

**Herausgegeben im Auftrag des Bundesministers für Verkehr  
vom Luftfahrt-Bundesamt  
Bd. I: Allgemeine Luftfahrttechnik**

# Grundlagen der Luftfahrzeug- technik in Theorie und Praxis

**Herausgegeben im Auftrag des Bundesministers für Verkehr  
vom Luftfahrt-Bundesamt  
Bd. I: Allgemeine Luftfahrttechnik**

# Grundlagen der Luftfahrzeug- technik in Theorie und Praxis

Die Inhalte dieses Werkes werden von Verlag, Herausgeber und Autoren nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und zusammengestellt. Eine rechtliche Gewähr für die Richtigkeit der einzelnen Angaben kann jedoch nicht übernommen werden.

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN: 978-3-88585-000-7

© by TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland®, Köln 1990  
® TÜV, TUEV und TUV sind eingetragene Marken der TÜV Rheinland Group.  
Eine Nutzung und Verwendung bedarf der vorherigen Zustimmung durch  
das Unternehmen.  
Printed in Germany

# Vorwort

Die Luftfahrt ist seit langem ein bedeutendes Anwendungsbereich der Technik. Sowohl Theorie als auch die Technologie moderner Luftfahrzeugsysteme haben aus dieser Sparte entscheidende Impulse erhalten. Lange war dem betroffenen Luftfahrtpersonal der Zugang zur Luftfahrttechnik dadurch erschwert, daß es mit einem äußerst komplexen Fachgebiet konfrontiert wurde, für das ein umfassendes Lehrbuch bzw. Nachschlagewerk fehlte.

Die seinerzeitige Herausgabe eines deutschsprachigen Werkes hat diese Lücke in der Fachliteratur geschlossen. Entsprechend dem Ziel einer kompletten Ausbildungs- und Prüfungsunterlage sollte es dabei dem Luftfahrzeugprüf- und Wartungspersonal das erforderliche breite und gründliche Fachwissen vermitteln. Daneben konnte es neben Nicht-Flugtechnikern auch Ingenieure in der Luftfahrtindustrie, in Luftverkehrsgesellschaften sowie bei Behörden ansprechen, welche sich mit der Luftfahrttechnik zu befassen haben.

Mit großem Interesse und Respekt wurde daher die Entstehung der zweiten verbesserten, und der um einen 3. Elektronik-Teilband erweiterten Auflage verfolgt. Den Verfassern ist es dabei gelungen, in vorbildlicher und konsequenter Weise der rasanten technischen Entwicklung Rechnung zu tragen. Das nunmehr vorliegende Buch schafft damit auch die Rahmenbedingungen für ein ausgeglichenes Prüf- und Wartungssystem, das dem Europagedanken förderlich sein wird. Dazu ist es vortrefflich geeignet, dem lizenzierten Luftfahrtpersonal einen einheitlichen Wissensstand zu vermitteln bzw. als Arbeitsbehelf zu dienen.

Ein solches Buch wird jedoch nicht auf Dauer den Anspruch der Vollständigkeit und Aktualität geltend machen können, wenn nicht ein ständiger, der künftigen Entwicklung folgender Modernisierungsprozeß parallel läuft. Daß dem Verlag und den Autoren der Mut hierzu nicht verloren geht, und das Werk sich weiterhin reger Verbreitung erfreut, wünscht das

Bundesamt für Zivilluftfahrt in Österreich  
Dipl.-Ing. J. Rausch

'Leseprobe'

# Vorwort

Der Entwurf und der betriebliche Einsatz moderner Flugzeuge haben sich innerhalb weniger Jahre entscheidend geändert. So führten u. a. die zunehmende Verwendung von Faserverbundwerkstoffen, die verstärkte Verflechtung zwischen Mechanik und Elektronik sowie neue Philosophien bei der fortlaufenden Instandhaltung zu neuen oder geänderten Herstell-, Reparatur- und Prüfverfahren. Diese Entwicklungen bedingen für „Prüfer von Luftfahrtgerät“ nicht nur ein umfassendes Fachwissen, sondern in gleicher Weise ein Verstehen der eigenen Tätigkeit als Teil eines Gesamt-Qualitätssicherungssystems, bezogen auf ein einzelnes Flugzeug, eine ganze Flugzeugflotte oder sogar auf ein gesamtes Unternehmen.

Die Erhaltung des Qualitätsstandards und damit der Lufttüchtigkeit von Luftfahrzeugen hängt neben einer langjährigen und umfassenden Berufserfahrung auch von einer gezielten und gründlichen Ausbildung des an diesem Gerät eingesetzten Prüfpersonals ab. Die vorliegenden Bände „Grundlagen der Luftfahrzeugtechnik in Theorie und Praxis“ stellen eine gute und gern verwendete Unterlage für die Ausbildung von Prüf- und anderem technischen Fachpersonal dar. Dies zeigt sich auch in der internationalen Verbreitung der Bände und in der von einigen Ländern angeregten Übersetzung in andere Sprachen. Deshalb wurde nach dem Vertrieb von jeweils rund 1 300 Exemplaren für die Bände I bis III der Fachrichtungen Flugwerk und Triebwerk nunmehr eine überarbeitete und dem Stand der Technik angepaßte Neufassung sowie die Erstellung eines 3. Teilbandes Elektronik erforderlich.

Die Überarbeitung wurde zum größten Teil von den schon früher bewährten Fachkräften und Autoren aus Industrie und Forschung sowie von Lehrkräften aus LBA-anerkannten Technischen Schulen vorgenommen. Allen an dieser Neuauflage Beteiligten vom Bundesministerium für Verkehr, vom Verlag TÜV Rheinland, den Autoren und nicht zuletzt den Fachkräften meiner eigenen Behörde sei besonders gedankt.

Luftfahrt-Bundesamt  
Klaus Koplin

'Leseprobe'

# Geleitwort

Gut 10 Jahre nach dem Erscheinen der ersten Auflage der „Grundlagen der Luftfahrzeugtechnik in Theorie und Praxis“ kann nun die zweite Auflage dieses umfangreichen Handbuches vorgelegt werden. Überarbeitet und insbesondere im Bereich der Elektronik in Form eines 3. Teilbandes der zwischenzeitlichen Entwicklung der Luftfahrttechnik angepaßt, ist es damit wieder als umfassende Lehr- und Lernhilfe für den angehenden Prüfer für Luftfahrtgerät verfügbar.

Als Anfang der 70er Jahre beim Bundesminister für Verkehr erste Überlegungen über die Zweckmäßigkeit und die Realisierungschancen eines solchen Ausbildungswerkes, in welchem der gesamte Prüfungsstoff entsprechend den Richtlinien des Bundesministers für Verkehr umfassend und übersichtlich dargeboten werden sollte, angestellt wurden, war die Skepsis groß, ob eine derart anspruchsvolle Aufgabe zu bewältigen sei.

Doch es gelang, hochqualifizierte Autoren mit reicher praktischer Erfahrung für diese große Aufgabe zu gewinnen. Das Resultat war ein Werk von so überzeugender fachlicher Qualität, daß es sofort auf großes Interesse und lebhafte Nachfrage stieß.

Trotz eines Nachdruckes der ersten Auflage war es bald vergriffen.

Der mit der Herausgabe eines so anspruchsvollen Fachkompendiums verbundene Aufwand führte dazu, daß die dringend erwartete Neuauflage einige Zeit benötigte. Doch nun ist es ein zweites Mal gelungen, die große Schar der Autoren zu gemeinsamem Schaffen zu vereinen und die „Grundlagen der Luftfahrzeugtechnik in Theorie und Praxis in überarbeiteter und ergänzter Fassung herauszubringen.

Daß dies möglich wurde, dazu haben viele Seiten ihren Beitrag geleistet, denen hier herzlich gedankt sei. Besonders erwähnt seien zwei Personen, die sowohl zu der Idee zu diesem Werk als auch zu seiner Realisierung ganz wesentlich beigetragen haben. Es sind dies Herr Dipl.-Ing. Gerd Buslei vom Bundesverkehrsministerium und Herr Dipl.-Ing. Günter Beck vom Luftfahrt-Bundesamt.

Möge dieses Ausbildungs- und Nachschlagewerk auch in seiner zweiten Auflage dazu beitragen, die hochentwickelte Technik, die zum heutigen Luftfahrtgerät gehört, mit großer Sachkenntnis und verantwortungsbewußt zu handhaben.

Zum Wohl eines sicheren und leistungsfähigen Luftverkehrs.

Dipl.-Ing. Horst Busacker  
Bundesministerium für Verkehr  
Referat Luftfahrttechnik und Luftfahrtforschung

'Leseprobe'

# Vorwort

In den letzten Jahren hat die Technik sehr große Fortschritte gemacht. Dies trifft auch, oder speziell, auf die Luftfahrt zu. Denken wir nur an die rasante Entwicklung auf dem Gebiete der Flugelektronik.

Dadurch werden auch an das Unterhaltspersonal immer höhere Anforderungen gestellt, die nur durch eine gezielte, umfassende Ausbildung erfüllt werden können. Waren früher hauptsächlich mechanische Kenntnisse gefordert, muß der heutige Prüfer, Wart oder Luftfahrzeugmechaniker auf den Gebieten Materialkunde, Elektrotechnik, Prüfverfahren, Elektronik, um nur einige zu nennen, ebenso ausgebildet werden. Die vorliegenden Lehrbücher sollen dem zukünftigen Flugzeugfachmann das nötige Grundwissen vermitteln, ihm aber auch später als Nachschlagewerk gute Dienste leisten. Zudem wird damit eine Lücke in der deutschsprachigen Instruktions- und Fachliteratur geschlossen.

Es braucht viel Einsatz und Idealismus, gepaart mit soliden Kenntnissen, um die heutigen und kommenden Herausforderungen zu meistern. Unser gemeinsames Ziel ist auf jeden Fall eine sichere Luftfahrt.

Dem Verlag TÜV Rheinland, den beteiligten Redaktoren und Mitarbeitern danken wir für die anspruchsvolle Überarbeitung. Wir wünschen den zukünftigen Berufsleuten viel Erfolg für diese interessante Laufbahn.

Bundesamt für Zivilluftfahrt (Schweiz)  
Stv. Direktor  
A. Deutsch

'Leseprobe'

# AUTORENVERZEICHNIS BAND I

**Projektdurchführung:**

Gerd Buslei, Bundesminister für Verkehr

**Redaktion Luftfahrtbehörde:**

Günter Beck, Luftfahrt-Bundesamt

**Redaktion Verlag:**

Detlef Pusch, TÜV Rheinland e. V.

**Autoren:**

Burghard Brinkmann

(Kap. 1)

Peter Brüchmann

(Kap. 5, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 24)

Ernst Götsch

(Kap. 3)

Joachim Grosse

(Kap. 23)

Joachim Kalinowski

(Kap. 7)

Reinhard Molck

(Kap. 11,15)

Helmut Schäfer

(Kap. 25)

Heinz Gerd Straatmann

(Kap. 6, 8, 9, 10, 14, 17, 21, 22)

Kurt Tempus

(Kap. 4)

Eberhard Wolf

(Kap. 2)

'Leseprobe'

