Falle von Abweichungen

Auf der Grundlage der Auswertung des Prüfberichts wird eine Entscheidung über die Freigabe eines Produkts oder über erforderliche Korrekturmaßnahmen getroffen. Die Korrekturmaßnahmen können sich auf ein Bauteil, ein Verfahren oder die Spezifikationen in den Konstruktions- und Fertigungsunterlagen beziehen.

Es müssen Verfahren festgelegt werden, die den Informationsfluss, die Entscheidungswege und das Verhalten des am Prozess beteiligten Personals im Falle von Störungen und Abweichungen steuern.

9.6 Überwachung von Prüfmitteln

Alle Prüfmittel zur Qualitätssicherung bei der Composite-Herstellung und -Instandsetzung müssen nachweislich überwacht werden. Prüfmittel müssen als solche und mit dem Status der Überprüfung gekennzeichnet werden. Es müssen geeignete Intervalle zur Überprüfung festgelegt werden.