# Inhaltsverzeichnis

## Kapitel 1

### Einheitensysteme und Meßwesen

1	Einleitung .....	1-3	5.2.1	Kubikmeter .....	1-13
1.1	Geschichte der Maße .....	1-3	5.3	Ebener Winkel .....	1-13
1.2	Gesetze und Rechtsverordnungen .....	1-3	5.3.1	Winkeleinheiten .....	1-14
1.2.1	Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 22. Februar 1985 .....	1-3	5.4	Raumwinkel .....	1-14
1.2.2	Eichordnung .....	1-4	5.4.1	Steradian .....	1-14
1.2.3	Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 13. Dezember 1985 .....	1-4	6	Weitere abgeleitete Einheiten .....	1-14
1.3	Die Entwicklung des heute gültigen Einheitensystems .....	1-4	6.1	Längenbezogene Masse .....	1-14
1.3.1	Einleitung .....	1-4	6.1.1	Kilogramm pro Meter .....	1-14
1.3.2	Basiseinheiten .....	1-5	6.2	Flächenbezogene Masse .....	1-15
1.3.3	Abgeleitete Einheiten .....	1-5	6.2.1	Kilogramm pro Quadratmeter .....	1-15
1.4	Das metrische System .....	1-5	6.3	Dichte .....	1-15
1.5	Schreibweisen .....	1-6	6.3.1	Kilogramm pro Kubikmeter .....	1-15
1.5.1	Bezeichnung von Dezimalen, Vielfachen und Teilen von Einheiten .....	1-6	6.4	Geschwindigkeit .....	1-15
1.5.2	Bezeichnung der verschiedenen Größenordnungen .....	1-6	6.4.1	Meter pro Sekunde .....	1-15
1.5.3	Schreibweise der Einheitenzeichen .....	1-6	6.5	Beschleunigung .....	1-16
2	Die Basiseinheiten .....	1-7	6.5.1	Meter pro Sekundenquadrat .....	1-16
2.1	Länge .....	1-7	6.6	Drehzahl, Umdrehungsfrequenz .....	1-16
2.1.1	Meter .....	1-7	6.6.1	Eins pro Sekunde .....	1-16
2.1.2	Dioptrie .....	1-7	6.7	Winkelgeschwindigkeit .....	1-16
2.2	Masse .....	1-8	6.7.1	Radian pro Sekunde .....	1-16
2.2.1	Kilogramm .....	1-8	6.8	Winkelbeschleunigung .....	1-16
2.2.2	Karat .....	1-8	6.8.1	Radian pro Sekundenquadrat .....	1-16
2.3	Zeit .....	1-8	6.9	Volumenstrom, Volumendurchfluß .....	1-17
2.3.1	Sekunde .....	1-8	6.9.1	Kubikmeter pro Sekunde .....	1-17
2.3.2	Frequenz .....	1-8	6.10	Massenstrom, Massendurchfluß .....	1-17
2.4	Stromstärke .....	1-9	6.10.1	Kilogramm pro Sekunde .....	1-17
2.4.1	Ampere .....	1-9	7.1	Einheiten der Mechanik .....	1-17
2.5	Temperatur .....	1-9	7.1.1	Kraft .....	1-17
2.5.1	Kelvin .....	1-9	7.2	Newton .....	1-17
2.6	Stoffmenge .....	1-10	7.2.1	Druck, mechanische Spannung .....	1-17
2.6.1	Mol .....	1-10	7.3	Pascal .....	1-17
2.7	Lichtstärke .....	1-10	7.3.1	Dynamische Viskosität .....	1-18
2.7.1	Candela .....	1-10	7.4	Pascalsekunde .....	1-18
3	Atomphysikalische Einheiten .....	1-11	7.4.1	Kinematische Viskosität .....	1-19
3.1	Masse in der Atomphysik .....	1-11	7.5	Quadratmeter pro Sekunde .....	1-19
3.1.1	Atomare Masseneinheit .....	1-11	7.5.1	Arbeit .....	1-19
4	Abgeleitete atomphysikalische Einheiten .....	1-12	7.6	Joule .....	1-19
4.1	Molare Masse .....	1-12	7.6.1	Leistung .....	1-20
4.1.1	Kilogramm pro Mol .....	1-12	7.6.2	Watt .....	1-20
4.2	Stoffmengenkonzentration .....	1-12	8	Wärmeleitfähigkeit .....	1-20
4.2.1	Mol pro Kubikmeter .....	1-12	8.1	Elektrische Einheiten .....	1-20
4.3	Energie in der Atomphysik .....	1-12	8.1.1	Elektrische Spannung .....	1-20
4.3.1	Elektronvolt .....	1-12	8.2	Volt .....	1-20
5	Abgeleitete geometrische Einheiten .....	1-12	8.2.1	Elektrischer Widerstand .....	1-21
5.1	Flächeninhalt .....	1-12	8.3	Ohm .....	1-21
5.1.1	Quadratmeter .....	1-12	8.3.1	Elektrischer Leitwert .....	1-21
5.2	Volumen .....	1-13	8.4	Siemens .....	1-21
		1-13	8.4.1	Elektrizitätsmenge .....	1-21
		1-12	8.5	Coulomb .....	1-21
		1-12	8.5.1	Elektrische Kapazität .....	1-22
		1-12	8.6	Farad .....	1-22
		1-12	8.6.1	Elektrische Flußdichte .....	1-22
		1-12	8.7	Coulomb pro Quadratmeter .....	1-22
		1-12	8.7.1	Feldstärke .....	1-22
		1-13	8.7.1.1	Elektrische Feldstärke .....	1-22
		1-13		Volt pro Meter .....	1-22

8.7.2	Magnetische Feldstärke .....	1-23	1.3.1	Ohmsches Gesetz und Zählpfeilsystem	2-10
8.7.2.1	Ampere pro Meter .....	1-23	1.3.2	Leistungsformel .....	2-11
8.8	Magnetischer Fluß .....	1-23	1.3.3	Kirchhoffsche Gesetze .....	2-11
8.8.1	Weber .....	1-23	1.3.3.1	Knotenregel (Kirchhoff I) .....	2-11
8.9	Magnetische Flußdichte, Induktion .....	1-23	1.3.3.2	Maschenregel (Kirchhoff II) .....	2-11
8.9.1	Tesla .....	1-23	1.3.4	Reihenschaltung von Widerständen .....	2-12
8.10	Induktivität .....	1-23	1.3.5	Parallelschaltung von Widerständen .....	2-12
8.10.1	Henry .....	1-23	1.3.6	Spannungsteiler .....	2-12
9	Strahlung .....	1-24	1.3.7	Brückenschaltung .....	2-13
9.1	Leuchtdichte .....	1-24	1.3.8	Spannungsquelle mit Belastung .....	2-13
9.1.1	Candela pro Quadratmeter .....	1-24	1.3.9	Ersatzspannungs- und Ersatzstromquelle .....	2-14
9.2	Lichtstrom .....	1-24	1.3.10	Überlagerungssatz .....	2-15
9.2.1	Lumen .....	1-24	1.4	Elektrostatik .....	2-15
9.3	Beleuchtungsstärke .....	1-25	1.4.1	Elektrische Ladungen und Feldlinien .....	2-15
9.3.1	Lux .....	1-25	1.4.2	Ladungsverteilung .....	2-16
9.4	Aktivität einer radioaktiven Stoffportion .....	1-25	1.4.3	Elektrische Feldstärke .....	2-16
9.4.1	Becquerel .....	1-25	1.4.4	Verschiebedichte .....	2-17
9.5	Ionisierende Strahlung .....	1-25	1.4.5	Influenz .....	2-17
9.5.1	Energiedosis .....	1-25	1.5	Der Kondensator als Energiespeicher .....	2-17
9.5.1.1	Gray .....	1-25	1.5.1	Begriff der Kapazität .....	2-17
9.5.2	Äquivalentdosis .....	1-26	1.5.2	Zusammenschaltung von Kondensatoren .....	2-18
9.5.2.1	Sievert .....	1-26	1.5.3	Auf- und Entladung, Zeitkonstante .....	2-18
9.5.3	Energiedosisleistung .....	1-26	1.5.3.1	Kondensatoraufladung .....	2-19
9.5.3.1	Gray pro Sekunde .....	1-26	1.5.3.2	Kondensatorenentladung .....	2-19
9.5.4	Äquivalentdosisleistung .....	1-26	1.6	Magnetismus .....	2-19
9.5.4.1	Sievert pro Sekunde .....	1-26	1.6.1	Magnetische Größen .....	2-20
9.5.5	Ionendosis .....	1-26	1.6.1.1	Durchflutung $\Theta$ .....	2-20
9.5.5.1	Coulomb pro Kilogramm .....	1-26	1.6.1.2	Magnetische Feldstärke H .....	2-20
9.5.6	Ionendosisleistung .....	1-26	1.6.1.3	Magnetische Flußdichte B (Induktion) .....	2-20
9.5.6.1	Ampere pro Kilogramm .....	1-26	1.6.1.4	Magnetischer Fluß $\Phi$ .....	2-20
			1.6.1.5	Magnetischer Widerstand $R_m$ und Magnetischer Leitwert $\Lambda$ .....	2-20
			1.6.1.6	Relative Permeabilität .....	2-21
			1.6.1.7	Magnetisierungskennlinie .....	2-21
			1.6.1.8	Hysteresisschleife .....	2-21
			1.6.1.9	Magnetwerkstoffe .....	2-22
			1.6.2	Kraftwirkung stromdurchflossener Leiter .....	2-22
1.1	Wesen der Elektrizität .....	2-5	1.6.2.1	Zwei stromdurchflossene Leiter .....	2-22
1.1.1	Atomaufbau .....	2-5	1.6.2.2	Leiter im magnetischen Feld .....	2-22
1.2	Elektrische Grundgrößen .....	2-6	1.6.3	Induktion, Selbstinduktion und Induktivität .....	2-23
1.2.1	Elektrischer Strom I (Basiseinheit) .....	2-6	1.6.4	Auf- und Abbau des Magnetfeldes .....	2-24
1.2.2	Elektrizitätsmenge Q .....	2-6	1.6.4.1	Magnetfeldaufbau .....	2-24
1.2.3	Elektrische Spannung U .....	2-6	1.6.4.2	Magnetfeldabbau .....	2-24
1.2.4	Leistung und Arbeit .....	2-6	1.7	Wechselspannung und Wechselstrom .....	2-25
1.2.4.1	Leistung P .....	2-6	1.7.1	Erzeugung der Wechselspannung .....	2-25
1.2.4.2	Arbeit W .....	2-6	1.7.2	Wechselspannungsgrößen .....	2-25
1.2.4.3	Wirkungsgrad $\eta$ .....	2-6	1.7.2.1	Periode, Frequenz und Wellenlänge .....	2-25
1.2.5	Elektrischer Widerstand R und Leitwert G .....	2-7	1.7.2.2	Kreisfrequenz .....	2-26
1.2.5.1	Spezifischer Widerstand $\rho$ und spezifischer Leitwert $\kappa$ .....	2-7	1.7.2.3	Spitzen-, Mittel- und Effektivwert .....	2-26
1.2.5.2	Widerstand von Leitungen .....	2-7	1.8	Der Wechselstromkreis .....	2-26
1.2.5.3	Temperaturabhängigkeit von Widerständen .....	2-7	1.8.1	Ohmscher Widerstand im Wechsel- stromkreis .....	2-26
1.2.5.4	Belastbarkeit von Widerständen .....	2-8	1.8.2	Kapazität im Wechselstromkreis .....	2-27
1.2.6	Strombelastung von Leitungen .....	2-8	1.8.3	Induktivität im Wechselstromkreis .....	2-27
1.2.6.1	Belastbarkeit nach DIN .....	2-8	1.9	Gemischte Schaltungen mit Blind- und Wirkwiderständen .....	2-28
1.2.6.2	Belastbarkeit nach AN (amerikanische Norm) .....	2-8	1.9.1	R und C in Reihenschaltung (Betrachtungsbeispiel) .....	2-28
1.2.6.3	Strombelastung von Leiterbahnen .....	2-9	1.9.2	R und C in Parallelschaltung .....	2-29
1.3	Zusammenwirken der Grundgrößen .....	2-10			

## Kapitel 2

### Elektrotechnik, Elektronikgrundlagen, Schaltzeichen

1	Allgemeine Grundlagen der Elektrotechnik .....	2-5	1.6.4.3	Wirkungsgrad .....	2-24
1.1	Wesen der Elektrizität .....	2-5	1.6.5	Wirkleistung .....	2-24
1.1.1	Atomaufbau .....	2-5	1.6.6	Leistungsfaktor .....	2-24
1.2	Elektrische Grundgrößen .....	2-6	1.6.7	Effektivwert .....	2-24
1.2.1	Elektrischer Strom I (Basiseinheit) .....	2-6	1.6.8	Maximalwert .....	2-24
1.2.2	Elektrizitätsmenge Q .....	2-6	1.6.9	Peakwert .....	2-24
1.2.3	Elektrische Spannung U .....	2-6	1.6.10	Spitzenwert .....	2-24
1.2.4	Leistung und Arbeit .....	2-6	1.6.11	Wellenform .....	2-24
1.2.4.1	Leistung P .....	2-6	1.6.12	Wellenlänge .....	2-24
1.2.4.2	Arbeit W .....	2-6	1.6.13	Winkel .....	2-24
1.2.4.3	Wirkungsgrad $\eta$ .....	2-6	1.6.14	Zeitkonstante .....	2-24
1.2.5	Elektrischer Widerstand R und Leitwert G .....	2-7	1.6.15	Zeitperiode .....	2-24
1.2.5.1	Spezifischer Widerstand $\rho$ und spezifischer Leitwert $\kappa$ .....	2-7	1.6.16	Zeitzeitkonstante .....	2-24
1.2.5.2	Widerstand von Leitungen .....	2-7	1.6.17	Zeitwinkel .....	2-24
1.2.5.3	Temperaturabhängigkeit von Widerständen .....	2-7	1.6.18	Zeitwinkelwinkel .....	2-24
1.2.5.4	Belastbarkeit von Widerständen .....	2-8	1.6.19	Zeitwinkelzeitkonstante .....	2-24
1.2.6	Strombelastung von Leitungen .....	2-8	1.6.20	Zeitwinkelzeitwinkel .....	2-24
1.2.6.1	Belastbarkeit nach DIN .....	2-8	1.6.21	Zeitwinkelzeitwinkelzeitkonstante .....	2-24
1.2.6.2	Belastbarkeit nach AN (amerikanische Norm) .....	2-8	1.6.22	Zeitwinkelzeitwinkelzeitwinkel .....	2-24
1.2.6.3	Strombelastung von Leiterbahnen .....	2-9	1.6.23	Zeitwinkelzeitwinkelzeitwinkelzeitkonstante .....	2-24
1.2.7	Internationale Normreihe und Farbcodes .....	2-9	1.6.24	Zeitwinkelzeitwinkelzeitwinkelzeitwinkel .....	2-24
1.3	Zusammenwirken der Grundgrößen .....	2-10	1.6.25	Zeitwinkelzeitwinkelzeitwinkelzeitwinkelzeitkonstante .....	2-24

1.9.3	L und R in Reihenschaltung .....	2-29	3.3.1	Gesteuerter Gleichrichter .....	2-47
1.9.4	L und R in Parallelschaltung .....	2-29	3.3.2	Gesteuerter Wechselspannungsschalter .....	2-47
1.9.5	Hoch- und Tiefpässe .....	2-29	3.4	Transistoren .....	2-48
1.10	Verlustbehaftete Kondensatoren und Spulen .....	2-30	3.4.1	Kennzeichnung der Spannungen und Ströme .....	2-48
1.10.1	Kondensator mit Verlusten .....	2-30	3.4.2	Kennlinie und Kenndaten .....	2-48
1.10.2	Spule mit Verlusten .....	2-30	3.4.2.1	Eingangskennlinie .....	2-48
1.11	Resonanzkreise .....	2-32	3.4.2.2	Ausgangskennlinien .....	2-49
1.11.1	Reihenresonanzkreis .....	2-32	3.4.2.3	Stromsteuerkennlinie .....	2-49
1.11.2	Parallelresonanzkreis .....	2-33	3.4.2.4	Spannungsrückwirkung .....	2-49
1.11.3	Anwendungen von Resonanzkreisen ..	2-33	3.4.2.5	Grenzwerte .....	2-49
1.12	Der Transformator .....	2-34	3.4.2.6	Kenndaten .....	2-49
1.12.1	Übersetzungsverhältnis .....	2-35	3.4.2.7	Berechnung mit h-Parameter .....	2-49
1.12.2	Transformation von Spannungen, Strömen und Widerständen .....	2-35	3.4.2.8	Berechnung mit Kennlinienfeld .....	2-50
1.12.3	Spartransformator .....	2-35	3.4.3	Grundschaltungen .....	2-50
1.12.4	Meßwandler .....	2-36	3.4.4	Transistor als Schalter .....	2-50
1.12.4.1	Spannungswandler .....	2-36	3.5	Operationsverstärker .....	2-51
1.12.4.2	Stromwandler .....	2-36	3.5.1	Der ideale Operationsverstärker .....	2-51
1.13	Transduktoren .....	2-36	3.5.2	Der Verstärker mit Rückkopplung .....	2-51
1.14	Dreiphasenwechselstrom .....	2-37	3.5.3	Der invertierende Operationsverstärker .....	2-51
1.14.1	Sternschaltung ( $\gamma$ ) .....	2-37	3.5.4	Der nichtinvertierende Operationsverstärker .....	2-52
1.14.2	Dreieckschaltung ( $\Delta$ ) .....	2-37	3.5.5	Der reale Operationsverstärker .....	2-52
2	Elektronen- und Ionenröhren .....	2-37	3.5.5.1	Offsetspannung ( $U_{off}$ ) .....	2-53
2.1	Elektronenröhren .....	2-37	3.5.5.2	Offsetstrom ( $I_{off}$ ) .....	2-53
2.1.1	Kathodenaufbau .....	2-37	3.5.5.3	Eingangsruhestrom ( $I_B$ ) .....	2-54
2.1.2	Anodenaufbau und Anodenverlustleistung .....	2-38	3.5.5.4	Eingangsspannungsbereich .....	2-54
2.1.3	Diode (Zweipolröhre) .....	2-38	3.5.5.5	Ausgangsspannungshub .....	2-54
2.1.4	Triode (Dreipolröhre) .....	2-38	3.5.5.6	Frequenzkompenstation .....	2-54
2.1.5	Berechnungen von Röhrenschaltungen .....	2-39	3.5.5.7	Gleichaktverstärkung .....	2-55
2.1.5.1	Kennlinienfeld .....	2-39	3.5.5.8	Gleichaktunterdrückung .....	2-55
2.1.5.2	Kenndaten .....	2-39	3.5.5.9	Eingangsimpedanz .....	2-55
2.1.5.3	Barkhausensche Röhrenformel .....	2-40	3.5.5.10	Ausgangsimpedanz .....	2-56
2.1.5.4	Dynamische Kenndaten .....	2-40	3.5.5.11	Übertragungskennlinie .....	2-56
2.1.5.5	Berechnung mit Kenndaten .....	2-40	3.5.5.12	Einfluß der Versorgungsspannung .....	2-56
2.1.5.6	Berechnung mit Kennlinienfeld .....	2-40	3.5.6	Grundschaltungen mit Operationsverstärkern .....	2-57
2.1.6	Mehrgitterröhren .....	2-40	3.5.6.1	Invertierender Verstärker .....	2-57
2.1.6.1	Tetroden .....	2-40	3.5.6.2	Nichtinvertierender Verstärker .....	2-57
2.1.6.2	Pentoden .....	2-41	3.5.6.3	Spannungsfolger (Impedanzwandler) .....	2-57
2.1.7	Elektronenstrahlröhre .....	2-41	3.5.6.4	Summierender Verstärker .....	2-57
2.1.7.1	Strahlstromsteuerung .....	2-41	3.5.6.5	Subtrahierender Verstärker .....	2-57
2.1.7.2	Elektrostatische Linsen .....	2-41	3.5.6.6	Integrator .....	2-58
2.1.7.3	Elektrostatische Strahlablenkung .....	2-42	3.5.6.7	Differentiator .....	2-58
2.2	Ionenröhren (gasgefüllte Röhren) .....	2-42	3.5.7	Aktive Filter mit OP-Verstärkern .....	2-58
3	Halbleitertechnik .....	2-43	3.5.8	Regler mit OP-Verstärker .....	2-59
3.1	Grundlagen der Halbleitertechnik .....	2-43	4	Optoelektronische Bauelemente .....	2-59
3.1.1	Eigen- oder i-Leitfähigkeit .....	2-43	4.1	Begriffe und Definitionen .....	2-59
3.1.2	Störstellenleitung .....	2-43	5	Digitaltechnik .....	2-62
3.1.2.1	N-Germanium .....	2-44	5.1	Begriffe und Definitionen .....	2-62
3.1.2.2	P-Germanium .....	2-44	5.1.1	Analoge und digitale Signale, Binärsignale .....	2-62
3.1.3	PN-Übergang .....	2-44	5.1.2	Impuls .....	2-62
3.2	Dioden .....	2-44	5.1.2.1	Impulsformen .....	2-62
3.2.1	Ge-Dioden .....	2-44	5.1.2.2	Charakteristische Impulsgrößen .....	2-63
3.2.2	Si-Dioden .....	2-44	5.1.3	Puls .....	2-64
3.2.3	Z-Dioden .....	2-45	5.1.3.1	Charakteristische Pulsgrößen .....	2-65
3.2.4	Kapazitätsvariationsdiode .....	2-46	5.2	Definitionen der Grundfunktionen .....	2-65
3.2.5	Gleichrichterschaltungen .....	2-46	5.2.1	NICHT-Funktion (Negation) .....	2-65
3.2.5.1	Einweggleichrichter .....	2-46	5.2.2	UND-Funktion (AND) .....	2-66
3.2.5.2	Zweiweggleichrichter .....	2-46	5.2.3	ODER-Funktion (OR) .....	2-67
3.2.5.3	Brückenschaltung .....	2-47	5.3	Schaltalgebra .....	2-67
3.3	Thyristoren .....	2-47			

5.3.1	Funktionen mit Konstanten .....	2-68	6.3	Leitungen und Leitungsverbindungen ..	2-89
5.3.2	Funktion mit einer Konstanten und einer Variablen .....	2-68	6.4	Steckverbinder .....	2-89
5.3.3	Kommutatives Gesetz (Vertauschungsgesetz) .....	2-69	6.5	Schalter .....	2-89
5.3.4	Assoziatives Gesetz (Bindungsgesetz) ..	2-69	6.6	Sicherungen und Ableiter .....	2-90
5.3.5	Distributives Gesetz (Verteilungsgesetz)	2-69	6.7	Elektromechanische und elektromagnetische Antriebe .....	2-90
5.3.6	Prioritätsregeln (Vorrangregeln) .....	2-69	6.8	Meßinstrumente .....	2-90
5.3.7	Absorptionsgesetze (Kürzungsregeln) ..	2-69	6.9	Sichtmelder .....	2-90
5.3.8	de Morgan-Theorem .....	2-70	6.10	Hörmelder/Hörer .....	2-90
5.3.9	Shannon-Theorem .....	2-70	6.11	Meßgrößenumformer .....	2-90
5.3.10	Übersicht über die elementaren Rechen- und Kürzungsregeln der Schaltalgebra .....	2-70	6.12	Drosselspuren, Meßwandler, Transformatoren und Transduktoren ...	2-91
5.4	Schaltnetze (Grundschaltungen) .....	2-70	6.13	Elektrische Maschinen .....	2-91
5.4.1	Kontaktschaltungen .....	2-71	6.14	Elektronen- und Ionenröhren .....	2-92
5.4.2	Kontaktlose Schaltungen .....	2-71	6.15	Halbleiterbauelemente .....	2-92
5.4.2.1	NAND-Funktion .....	2-72	6.15.1	Allgemeine Zeichen .....	2-92
5.4.2.2	NOR-Funktion .....	2-72	6.15.2	Halbleiter ohne Gleichrichterwirkung ..	2-92
5.4.2.3	WIRED-AND/WIRED-OR .....	2-73	6.15.3	Halbleiter mit Gleichrichterwirkung ..	2-92
5.4.2.4	Exklusiv-ODER-Funktion (Antivalenz) ..	2-74	6.15.4	Transistoren .....	2-93
5.4.2.5	Funktionen mit 2 Variablen .....	2-74	6.16	Digitale Informationsverarbeitung .....	2-93
5.5	Schaltwerke (Grundschaltungen) .....	2-74	6.16.1	Digitale Verknüpfungsglieder .....	2-93
5.5.1	Schalsymbole für Speicherschaltungen (FF's) .....	2-76	6.16.2	Allgemeine Kennzeichen .....	2-93
5.5.2	Speicher-FF's (Klasse 1) .....	2-77	6.16.3	Kombinierte Logiksymbole .....	2-93
5.5.2.1	SR-Speicher-FF (mit Koinzidenzsperre, Signalerhalt) .....	2-78	6.16.4	Verzögerungselemente (Time Delay) ..	2-94
5.5.2.2	EL-Speicher-FF (Erase Logic, mit Löschvorrang) .....	2-78	6.16.5	Kippschaltungen .....	2-94
5.5.2.3	SL-Speicher-FF (Set logic, mit Setzvorrang) .....	2-78	6.16.6	Register, Selektoren und Zähler .....	2-94
5.5.2.4	JK-Speicher-FF (Signalumkehr) .....	2-78	6.17	Analogrechentechnik .....	2-94
5.5.2.5	D-Speicher-FF (mit Verzögerung, delay)	2-78			
5.5.3	Auffang-FF's (Klasse 2) .....	2-79	1	Die Atmosphäre .....	3-3
5.5.3.1	Bezeichnung der Eingänge .....	2-79	1.1	Die Schichtung der Atmosphäre .....	3-3
5.5.3.2	SR-Auffang-FF .....	2-79	1.1.1	Troposphäre .....	3-3
5.5.4	Zähl-FF's (Klasse 3) .....	2-80	1.1.2	Stratosphäre .....	3-3
5.5.4.1	Einflankensteuerung (edge-triggered) ..	2-80	1.1.3	Mesosphäre .....	3-4
5.5.4.2	Zweizustandssteuerung (pulse- triggered) .....	2-80	1.1.4	Thermosphäre (Ionosphäre) .....	3-4
5.5.4.3	Zweiflankensteuerung (data-lock-out) ..	2-80	1.1.5	Exosphäre .....	3-4
5.5.4.4	T-Zähl-FF (Binäruntersetzer) .....	2-81	1.2	Die Zusammensetzung der Luft .....	3-5
5.5.5	Klassifizierung von Flipflops .....	2-82	1.3	Standardatmosphäre .....	3-5
5.5.6	Monostabile Kippstufe (Monoflop) .....	2-82	1.4	Der Mensch in der Atmosphäre .....	3-5
5.5.7	Astable Kippstufe (Multivibrator) .....	2-84	1.5	Dampfdruck .....	3-5
5.5.8	Schmitt-Trigger .....	2-84	1.6	Relative Luftfeuchtigkeit und Taupunkt ..	3-5
5.6	Zahlensysteme und Codierungen .....	2-85	1.7	Eisbildung an Luftfahrzeugen .....	3-6
5.6.1	Dualcode (reiner Binärcode) .....	2-86	1.7.1	Zellenvereisung .....	3-6
5.6.2	BCD-Codes .....	2-86	1.7.2	Triebwerkvereisung .....	3-7
5.6.2.1	Bewertbare Codes .....	2-86	2	Strömungslehre der inkompressiblen Strömung .....	3-7
5.6.2.2	Anordnungscodes .....	2-86	2.1	Kompressibilität .....	3-7
5.6.2.3	Tabelle der BCD-Codes .....	2-86	2.2	Allgemeine Strömungsgrundlagen .....	3-7
5.6.3	Zählcodes .....	2-87	2.2.1	Kontinuitätsgleichung .....	3-7
5.6.4	Gleichgewichtige Codes ( $m$ -Codes) .....	2-87	2.2.2	Staudruck .....	3-8
5.6.5	Einschrittige Codes .....	2-87	2.2.3	Gesetz von Bernoulli .....	3-8
5.6.5.1	Gray-Code .....	2-87	2.2.4	Reibungskräfte .....	3-8
5.6.5.2	Gilham-Code .....	2-88	2.2.5	Die Grenzschicht .....	3-8
5.6.5.3	Libaw-Craig-Code .....	2-88	2.2.5.1	Die Grenzschicht an der Tragfläche ..	3-8
6	Schaltzeichen und Symbole .....	2-88	2.3	Das Tragflächenprofil .....	3-9
6.1	Allgemeine Symbole .....	2-88	2.3.1	Bezugslinien und Verhältnisse am Profil .....	3-9
6.2	Widerstände, Wicklungen, Kondensatoren, Batterien .....	2-88	2.3.1.1	Skelettlinie und Sehne .....	3-9
			2.3.1.2	Wölbungsverhältnis .....	3-9
			2.3.1.3	Wölbungsrücklage .....	3-9

2.3.1.4	Dickenverhältnis (relative Dicke) .....	3-9	6.7	Statische und dynamische Kräfte am Rotorblatt .....	3-26
2.3.1.5	Dickenrücklage .....	3-9		Rotorblattschränkung (Verwindung) ...	3-26
2.3.1.6	Anstellwinkel .....	3-9	6.8	Aerodynamische Kräfte .....	3-27
2.3.1.7	Einstellwinkel .....	3-10	6.9	Auftrieb im Schwebeflug .....	3-27
2.3.1.8	Druckpunkt .....	3-10	6.10	Schwebeflug mit Boden-Effekt .....	3-27
2.3.2	Polardiagramm .....	3-11	6.11	Vertikaler Steig- und Sinkflug .....	3-28
2.3.3	Besondere Profile .....	3-12	6.12	Steigflug .....	3-28
2.3.3.1	Laminarprofile .....	3-12	6.12.1	Sinkflug .....	3-28
2.3.3.2	Druckpunktfeste Profile .....	3-12	6.12.2	Wirbelring .....	3-28
2.4	Widerstand .....	3-12	6.13	Vorwärtsflug .....	3-29
2.4.1	Die Widerstandsfläche A .....	3-12	6.14	Rotorblätter und Hauptrotorseiterung ..	3-29
2.5	Die umströmte Tragfläche .....	3-13	6.15	Periodische Blattverstellung .....	3-30
2.5.1	Geometrie der Tragfläche .....	3-13	6.16	Drehmomentausgleich .....	3-32
2.5.1.1	Spannweite (span) .....	3-13	6.17	Schwenkbewegungen des Rotorblattes	3-35
2.5.1.2	Flügelfläche (area) .....	3-13	6.18	Autorotation .....	3-36
2.5.1.3	Flügeltiefe (chord) .....	3-13	6.19	Stabilität .....	3-38
2.5.1.4	Streckung (aspect ratio) .....	3-14	6.20	Flugleistung .....	3-38
2.5.1.5	Zuspitzung (taper ratio) .....	3-14	6.21		
2.5.1.6	V-Stellung (dihedral) .....	3-14			
2.5.1.7	Pfeilung (sweep back) .....	3-14			
2.5.2	Induzierter Widerstand .....	3-14			
2.5.2.1	Möglichkeiten zur Verringerung des induzierten Widerstandes .....	3-15			
2.5.3	Interferenzwiderstand .....	3-16	1	Allgemeines .....	4-3
2.5.4	Auftriebsbeeinflussung durch Veränderung des Profils .....	3-16	2	Fernübertragungssysteme .....	4-3
2.5.5	Grenzschichtbeeinflussung .....	3-16	2.1	Mechanische Fernübertragungssysteme	4-3
2.5.6	Turbulenzbleche (Vortex generators) ...	3-17	2.1.1	Seilübertragungen .....	4-3
2.5.7	Luftbremsen (Speed brakes) .....	3-17	2.1.2	Flexballübertragungen .....	4-4
2.5.8	Störklappen (Spoiler) .....	3-17	2.2	Elektrische Fernübertragungssysteme ..	4-4
3	Hochgeschwindigkeitsströmung .....	3-17	2.2.1	Gleichspannungsbetriebene Systeme ..	4-5
3.1	Schallgeschwindigkeit und Machzahl ..	3-17	2.2.1.1	Potentiometer .....	4-5
3.1.1	Geschwindigkeitsbereiche .....	3-18	2.2.1.2	Selsyn .....	4-6
3.1.1.1	Unterschallbereich (Subsonic) .....	3-18	2.2.1.3	Desyn .....	4-7
3.1.1.2	Schallnaher Bereich (Transsonic) .....	3-18	2.2.2	Wechselspannungsbetriebene Systeme	4-7
3.1.1.3	Überschallbereich (Supersonic) .....	3-18	2.2.2.1	Magnesyn .....	4-7
3.2	Macheinflüsse am Profil .....	3-18	2.2.2.2	Autosyn .....	4-9
3.2.1	Auftrieb und Widerstand am Profil .....	3-19	3	Stellungs- und Mengenanzeigen .....	4-15
3.2.1.1	Machkegel .....	3-19	3.1	Allgemeines .....	4-15
3.2.1.2	Kritische Machzahl ( $M_{crit}$ ) .....	3-19	3.2	Stellungsanzeigen .....	4-15
3.3	Die superkritische Tragfläche .....	3-20	3.2.1	Allgemeines .....	4-15
4	Angreifende Kräfte und Stabilität .....	3-21	3.2.1.1	Schalter .....	4-15
4.1	Vortrieb .....	3-21	3.3	Mengenanzeigen .....	4-21
4.2	Gewicht .....	3-21	3.3.1	Allgemeines .....	4-21
4.3	Gleitflug .....	3-21	3.3.1.1	Mechanische Mengenanzeigesysteme ..	4-22
4.4	Kraftflug .....	3-22	3.3.1.2	Mechanische/elektrische Mengenanzeigesysteme ..	4-22
4.5	Kräfte im Kurvenflug (Kräfte bei allen nicht linearen Flugbewegungen) .....	3-22	3.3.1.3	Elektrische Mengenanzeigesysteme ..	4-22
4.6	Stabilität .....	3-22	4	Liste der verwendeten Abkürzungen ..	4-31
4.6.1	Richtungsstabilität .....	3-23			
4.6.2	Längsstabilität .....	3-23			
4.6.3	Querstabilität .....	3-23			
4.6.4	Negative V-Form .....	3-23			
5	Besondere Flugzustände .....	3-23			
5.1	Senkrechter Sturzflug .....	3-23			
5.2	Rückenflug .....	3-23			
6	Aerodynamik der Drehflügler .....	3-24	1	Allgemeines .....	5-3
6.1	Rotorblattformen .....	3-24	1.1	Übersicht über die Zeichnungssysteme	5-3
6.2	Rotorblattbelastung .....	3-24	1.1.1	Zeichnungsunterlagen des Flugzeugherstellers .....	5-3
6.3	Rotorkreisflächenbelastung .....	3-25	1.1.2	Zeichnungsunterlagen für den Flugzeughalter .....	5-3
6.4	Flächendichte .....	3-25			
6.5	Leistungsbelastung .....	3-25			
6.6	Strömungen am Rotorblatt .....	3-25	1.2	Papiersorten, Vervielfältigungsverfahren	5-4

1.3	Zeichnungsformate, Blattgrößen .....	5-4	5.2	Einfache Längenmeßwerkzeuge .....	6-7
1.4	Aufteilung des Zeichnungsfeldes .....	5-5	5.3	Schieblehre (DIN 862) .....	6-8
1.5	Der Zeichnungskopf .....	5-7	5.4	Außen-Bügelmeßschraube (Mikrometer)	6-9
1.6	Die Zeichnungsnummer .....	5-11	5.4.1	Aufbau und Wirkungsweise .....	6-9
2	Zeichnungsinhalt .....	5-15	5.4.2	Innen- und Tiefenmeßschraube .....	6-9
2.1	Dargestellte Objekte .....	5-15	5.4.3	Prüfen der Bügelmeßschraube .....	6-9
2.1.1	Technische Zeichnung .....	5-15	5.5	Feinanzeigermeßschraube (Fühlhebelschraublehre) .....	6-9
2.1.2	Dreiseitenriß .....	5-15	5.6	Bügelfeinanzeiger (Fühlhebelrachen- lehre) .....	6-9
2.1.3	Perspektivische Skizzen, nicht maßstabsgerecht .....	5-15	5.7	Meßuhr .....	6-10
2.1.4	Perspektivische Skizzen zur Analysierung bestimmter Bereiche ....	5-17	5.7.1	Aufbau und Wirkungsweise .....	6-10
2.1.5	Explosionszeichnungen (EXPLODED VIEW'S") .....	5-17	5.7.2	Prüfen einer Meßuhr .....	6-10
2.1.6	Zeichnungen zur allgemeinen Ortsbe- stimmung am Flugzeug („LOCATION“) .	5-17	5.8	Feinanzeiger (Feintaster) .....	6-10
2.1.7	Funktions-Schemata .....	5-19	5.8.1	Mechanischer Feinanzeiger .....	6-10
2.1.8	Prinzip-Darstellungen bestimmter Be- triebsbedingungen .....	5-25	5.8.2	Optisch-mechanischer Feinanzeiger (Optimeter) .....	6-11
2.1.9	Elektrische Schaltpläne („WIRING DIAGRAMS“) .....	5-30	5.8.3	Elektrischer Feinanzeiger .....	6-11
2.1.10	„Phantom“-Zeichnungen .....	5-31	5.8.3.1	Kontaktgebende Feinanzeiger .....	6-11
2.2	Zeichnungstechnische Normen und Vorschriften .....	5-31	5.8.3.2	Induktive Feinanzeiger .....	6-12
3	Maßsysteme .....	5-38	5.8.4	Pneumatische Feinanzeiger .....	6-12
4	Passungssysteme .....	5-41	5.8.4.1	Aufbau und Wirkungsweise .....	6-12
4.1	Toleranzen .....	5-41	5.8.4.2	Niederdruckmeßgerät .....	6-12
4.2	Passungen .....	5-41	5.8.4.3	Hochdruckmeßgeräte (Differenzdruckgerät) .....	6-12
4.3	„Clearances“ (Laufspiele in Turbinentriebwerken) .....	5-47	5.10	Werkzeugmikroskope .....	6-13
4.4	Systembezogene Toleranzen .....	5-50	5.10.1	Feste Lehren .....	6-13
5	Gewindesysteme .....	5-51	5.10.2	Draht-, Blech-, Spiralbohrer-, Fühl- und Rundungs-/Radiuslehren .....	6-13
5.1	Die zeichnerische Darstellung von Gewinden .....	5-52	5.10.3	Grenzlehren .....	6-14
5.2	Bemaßung der Gewinde .....	5-53	6	Winkelmessungen .....	6-14
5.3	Metrische ISO-Gewinde nach DIN 13 ..	5-53	6.1	Winkelendmaße .....	6-14
5.4	Hinweise .....	5-53	6.2	Winkelmessungen .....	6-14
6	Zeichnungskurzzeichen .....	5-53	7	Gewindemessungen .....	6-16
7	CAD- bzw. CAM-Systeme .....	5-60	7.1	Messen des Außendurchmessers .....	6-16
			7.2	Messen des Kerndurchmessers .....	6-16
			7.3	Messen des Flankendurchmessers .....	6-16
			7.4	Messen der Steigung .....	6-17
			7.5	Messen des Teilflankenwinkels .....	6-17
			8	Druckmessungen .....	6-17
			8.1	Barometer .....	6-17
			8.2	Manometer .....	6-18
			9	Temperaturmessungen .....	6-19
			9.1	Flüssigkeits-Glasthermometer .....	6-19
			9.2	Thermoelemente .....	6-21
			9.3	Widerstandsthermometer .....	6-22
			9.4	Bimetallthermometer .....	6-23
			9.5	Strahlungspyrometer .....	6-23
			9.6	Segerkegel .....	6-24
			9.7	Temperaturbestimmung nach dem Farbumschlagverfahren .....	6-25
			9.7.1	Möglichkeiten der chemischen Temperaturmessung .....	6-25
			9.7.2	Eigenschaften .....	6-25
			9.7.2.1	Aufbau .....	6-25
			9.7.2.2	Wirkungsweise .....	6-25
			9.7.2.3	Meßbereich .....	6-25
			9.7.2.4	Meßgenauigkeit .....	6-26
			9.7.3	Anwendung .....	6-27
			9.7.3.1	Vorbehandlung .....	6-27
			9.7.3.2	Haftfestigkeit .....	6-27
			9.7.3.3	Beeinflussung der Farbumschläge .....	6-27
			9.7.3.4	Unfallschutz .....	6-27

## Kapitel 6

### Meßtechnik (allgemeine Meßgeräte)

1	Allgemeines zur Meßtechnik .....	6-3	9.2	Thermoelemente .....	6-21
2	Grundbegriffe der Meßtechnik .....	6-3	9.3	Widerstandsthermometer .....	6-22
3	Meßmethoden .....	6-4	9.4	Bimetallthermometer .....	6-23
4	Meßfehler und Meßergebnisse .....	6-4	9.5	Strahlungspyrometer .....	6-23
4.1	Erfassung der systematischen Fehler ..	6-4	9.6	Segerkegel .....	6-24
4.1.1	Gerätefehler .....	6-4	9.7	Temperaturbestimmung nach dem Farbumschlagverfahren .....	6-25
4.1.2	Fehler des Normals .....	6-4	9.7.1	Möglichkeiten der chemischen Temperaturmessung .....	6-25
4.1.3	Fehler durch Umwelteinfluß .....	6-4	9.7.2	Eigenschaften .....	6-25
4.1.4	Meßkraftfehler .....	6-5	9.7.2.1	Aufbau .....	6-25
4.1.5	Persönliche Fehler .....	6-5	9.7.2.2	Wirkungsweise .....	6-25
4.2	Erfassung der zufälligen Fehler .....	6-5	9.7.2.3	Meßbereich .....	6-25
4.2.1	Meßreihen .....	6-5	9.7.2.4	Meßgenauigkeit .....	6-26
4.3	Meßergebnis .....	6-5	9.7.3	Anwendung .....	6-27
5	Längenmessung .....	6-6	9.7.3.1	Vorbehandlung .....	6-27
5.1	Endmaße .....	6-6	9.7.3.2	Haftfestigkeit .....	6-27
5.1.1	Allgemeines .....	6-6	9.7.3.3	Beeinflussung der Farbumschläge .....	6-27
5.1.2	Genauigkeit und Fehler .....	6-7	9.7.3.4	Unfallschutz .....	6-27
5.1.3	Prüfen der Endmaße .....	6-7			
5.1.4	Pflege der Endmaße .....	6-7			

9.7.3.5	Aufbewahrung .....	6-27	<b>Kapitel 8</b>		
9.7.4	Thermochrom-Kreiden .....	6-27	<b>Betriebsstoffe (Kraftstoffe, Schmierstoffe,</b>		
9.7.5	Anwendungsgebiete .....	6-28	<b>Hydraulikflüssigkeiten, Fette und</b>		
9.7.6	Wetterfeste Ausführung der		<b>Reinigungsmittel)</b>		
Thermocolore .....	6-28				
9.8	Prinzip und Einsatz von		1	Luftfahrt-Kraftstoffe (Aviation fuels) ....	8-3
	Temperatur-Indikatoren .....	6-28	1.1	Flugbenzine (Aviation gasolines) ....	8-3
9.8.1	Aufbau und Wirkungsweise .....	6-28	1.2	Turbinen-Kraftstoffe .....	8-5
9.8.2	Umgebungseinflüsse .....	6-29	1.3	Umgang mit Kraftstoffen (Fuel-handling) .....	8-8
9.8.3	Hauptanwendungsgebiete .....	6-30	2	Schmierstoffe .....	8-8
9.9	Flüssige Kristalle	9-30	2.1	Flugmotorenöle .....	8-8
9.10	Luftfeuchtigkeitsmessungen .....	9-30	2.2	Turbinenschmierstoffe (Turbine oils) ...	8-9
			3	Konservieren, Entkonservieren und Vorölen .....	8-11
			3.1	Konservieren von Motoren .....	8-11
			3.2	Entkonservieren von Motoren .....	8-11
			3.3	Vorölen .....	8-11
			4	Hydraulik-Flüssigkeiten .....	8-12
			5	Feuerlöschmittel .....	8-12
<b>Kapitel 7</b>					
<b>Meßtechnik (elektrische Meßgeräte)</b>					
1	Einleitung .....	7-3			
2	Wahl des richtigen Meßgerätes .....	7-3			
2.1	Spannungsmessung .....	7-3			
2.2	Strommessung .....	7-3			
2.3	Widerstandsmessung .....	7-3			
2.4	Zusammenfassung .....	7-4			
3	Direktanzeigende Meßgeräte .....	7-4			
3.1	Allgemeines .....	7-4			
3.2	Art des Meßwerkes .....	7-4	1	Was sind Werkstoffe? .....	9-4
3.2.1	Das Drehspulmeßwerk .....	7-4	2	Einteilung der Werkstoffe .....	9-4
3.2.2	Drehspulmeßwerk mit Gleichrichter ...	7-5	2.1	Metallische Werkstoffe .....	9-4
3.2.3	Das Dreheisenmeßwerk .....	7-5	3	Einteilung der Metalle .....	9-6
3.2.4	Das Kreuzspulmeßwerk .....	7-6	4	Das Atom .....	9-6
3.3	Fehler und Klasseneinteilung .....	7-7	5	Das Molekül .....	9-6
3.3.1	Ablesefehler .....	7-7	6	Das reine Metall .....	9-6
3.3.2	Anzeigefehler im Meßgerät .....	7-7	6.1	Erscheinungen beim Erstarren von Schmelzen .....	9-6
3.3.3	Fehler durch falschen Meßaufbau .....	7-8	6.2	Aufbau der Metalle .....	9-7
3.3.4	Fehler durch äußere Einflüsse .....	7-8	6.3	Kristallisation und Gefüge .....	9-7
3.4	Das Vielfachmeßgerät .....	7-8	7	Zweistoffsysteme .....	9-10
3.4.1	Spannungsmessung mit dem Vielfach- meßgerät .....	7-9	7.1	Im gasförmigen Zustand .....	9-10
3.4.2	Strommessung mit dem Vielfachmeßgerät .....	7-11	7.2	Im flüssigen Zustand .....	9-10
3.4.3	Widerstandsmessung mit dem Viel- fachmeßgerät .....	7-12	7.3	Im festen Zustand .....	9-11
4	Elektronische Vielfachmeßgeräte .....	7-13	7.3.1	Vollkommene Löslichkeit .....	9-11
4.1	Allgemeines .....	7-13	7.3.2	Vollkommene Unlöslichkeit .....	9-12
4.2	Elektronisches Meßgerät mit Analoganzeige .....	7-13	8	Teilweise Löslichkeit .....	9-12
4.3	Elektronisches Meßgerät mit Digitalanzeige .....	7-13	8.1	Werkstoffhandbuch der Deutschen Luftfahrt .....	9-13
5	Der Zangenstrommesser .....	7-14	8.2	Allgemeines .....	9-13
6	Die Widerstandsmeßbrücken .....	7-15	8.3	Werkstoff-Leistungsblätter (WL) .....	9-13
6.1	Die Wheatstone-Meßbrücke .....	7-15	8.3.1	Werkstoff-Nummer und Werkstoff- Kennzahl .....	9.13
6.2	Die Thomson-Meßbrücke .....	7-16	8.3.2	Werkstoff-Nummer (Stoffnummer) .....	9-13
7	Das Isolationsmeßgerät .....	7-17	8.4	Werkstoff-Kennzahl .....	9-13
7.1	Aufbau des Meßgerätes .....	7-17	9	Werkstoff-Nummern von Stahl .....	9-14
7.2	Die Messung mit dem		9.1	Eisen und Stahl .....	9-23
	Isolationsmeßgerät .....	7-18	9.2	Reines Eisen .....	9-23
8	Die Kapazitätsmeßbrücke .....	7-18	9.2.1	Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm .....	9-23
9	Drehzahl- und Frequenzmeßgeräte ...	7-19	9.2.2	Metastabiles System Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	9-24
10	Die Temperaturmessung .....	7-19	9.3	Gefügebezeichnungen .....	9-25
11	Zusammenfassung der Abkürzungen ..	7-19	9.3.1	Die Roheisen- und Stahlerzeugung ...	9-27
			9.3.2	Rohstoffe zur Roheisenerzeugung .....	9-27
				Der Hochofen .....	9-27

9.3.3	Das Roheisen (Werkstoff-Hauptgruppe 0) .....	9-29	10.2.3	Sondermessinge .....	9-40
9.3.4	Die Stahlerzeugung (Werkstoff-Hauptgruppe 1) .....	9-29	10.3	Kupfer und Kupferlegierungen in der Luftfahrt .....	9-40
9.3.4.1	Das Puddelverfahren (Flammen- oder Herdfrischverfahren) .....	2-29	11	Blei und Bleilegierungen Werkstoff- Hauptgruppe WL 2.3000 bis WL 2.3499	9-41
9.3.4.2	Das Bessemerverfahren (Sauers Windfrischverfahren) .....	9-30	11.1	Reines Blei .....	9-41
9.3.4.3	Das Thomasverfahren (Basisches Windfrischverfahren) .....	9-30	11.2	Bleilegierungen .....	9-41
9.3.4.4	Das Siemens-Martin-Verfahren (Flamm- oder Herdfrischverfahren) ...	9-30	12	Zinn und Zinnlegierungen Werkstoff- Hauptgruppe WL 2.3500 bis WL 2.3999	9-41
9.3.4.5	Das L-D-Verfahren (O <sub>2</sub> -Aufblasverfahren) .....	9-30	12.1	Reines Zinn .....	9-41
9.3.4.6	Das Elektrostahl-Verfahren .....	9-31	12.2	Weißmetalle (Lagermetalle) .....	9-41
9.3.5	Geschichtlicher Überblick über die Roheisen- und Stahlgewinnung .....	9-31	13	Nickel- und Kobaltlegierungen Werkstoff-Hauptgruppe WL 2.4000 bis WL 2.4999 .....	9-41
9.3.6	Stahl- und Eisengußwerkstoffe .....	9-32	13.1	Monel-Metalle .....	9-41
9.3.6.1	Stahlguß (GS) .....	9-32	13.2	NIMONIC-Metalle .....	9-41
9.3.6.2	Gußeisen mit Lamellengraphit („Grauguß“ GGL) .....	9-32	13.3	Hochwarmfeste Nickel und Kobaltlegierungen in der Luftfahrt ....	9-43
9.3.6.3	Temperguß (GT) .....	9-32	13.4	Andere gebräuchliche hochwarmfeste Legierungen im Triebwerkbau .....	9-44
9.4	Die Werkstoff-Kennzeichnung von Eisen und Stahl (DIN 17 006) .....	9-33	14	Aluminium- und Aluminiumlegierungen Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.0000 bis WL 3.4999 .....	9-45
9.4.1	Unlegierte Stähle .....	9-33	14.1	Werkstoff-Nummern nach DIN 17 007 ..	9-45
9.4.2	Einsatz und Vergütungsstähle .....	9-33	14.1.1	Aufbau der Werkstoffnummern für Aluminium .....	9-45
9.4.2.1	Qualitätsstähle .....	9-33	14.1.2	Hauptgruppe 3 Aluminium und Aluminiumlegierungen .....	9-52
9.4.2.2	Edelstähle .....	9-34	14.2	Aluminium-Herstellung .....	9-52
9.4.3	Legierte Stähle .....	9-34	14.2.1	Eigenschaften von Aluminium .....	9-53
9.4.4	Gußwerkstoffe .....	9-34	14.3	Eigenschaften und Anwendung von Hütten- und Reinst-Aluminium .....	9-54
9.4.5	Ergänzungszeichen .....	9-34	14.4	Einteilung der Aluminiumlegierungen ..	9-54
9.4.6	Kennziffern für den Gewährleistungsumfang .....	9-35	14.4.1	Nichttaushärtbare Al-Legierungen ..	9-55
9.5	Wirkungen von Legierungsbestandtei- len auf mechanische und physikalische Eigenschaften sowie Verarbeitungs- möglichkeiten von Stahl .....	9-35	14.4.2	Aushärtbare Al-Legierungen .....	9-55
9.6	Stähle in der Deutschen Luftfahrt (Einteilung der Stähle entsprechen- dem Verwendungszweck) .....	9-36	14.4.2.1	Kaltaushärtung .....	9-56
9.6.1	Stähle für den allgemeinen Gebrauch ..	9-36	14.4.2.2	Warmaushärtung .....	9-57
9.6.1.1	Unlegierte Stähle .....	9-36	14.4.3	Wichtigste Typen der aushärbaren Al-Knetlegierungen .....	9-57
9.6.1.2	Niedrig legierte Vergütungsstähle ..	9-36	14.4.4	Einfluß der Legierungselemente beim AlZnMgCu-Typ .....	9-58
9.6.2	Stähle mit besonderem Verwendungszweck .....	9-37	14.5	Sonderwerkstoffe .....	9-58
9.6.2.1	Federstähle .....	9-37	14.5.1	Kolbenlegierungen .....	9-58
9.6.2.2	Hochfeste Stähle .....	9-37	14.5.2	Lagerlegierungen .....	9-58
9.6.2.3	Wälzlagerstähle .....	9-37	14.5.3	Sinterwerkstoffe .....	9-58
9.6.2.4	Einsatzstähle .....	9-38	14.6	Aluminium, Aluminiumlegierungen und Halbzeug in der Luftfahrt .....	9-58
9.6.2.5	Nitrierstähle .....	9-38	15	Magnesium und Magnesiumlegie- rungen Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.5000 bis WL 3.5999 .....	9-60
9.6.2.6	Nichtrostende austenitische Stähle ...	9-38	15.1	Physikalische Eigenschaften des Magnesiums .....	9-60
9.6.2.7	Ausscheidungshärtbare, nichtrostende Stähle .....	9-38	15.2	Gewinnung des Magnesiums .....	9-60
9.6.2.8	Nichtrostende und hochwarmfeste ferritische und martensitische Stähle ..	9-39	15.3	Anwendung von reinem Magnesium ..	9-60
9.6.2.9	Hochwarmfeste austenitische Stähle ..	9-39	15.4	Wirkung der Legierungszusätze im Magnesium .....	9-60
10	Kupfer- und Kupferlegierungen Werk- stoff-Hauptgruppe WL 2.0000 bis WL 2.1799 .....	9-39	15.5	Eigenschaften und Verarbeitung der Mg-Legierungen .....	9-61
10.1	Reines Kupfer .....	9-39	15.5.1	Schmelzen .....	9-61
10.2	Kupferlegierungen .....	9-40	15.5.2	Gießen .....	9-61
10.2.1	Bronzen .....	9-40	15.5.3	Kaltumformen .....	9-61
10.2.2	Messinge .....	9-40	15.5.4	Warmumformen .....	9-61
			15.5.5	Zerspanen .....	9-62

15.5.6	Beständigkeit .....	9-62	1.3.1	Bestimmung von Zugfestigkeit, Dehnung und Einschnürung .....	10-3
15.5.7	Schweißen .....	9-63	1.3.1.1	Die Zugfestigkeit $R_m (\sigma_B)$ .....	10-5
15.5.8	Mechanisches Verhalten .....	9-63	1.3.1.2	Die Streckgrenze .....	10-5
15.6	Die gebräuchlichsten Magnesium- legierungen in der Luftfahrt .....	9-63	1.3.1.3	Die Dehnung oder Bruchdehnung .....	10-5
16	Titan und Titanlegierungen Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.7000 bis WL 3.7999 .....	9-64	1.3.1.4	Die Einschnürung .....	10-5
16.1	Vorkommen .....	9-64	1.3.1.5	Die Abmessungen der Zerreißstäbe .....	10-6
16.2	Herstellung des Metalles .....	9-64	1.3.1.6	Als Prüfmaschinen .....	10-7
16.2.1	Das Krollverfahren .....	9-64	1.3.2	Bestimmung der 0,2 %-Dehgrenze $R_{p,0,2}$ .....	10-7
16.3	Verarbeitung und mechanische Eigenschaften .....	9-65	1.3.3	Bestimmung der technischen Elastizitätsgrenze $R_{p,0,01}$ .....	10-9
16.4	Der heutige Stand der Titanlegierungen .....	9-66	1.3.4	Spannungs-Dehnungs-Diagramm von verschiedenen Metallen und Metall-Legierungen .....	10-9
16.4.1	Eigenschaften .....	9-66	1.4	Der Druckversuch (DIN 50 106) .....	10-9
16.4.2	Bisherige Anwendung .....	9-67	1.5	Der Biegeversuch (DIN 50 110) .....	10-10
16.4.3	Neue Legierungen .....	9-68	1.6	Härteprüfung .....	10-10
16.4.4	Entwicklungsrichtungen .....	9-68	1.6.1	Härteprüfung nach Brinell (DIN 50 351) .....	10-10
16.5	Die wichtigsten Titanarten und Titanlegierungen in der Luftfahrt .....	9-70	1.6.2	Härteprüfung nach Vickers (DIN 50 133) .....	10-12
16.5.1	Titan unlegiert .....	9-70	1.6.3	Härteprüfung nach Rockwell (DIN 50 103) .....	10-12
17	Beryllium und seine Legierungen .....	9-71	1.6.3.1	Vergleich von Härtemessungen nach Brinell, Vickers und Rockwell .....	10-15
17.1	Vorkommen .....	9-71	1.6.4	Schlaghärteprüfung mit dem Poldihammer (dynamisch-plastisch) ..	10-15
17.2	Gewinnung .....	9-71	1.6.5	Baumann-Hammer (dynamisch-plastisch) .....	10-16
17.3	Eigenschaften und Anwendung .....	9-71	1.6.6	Rücksprunghärteprüfung nach Shore (Shore-Skleroskop) (dynamisch-elastisch) .....	10-16
18	Neue Werkstoffe .....	9-72	1.6.7	Härteprüfung mit dem Duroskop (dynamisch-elastisch) .....	10-17
18.1	Keramik-Metall-Verbindungen für hohe Betriebstemperaturen .....	9-72	1.6.8	Härteskala von Mohs .....	10-17
18.2	Verbundwerkstoffe .....	9-72	1.6.9	Kennzeichnende Beispiele von Fehler- möglichkeiten bei der Härteprüfung ..	10-17
18.2.1	Einteilung der Verbundstoffe .....	9-72	1.6.10	Die wichtigsten Neuerungen nach Ein- führung des internationalen Einheiten- systems (SI) bei der Härteprüfung ..	10-19
18.2.2	Faserverbundwerkstoffe .....	9-72	1.7	Dauerschwingversuch (DIN 50 100) ..	10-20
18.2.2.1	Glasfasern .....	9-73	1.8	Kerbschlagbiegeversuch (DIN 50 115) ..	10-21
18.2.2.2	Kohlenstoff- und Borfasern .....	9-73	2	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (DIN 65 450) .....	10-23
18.2.2.3	Metallfasern .....	9-73	2.1	Sichtkontrolle mit optischen Hilfsmitteln ..	10-24
18.2.2.4	Supraleiter .....	9-74	2.2	Glasfaser-Borescopie .....	10-25
18.2.2.5	Kristallfäden (Whisker) .....	9-74	2.3	Eindringverfahren (DIN 54 152, Teil 1)	
18.2.3	Bandverstärkte Verbundwerkstoffe .....	9-74	2.3.1	Durchführung .....	10-27
18.2.4	Schichtverbundwerkstoffe .....	9-75	2.3.2	Zweck und Anwendungsbereich .....	10-27
18.2.4.1	Elektronische Bauelemente .....	9-75	2.3.3	Grundlagen des Verfahrens .....	10-27
18.2.4.2	Oxidationsschutz .....	9-76	2.3.3.1	Einteilung und Bezeichnung .....	10-27
18.2.4.3	Beschichtete Hartmetalle .....	9-76	2.3.4	Einteilung und Bezeichnung der Prüfmittel .....	10-27
18.2.5	Teilchenverbundwerkstoffe .....	9-76	2.3.4.1	Bezeichnung der Prüfmittelsysteme ..	10-27
18.2.5.1	Kunststoffe .....	9-76	2.3.4.2	Durchführung .....	10-28
18.2.5.2	Schaumwerkstoffe .....	9-77	2.3.4.3	Vorreinigung .....	10-28
18.2.5.3	Medizinische Anwendungen .....	9-77	2.3.4.4	Eindringvorgang .....	10-28
18.2.6	Zukünftige Verbesserungsmöglich- keiten von Turbinen-Werkstoffen .....	9-78	2.3.4.5	Zwischenreinigung .....	10-28
18.3	Gerichtete Erstarrung von Superlegierungen .....	9-78	2.3.4.6	Trocknungsvorgang .....	10-29
			2.3.4.7	Entwicklungsvorgang .....	10-29
				Inspektion .....	10-29
				Nachreinigung .....	10-30

## Kapitel 10

### Werkstoffprüfung

1	Werkstoffprüfung .....	10-3	2.3.4.1	Vorreinigung .....	10-28
1.1	Zerstörende Prüfverfahren .....	10-3	2.3.4.2	Eindringvorgang .....	10-28
1.1.1	Mechanische Prüfverfahren .....	10-3	2.3.4.3	Zwischenreinigung .....	10-28
1.1.2	Technologische Prüfverfahren .....	10-3	2.3.4.4	Trocknungsvorgang .....	10-29
1.1.3	Physikalische Prüfverfahren .....	10-3	2.3.4.5	Entwicklungsvorgang .....	10-29
1.2	Zerstörungsfreie Prüfverfahren .....	10-3	2.3.4.6	Inspektion .....	10-29
1.3	Der Zugversuch (DIN 50 145) .....	10-3	2.3.4.7	Nachreinigung .....	10-30

2.3.5	Prüfbericht .....	10-30	3	Werkstoffprüfung .....	11-6
2.3.6	Eindringverfahren — Prüfung von Prüfmitteln — (DIN 54 152, Teil 2) .....	10-30	3.1	Schichtholz .....	11-6
2.3.7	Eindringverfahren — Kontrollkörper und ihre Verwendung zur Ermittlung und Klassifizierung der Empfindlichkeit von Prüfmittelsystemen — (DIN 54 152, Teil 3) .....	10-30	3.2	Sperrholz (Birke-, Buche-) .....	11-6
2.3.8	Ölkoch- oder Kalkmilchprobe .....	10-31	3.3	Anderes Sperrholz .....	11-7
2.3.9	Filterpulver-Prüfung .....	10-31	3.4	Schnittholz .....	11-7
2.4	Das Magnetpulver-Verfahren (DIN 54 130, 54 131 Teil 1 +2, 54 132) .....	10-31	3.4.1	Feuchtigkeitsermittlung .....	11-7
2.5	Materialprüfung mit Ultraschall (DIN 54 119/54 120) .....	10-35	3.4.2	Festigkeitsprüfungen .....	11-7
2.5.1	Allgemeines .....	10-35	3.4.3	Zugfestigkeit .....	11-7
2.5.2	Verschiedene Prüfverfahren .....	10-35	3.4.4	Druckfestigkeit .....	11-8
2.5.2.1	Das Impuls-Echo-Verfahren .....	10-35	3.4.5	Biegefestigkeit .....	11-8
2.5.2.2	Das Durchschallungsverfahren .....	10-37	3.4.6	Scherfestigkeit von Leimverbindungen .....	11-8
2.5.2.3	Das Resonanzverfahren .....	10-37			
2.5.3	Hinweis auf die Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Ultraschallfrequenzen bei der praktischen Prüfung .....	10-38			
2.6	Materialprüfung mit Röntgenstrahlen (DIN 54 109, Teil 1 + 2, 54 111, Teil 1 + 2) .....	10-38	1	Allgemeines zu den Kunststoff-Technologien, Herkunft der Kunststoffe ....	12-3
2.6.1	Röntgenstrahlung .....	10-38	2	Grundsätzliches zur Kunststoff-Herstellung .....	12-4
2.6.2	Eigenschaften der Röntgenstrahlen .....	10-38	3	Kunststoffe aus werkstofftechnischer Sicht .....	12-6
2.6.3	Röntgenröhren .....	10-38	4	Einteilung der Kunststoffe .....	12-8
2.6.4	Röntgenprüfung .....	10-39	4.1	Abgewandelte Naturstoffe .....	12-8
2.6.5	Der Aufbau des Röntgenfilms .....	10-41	4.2	Polymerivate .....	12-8
2.7	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit Gammastrahlen (DIN 54 109, 54 111) .....	10-41	4.3	Polykondensate .....	12-8
2.8	Das Wirbelstromverfahren (DIN 54 140) .....	10-42	4.4	Polyaddukte .....	12-8
2.9	Das Wärmeflußverfahren .....	10-44	5	Allgemeine technische Eigenschaften der wichtigsten Kunststoffe .....	12-8
2.9.1	Einführung — Prinzip der Wärmeflußverfahren .....	10-44	6	Handelsformen der Kunststoffe (Beispiele) .....	12-11
2.9.2	Verfahren zur Messung von Oberflächentemperaturen .....	10-44	6.1	Thermoplaste, Handelsformen und Anwendung .....	12-11
2.9.3	Bedeutung der Wärmeflußverfahren .....	10-44	6.2	Duromere, Handelsformen und Anwendung .....	12-11
2.10	Die Infrarotstrahlmessung .....	10-44	6.3	Elastomere, Handelsformen und Anwendung .....	12-12
2.11	Flüssige Kristalle und ihre Anwendung in der Werkstoffprüfung .....	10-45	7	Kunststoffe im Bereich Flugzeugzelle .....	12-12
2.11.1	Temperaturmessungen .....	10-45	8	Schäden an Kunststoff-Flugzeugbauteilen und Reparaturhinweise .....	12-21
2.11.2	Anwendung in der Werkstoffprüfung .....	10-46	9	Gefahren bei der praktischen Kunststoffverarbeitung .....	12-25
2.12	Die Holographie .....	10-46	9.1	Gesundheitsschäden .....	12-25
2.12.1	Die holographische Interferometrie, ein neues zerstörungsfreies Prüfverfahren .....	10-47	9.2	Brandgefahren .....	12-26
2.13	Die Schallemission .....	10-48	10	Luftfahrtnormen, Werkstoffleistungsblätter, VDI-Richtlinien und Hinweise auf Lufttüchtigkeitsforderungen .....	12-27
2.14	Strukturanalyse mit Ultraschall .....	10-48	11	Alphabetisches Verzeichnis einiger Fachausdrücke in der Kunststoff-Verarbeitung .....	12-28
2.15	Die Tüpfelreaktion .....	10-49	12	Bespannstoffe und andere Stoffe .....	12-29
2.15.1	Durchführung der Tüpfelproben .....	10-49			
2.16.	Visuelle Eignung des Prüfpersonals für Magnetpulver-, Eindring- und Borescope-Verfahren .....	10-50			

## **Kapitel 11 Holzwerkstoffe, Halbzeuge und Werkstoffprüfung**

1	Eigenschaften, Verwendung Auswahl .....	11-3
1.1	Schnittholz .....	11-3
1.2	Schichtholz, Sperrholz .....	11-5
2	Werkstoffleistungsblätter .....	11-6

## **Kapitel 12 Kunststoffe einschließlich Bespannstoffe**

1	Allgemeines zu den Kunststoff-Technologien, Herkunft der Kunststoffe ....	12-3
2	Grundsätzliches zur Kunststoff-Herstellung .....	12-4
3	Kunststoffe aus werkstofftechnischer Sicht .....	12-6
4	Einteilung der Kunststoffe .....	12-8
4.1	Abgewandelte Naturstoffe .....	12-8
4.2	Polymerivate .....	12-8
4.3	Polykondensate .....	12-8
4.4	Polyaddukte .....	12-8
5	Allgemeine technische Eigenschaften der wichtigsten Kunststoffe .....	12-8
6	Handelsformen der Kunststoffe (Beispiele) .....	12-11
6.1	Thermoplaste, Handelsformen und Anwendung .....	12-11
6.2	Duromere, Handelsformen und Anwendung .....	12-11
6.3	Elastomere, Handelsformen und Anwendung .....	12-12
7	Kunststoffe im Bereich Flugzeugzelle .....	12-12
8	Schäden an Kunststoff-Flugzeugbauteilen und Reparaturhinweise .....	12-21
9	Gefahren bei der praktischen Kunststoffverarbeitung .....	12-25
9.1	Gesundheitsschäden .....	12-25
9.2	Brandgefahren .....	12-26
10	Luftfahrtnormen, Werkstoffleistungsblätter, VDI-Richtlinien und Hinweise auf Lufttüchtigkeitsforderungen .....	12-27
11	Alphabetisches Verzeichnis einiger Fachausdrücke in der Kunststoff-Verarbeitung .....	12-28
12	Bespannstoffe und andere Stoffe .....	12-29

## **Kapitel 13 Lacke und Anstriche einschließlich Verarbeitung**

1	Allgemeines .....	13-3
2	Chemische Vorbehandlung von Aluminiumblechen .....	13-4
3	Grundanstriche (Primer) für Metalloberflächen .....	13-5
3.1	„WASH-PRIMER“ .....	13-5
3.2	Farbprimer .....	13-6

4	Decklacke („TOP COATS“) .....	13-7	2.3	Warmumformung an legierten Titanblechen	
5	Antistatiklacke und Leitlacke .....	13-10		TiAl 6 V 4 (WL 3.7164.1) .....	14-9
6	Das Lackieren von thermoplastischen Kunststoff-Formteilen .....	13-11	3	Wichtige Hinweise bei der spanlosen Formgebung an Aluminium-Werkstoffen	
7	Nitro-Lacke .....	13-12		Wärmebehandlung der Stähle .....	14-10
8	Stofflackierungen .....	13-12	4	Eigentliche Wärmebehandlung .....	14-10
9	Tarnanstrich nach VTL 8010-013 .....	13-12	4.1	Glühen I. Art .....	14-10
10	Tagesleuchtfarbe Herbol FL 3918 .....	13-13	4.1.1	Glühen II. Art .....	14-10
11	Korrosionsschutzmittel, Korrosionsschutz-Flüssigkeiten .....	13-13	4.1.2	Chemisch-thermische Wärmebehandlung .....	14-10
12	Oberflächenschutzsysteme im Triebwerksbereich .....	13-14	4.2	Deformations-Wärmebehandlung .....	14-11
13	Verarbeitungshinweise für spritzbare Produkte .....	13-15	4.3	Glühen I. Art .....	14-11
			5	Spannungsarmglühen .....	14-11
			5.1	Diffusionsglühen .....	14-12
			5.2	Grobkornglühen (Hochglühen) .....	14-12
			5.3	Rekristallisationsglühen .....	14-12
			5.4	Glühen II. Art .....	14-13
			6	Normalglühen .....	14-13
			6.1	Weichglühen .....	14-14
			6.2	Härteten .....	14-14
1	Kaltumformen .....	14-3	6.3	Theorie des Härtens .....	14-15
1.1	Kaltumformen von Aluminium-Werkstoffen .....	14-3	6.3.1	Einfluß des Härtens auf die Eigenschaften .....	14-15
1.1.1	Abkanten, Biegen und Bördeln von Al-Werkstoffen .....	14-4	6.3.2	Anwendung des Härtens .....	14-16
1.2	Arbeitsrichtlinien für das Abkanten, Biegen und Bördeln der wichtigsten Luftfahrt-Werkstoffe .....	14-5	6.3.3	Härtetemperatur .....	14-16
1.2.1	Aluminium-Legierung AlCuMg 2 pl (WL 3.1364.4 und 5) .....	14-5	6.3.4	Glühfarben .....	14-16
1.2.1.1	Abkanten und leichtere Biegearbeiten .....	14-5	6.3.4.1	Abkühlen von Härtetemperaturen .....	14-16
1.2.1.2	Absetzen .....	14-5	6.3.5	Gebrochenes Härteten .....	14-17
1.2.1.3	Bördeln .....	14-5	6.3.6	Warmbadhärteten .....	14-18
1.2.1.4	Warzen der Bleche .....	14-5	6.4	Vergüten .....	14-18
1.2.1.5	Richten .....	14-5	6.4.1	Härte- und Vergütungsfehler .....	14-19
1.2.2	Aluminium-Legierung AlZnMgCu 1,5 pl. (WL 3.4374.7) .....	14-6	6.4.2	Anlaßfarben .....	14-19
1.2.2.1	Abkanten .....	14-6	6.5	Oberflächenhärtaten (chemisch-thermisch) .....	14-19
1.2.2.2	Absetzen .....	14-6	6.5.1	Einsatzhärtaten (Zementieren) .....	14-19
1.2.2.3	Bördeln .....	14-6	6.5.1.1	Anwendung .....	14-19
1.2.2.4	Beschneiden gezogener Bauteile .....	14-6	6.5.1.2	Werkstoffe .....	14-20
1.2.2.5	Warzen der Bleche .....	14-6	6.5.1.3	Einsatzmittel (Aufkohlungsmittel) .....	14-20
1.2.2.6	Richten .....	14-6	6.5.1.4	Vorgang beim Einsatzhärteten .....	14-20
1.2.3	Titan-Werkstoffe Ti 99,5 (WL 3.7024.1) — Bleche — .....	14-6	6.5.1.5	Zementationsdauer und Zementationstemperatur .....	14-20
1.2.3.1	Vorrichten der Zuschnitte .....	14-6	6.5.2	Nitrierhärtaten .....	14-21
1.2.3.2	Kaltverformung .....	14-6	6.5.3	Brennhärtaten (Flammenhärteten, Autogenhärteten) .....	14-22
1.2.4	Titan-Legierung TiAl 6 V 4 (WL 3.7164.1) .....	14-6	6.5.4	Induktionshärtaten .....	14-23
1.2.3.1	Vorrichten der Bleche .....	14-6	6.5.5	Tauchhärtaten .....	14-23
1.2.4.2	Kaltverformung .....	14-6	6.5.6	OCe-Verfahren (ohne Zementation) .....	14-23
1.2.5	Nichtrostender Stahl .....	14-7	6.5.7	Ionitrieren .....	14-23
1.2.5.1	Austenitischer Chrom-Nickel-Stahl X 10 CrNiTi 18 9 (WL 1.4544.9) .....	14-7	6.5.7.1	Verfahren .....	14-23
1.3	Runden, Treiben, Strecken von Aluminium-Werkstoffen .....	14-7	6.5.7.2	Schichtaufbau .....	14-24
2	Warmumformen .....	14-7	6.5.7.3	Duktilität .....	14-24
2.1	Warmumformen von Aluminium-Werkstoffen .....	14-7	6.5.7.4	Härtetiefeverlauf .....	14-25
2.1.1	Warmbiegen .....	14-8	6.5.7.5	Dauerfestigkeit und Zahndfußfestigkeit .....	14-25
2.2	Warmumformung an unlegierten Titanblechen Ti 99,5 (WL 3.7024.1) .....	14-8	6.5.7.6	Hauptvorteil des Ionitrierens .....	14-25
			6.5.8	Boridhärtaten .....	14-25
			6.5.8.1	Anwendung .....	14-26
			6.5.8.2	Werkstoffe .....	14-26
			6.5.8.3	Einsatzmittel .....	14-26
			6.5.8.4	Vorgang beim Boridhärteten .....	14-26
			6.5.8.5	Verfahren .....	14-26
			6.5.9	Vanadisieren .....	14-26

7	Wärmebehandlung von Aluminium-Werkstoffen .....	14-27	4.2.3	Einfache Laschenverbindung .....	15-8
7.1	Zweck der Wärmebehandlung .....	14-27	4.2.4	Doppellaschenverbindung .....	15-8
7.2	Aufführung der normgerechten Fachausdrücke .....	14-27	4.2.5	Schäften .....	15-8
7.3	Aushärtung .....	14-27	4.3	Leime und ihre Verarbeitung .....	15-9
7.3.1	Lösungsglühen .....	14-28	4.3.1	Allgemeines .....	15-9
7.3.2	Abschrecken .....	14-28	4.3.2	Im Luftfahrzeugbau verwendbare Leime .....	15-11
7.3.3	Aushärten .....	14-28	5	Beanspruchungsgerechte Lage der Faserrichtungen und der Jahresringe ...	15-13
7.4	Weichglühen .....	14-29	6	Pressen von Verleimungen, Einsatz von Vorrichtungen und Hilfsmitteln .....	15-15
7.4.1	Entfestigungsglühen .....	14-29	7	Sonstiges .....	15-17
7.4.1.1	Weichglühen .....	14-29	7.1	Vermeiden von Kerbstellen .....	15-17
7.4.1.2	Zwischenglühen beim Kaltwalzen und Ziehen .....	14-29	7.2	Belüftung, Entwässerung .....	15-17
7.4.1.3	Erholungsglühen .....	14-29	7.3	Konservierung .....	15-18
7.4.1.4	Stabilisierungsglühen (verfestigt) .....	14-29	7.3.1	Innenkonservierung .....	15-18
7.4.2	Weichglühen aushärtbarer Legierungen	14-29	7.3.2	Außenkonservierung .....	15-18
7.5	Stabilisierungsglühen .....	14-29			
7.6	Entspannungsglühen .....	14-29			
7.7	Ausgleichsglühen .....	14-29			
7.8	Anwärmern für das Umformen .....	14-30			
7.9	Wärmebehandlungszustandsbezeichnungen .....	14-31			
7.9.1	Zustandszahlen der Werkstoff-Leistungsblätter der Deutschen Luftfahrt (1956 bis 1969) Januar 1968 .....	14-31	1	Einleitungen .....	16-3
7.9.1.1	Zustandsbezeichnungen für aushärtbare Aluminium-Legierungen ..	14-31	2	Thermoplaste, Arbeitsverfahren .....	16-5
7.9.1.2	Zustandsbezeichnungen für nicht aushärtbare Aluminiumlegierungen ..	14-35	2.1	Spanlose Formung, Umformung .....	16-5
7.10	Wärmebehandlungsstufen der wichtigsten Aluminium-Legierungen in der Luftfahrt .....	14-35	2.2	Spangebende Bearbeitung .....	16-5
7.11	Zusammenfassung — Verfahrensweise	14-37	2.2.1	Ausschneiden, Lochen, Trennen .....	16-5
7.12	Arbeitssicherheitshinweise .....	14-38	2.2.2	Sägen, Bohren, Hobeln, Drehen usw. ..	16-6
8	Wärmebehandlungsstufen der wichtigsten Magnesium-Legierungen in der Luftfahrt .....	14-38	2.3	Verbinden, Fügen, Schweißen, Kleben, Nieten .....	16-6
9	Wärmebehandlung von Titan-Werkstoffen .....	14-38	2.3.1	Schweißen .....	16-6
9.1	Glühverfahren .....	14-38	2.3.2	Kleben .....	16-7
9.1.1	Spannungsfreiglühen .....	14-38	2.3.3	Verschrauben, Vernieten .....	16-8
9.1.2	Weichglühen .....	14-39	2.4	Nachbehandlung, Oberflächenbehandlung .....	16-8
9.1.3	Lösungsglühen und Abschrecken .....	14-39	2.5	Arbeitsverfahren an Acrylglass .....	16-9
9.2	Wärmebehandlungsstufen der wichtigsten Titan-Werkstoffe in der Luftfahrt ..	14-39	2.5.1	Halbzeuge .....	16-9
			2.5.2	Anzeichnen .....	16-9
			2.5.3	Umformen, Biegen .....	16-9
			2.5.4	Kleben .....	16-10
			2.5.6	Feinschleifen, Polieren .....	16-10
			2.5.7	Reparaturen .....	16-10
			2.5.8	Verbindung mit Rahmen .....	16-10
			2.6	Elektrostatische Aufladung .....	16-11
			3	Faser verstärkte Kunststoffe („Composites“), Sandwich-Bauteile ..	16-11
			3.1	Stützstoffe .....	16-11
			3.2	Füllstoffe .....	16-12
			3.3	Trennmittel und Hilfsstoffe .....	16-12
			3.4	Laminieren .....	16-13
			3.4.1	Handauflegeverfahren .....	16-13
			3.4.2	Faserspritzverfahren .....	16-15
			3.4.3	Preßverfahren .....	16-15
			3.4.4	Wickelverfahren .....	16-15
			3.4.5	Schleuderverfahren .....	16-15
			3.4.6	Kontinuierliche Verfahren .....	16-16
			3.5	Sandwichteile .....	16-16
			3.6	Krafteinleitungen .....	16-18
			3.6.1	Krafteinleitung parallel zum Laminat ..	16-18
			3.6.2	Krafteinleitungen senkrecht zum Laminat .....	16-19
			3.7	Reparaturen, Nachbehandlung .....	16-19

## **Kapitel 15** **Arbeitsverfahren an Holz einschließlich Leimverbindungen**

1	Fertigungsverfahren, allgemeine Begriffe .....	15-3			
2	Trennen, spangebende Bearbeitung ..	15-3	3.4.4	Wickelverfahren .....	16-15
3	Umformen, -biegen, lamellieren .....	15-5	3.4.5	Schleuderverfahren .....	16-15
3.1	Biegen von Schnittholz .....	15-5	3.4.6	Kontinuierliche Verfahren .....	16-16
3.2	Biegen von Sperrholz .....	15-5	3.5	Sandwichteile .....	16-16
4	Verbinden (Fügen) .....	15-6	3.6	Krafteinleitungen .....	16-18
4.1	Lösbar .....	15-6	3.6.1	Krafteinleitung parallel zum Laminat ..	16-18
4.2	Unlösbares Verbinden .....	15-8	3.6.2	Krafteinleitungen senkrecht zum Laminat .....	16-19
4.2.1	Stumpfer Stoß .....	15-8			
4.2.2	Überlappung .....	15-8	3.7	Reparaturen, Nachbehandlung .....	16-19

3.8	Oberflächenbehandlung .....	16-19	2.8	Lichtbogenpreßschweißen .....	17-6
4	Werkstoffleistungsblätter, deutsche Normen und Richtlinien für Kunststoffe	16-20	2.9	Diffusionsschweißen .....	17-6
5	Spanende Bearbeitung aller im Luftfahrtbereich eingesetzten Kunststoffe	16-21	3	Schmelzschweißen (DIN 1910, Blatt 2)	17-6
5.1	TURNING (Drehen) .....	16-22	3.1	Aluminothermisches Schweißen (Gießschmelzschweißen) .....	17-6
5.2	END MILLING-SLOTTING (Kantenfräsen, Schlitzen) .....	16-23	3.2	Gasschweißen .....	17-6
5.3	END MILLING-PERIPHERAL (Umrißfräsen) .....	16-24	3.3	Widerstands-Schmelzschweißen .....	17-6
5.4	WATER JET CUTTING (Wasserstrahl-Schneiden) .....	16-25	3.3.1	Elektro-Schlacke-Schweißen .....	17-6
5.5	BAND SAWING (Bandsägen) .....	16-26	3.4	Lichtbogenschweißen .....	17-6
5.6	CIRCULAR SAWING (Kreissägen) .....	16-27	3.4.1	Kohle-Lichtbogenschweißen .....	17-7
5.7	SABER SAWING (Stichsägen) .....	16-28	3.4.2	Metall-Lichtbogenschweißen .....	17-7
5.8	GRINDING (Schleifen) .....	16-29	3.4.3	Schutzgasschweißen .....	17-7
5.9	ROUTING, SPINDLE SHAPING (Fräsen, Umrißfräsen) .....	16-30	3.4.3.1	Wolfram-Schutzgasschweißen (WIG-Verfahren = Wolfram-Inert-Gas)	17-7
5.10	SHEARING, BLANKING, PIERCING (Schneiden, Stanzen, Lochen) .....	16-31	3.4.3.2	Metall-Schutzgasschweißen (MIG-Verfahren = Metall-Inert-Gas) .....	17-7
5.11	DRILLING AND REAMING (Bohren und Räumen) .....	16-32	3.4.4	Unter-Schiene-Schweißen .....	17-8
5.12	TAPPING, THREADING (Gewindebohren und -schneiden) .....	16-33	3.4.5	Unter-Pulver-Schweißen .....	17-8
6	Übersicht über die im amerikanischen Flugzeugbau gebräuchlichen Kunststoff-Bezeichnungen und Normen .....	16-34	3.5	Plasmaschweißen .....	17-8
6.1	Acetals .....	16-34	3.6	Elektronenstrahlschweißen .....	17-8
6.2	Acrylics .....	16-34	3.7	Lichtstrahlschweißen .....	17-8
6.3	Cellulosics .....	16-34	3.8	Unter-Wasser-Schweißen .....	17-8
6.4	Fluorcarbons (Fluoroplastics) .....	16-34	4	Schweißelektronen .....	17-8
6.5	Polyamides (PA) .....	16-34	4.1	Bezeichnung .....	17-8
6.6	Polycarbonates (PC) .....	16-34	4.2	Einfluß der Umhüllung .....	17-8
6.7	Polyolefines .....	16-34	4.3	Nahtformen .....	17-10
6.8	Polyphenylene Oxides .....	16-34	5	Schweißen von Stahl und Schwermetallen (Werkstoff-Hauptgruppe WL 1 und WL 2) .....	17-14
6.9	Polystyrene und ABS .....	16-34	5.1	Schweißzusatzwerkstoffe .....	17-14
6.10	Polysulfones (PS) .....	16-34	6	Schweißen von Aluminium (Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.0000 bis WL 3.4999) .....	17-14
6.11	Vinyls .....	16-34	6.1	Gasschweißen .....	17-14
6.12	US-amerikanische Normen für die Fabrikation und Verarbeitung von Kunststoffen im Flugzeugbau .....	16-34	6.1.1	Fehler beim Gasschweißen .....	17-15

## Kapitel 17 Schweißen und Löten

1	Begriff des Schweißens .....	17-3	6.2	Lichtbogenschweißen mit ummantelter Elektrode .....	17-16
1.1	Einteilung der Schweißverfahren (DIN 1910, Blatt 1) .....	17-3	6.2.1	Fehler beim Lichtbogenschweißen mit Mantelelektrode .....	17-16
2	Preßschweißen (DIN 1910, Blatt 2) .....	17-4	6.3	Lichtbogenschweißen unter Edelgasschutz .....	17-17
2.1	Kaltpreßschweißen .....	17-4	6.3.1	Fehler beim WIG-Schweißen .....	17-20
2.1.1	Schockschweißen .....	17-4	6.4	Plasma-Schmelzschneiden .....	17-20
2.2	Ultraschallschweißen .....	17-4	6.5	Widerstandsschweißen .....	17-20
2.3	Reibschweißen .....	17-5	6.5.1	Fehler beim Widerstandsschweißen und ihre möglichen Ursachen .....	17-22
2.4	Feuerschweißen .....	17-5	6.6	Bolzenschweißverfahren .....	17-23
2.5	Gießpreßschweißen .....	17-5	6.7	Ultraschallschweißen .....	17-23
2.6	Gaspreßschweißen .....	17-5	6.8	Explosivschweißen .....	17-23
2.7	Widerstandsschweißen .....	17-5	6.9	Reibschweißen .....	17-24
2.7.1	Punktschweißen .....	17-5	6.10	Flußmittel .....	17-24
2.7.2	Buckelschweißen (DIN 44 753) .....	17-5	6.11	Schweißzusatzwerkstoffe .....	17-25
2.7.3	Rollennahtschweißen (DIN 44 754) .....	17-5	7	Schweißen von Magnesium (Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.5000 bis WL 3.5999) .....	17-25
2.7.4	Abbrennstumpfschweißen (DIN 44 752) .....	17-5	8	Schweißen von Titan (Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.7000 bis WL 3.7999) .....	17-25
2.7.5	Preßstumpfschweißen .....	17-5	8.1.1	Arbeitsrichtlinien für das WIG-Schweißen von unlegierten Titanblechen in der Luftfahrt (Ti 99,5 — WL 3.7024, Ti 99,4 — WL 3.7034, Ti 99,2 — WL 3.7064) .....	17-25
2.7.6	Kammerschweißen .....	17-6	8.1.2	Allgemeines .....	17-25
			8.1.3	Vorrichten der Schweißstücke .....	17-26
				Zusätzlicher Schutz durch Argon .....	17-26

8.1.4	Schweißung von unlegierten Titanblechen .....	17-26	13.1	Weichlöten .....	17-38
8.1.5	Arbeitsrichtlinien für maschinelles Schweißen von unlegierten Titanblechen ohne Schweißzusatzwerkstoff ..	17-27	13.2	Hartlöten .....	17-38
8.1.6	Arbeitsrichtlinien für maschinelles Schweißen von unlegierten Titanblechen mit Schweißzusatzwerkstoff ..	17-27	13.2.1	Vorbereitung der Verbindungsstelle und Flußmittel .....	17-38
8.1.7	Richtlinien für Schweißstromstärke beim Handschweißen von unlegierten Titanblechen (Schweißgeschwindigkeit 120 bis 150 mm/min) .....	17-27	13.2.2	Hartlote .....	17-38
8.1.8	Arbeitsrichtlinien für die elektrische Widerstands-Punktschweißung von unlegierten Titanblechen .....	17-27	13.2.3	Verfahren zum Hartlöten .....	17-39
8.2	Arbeitsrichtlinien für das WIG-Schweißen von legierten Titanblechen in der Luftfahrt .....	17-27	<b>Kapitel 18</b>		
8.2.1	Arbeitsrichtlinien für die elektrische Widerstands-Punktschweißung von Blechen aus WL 3.7164 .....	17-28	1	Die Nietung im Flugzeugbau .....	18-3
9	Löten metallischer Werkstoffe (DIN 8505) .....	17-28	2	Vorteile der Nietung gegenüber anderen Fügeverfahren .....	18-3
9.1	Begriff des Löten .....	17-28	3	Ausführungsarten der Stauchniete ....	18-4
9.2	Verfahren .....	17-28	3.1	Ausführung mit angeformtem Setzkopf .....	18-4
9.3	Stoffe .....	17-29	3.2	Ausführung als Nietstifte (ohne Setzkopf) und NACA-Niete .....	18-7
9.4	Charakteristische Temperaturen .....	17-29	4	Anordnung und Beanspruchung der Niete .....	18-8
10	Löten von Stählen und Schwermetallen .....	17-29	5	Festigkeit der Leichtmetall-Nietverbindungen (Nietberechnungen) ....	18-10
10.1	Weichlote .....	17-29	6	Einbau der Stauchniete .....	18-11
10.2	Hartlote .....	17-31	6.1	Nietbohrungen und Schließkopfausführungen (LN 9118), Formeln .....	18-11
10.3	Flußmittel für das Löten von Stählen und Schwermetallen .....	17-34	6.2	Nietbohrungen für konisch-zyl.	
10.3.1	Weichlötflüßmittel (Tabelle 14) DIN 8511, Blatt 2 .....	17-34	6.3	Nietschäfte .....	18-12
10.3.2	Hartlötflüßmittel DIN 8511 Blatt 1 .....	17-34	6.4	Niet-Randabstände und Niet-Teilung ..	18-12
11	Löten von Aluminium (Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.0000 bis WL 3.4999) .....	17-34	6.5	Die Länge des Nietschaftüberstandes ..	18-12
11.1	Weichlöten .....	17-34	6.6	Korrektur und fehlerhafter Einbau der Stauchniete (Nietfehler) .....	18-13
11.1.1	Weichlötbare Aluminium-Werkstoffe .....	17-34	6.7	Korrekte Abdichtung von Tankdichtnieten .....	18-15
11.1.2	Weichlote .....	17-34	7	Warmbehandlung von Stauchnieten ..	18-15
11.2	Hartlöten .....	17-34	7.1	Ausbau-Hinweise .....	18-16
11.2.1	Hartlötbare Aluminium-Werkstoffe .....	17-35	7.2	Ausbau der Stauchniete .....	18-16
11.2.2	Hartlote .....	17-36	8	Ausbau von Spezialnieten und	
11.3	Flußmittel (DIN 8511, Blatt 3) .....	17-36	8.1	Blindnieten .....	18-16
11.3.1	Weichlötflüßmittel .....	17-36	8.2	Sonderniete .....	18-17
11.3.1.1	Früher gebräuchliche Flüßmittel zum Weichlöten .....	17-36	8.3	Stauchniete aus MONEL und CRES ..	18-17
11.3.2	Hartlötflüßmittel .....	17-36	9	Bimetall-Stauchniete .....	18-17
11.3.2.1	Früher gebräuchliche Flüßmittel zum Hartlöten .....	17-36	9.1	Scherniete in der Steuerung .....	18-17
11.4	Hochtemperaturlöten .....	17-37	9.1.1	Spezialniete und Blindniete .....	18-18
11.4.1	Arbeitsweise des Verfahrens .....	17-37	9.1.2	Spezialniete, auch „Paßniete“ genannt	18-18
11.4.2	Wesentliche Voraussetzungen für die Anwendung des Hochtemperaturlötns .....	17-37	9.1.3	Der Paßnet mit konischem Schaft (TAPERLOK) .....	18-19
11.4.3	Vorzüge des Verfahrens gegenüber den herkömmlichen Löt- und Schweißverfahren .....	17-37	9.2	Der Paßnet mit zylindrischem Schaft (HI LOK) .....	18-19
12	Löten von Magnesium-Werkstoffen (Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.5000 bis WL 3.5999) .....	17-37	9.2.1	„LOKBOLT“, „HUCKBOLT“ und „HI SHEAR“ RIVET .....	18-20
13	Löten von Titan-Werkstoffen (Werkstoff-Hauptgruppe WL 3.7000 bis WL 3.7999) .....	17-38	10	Blindniete .....	18-20
				Übersicht über die wichtigsten Blindniete .....	18-21
				Hinweis auf verbindliche Einbau-Richtlinien für Flugzeughersteller .....	18-23

## **Kapitel 19**

### **Schraubverbindungen und Sicherungen**

1	Schrauben und Bolzen im Flugzeugbau .....	19-3
1.1	Schraubenwerkstoffe .....	19-3

1.2	Beanspruchung und Festigkeiten .....	19-4	5.1.2	Sechskant-, Gehäuse-, Anniet- und Einnietmuttern mit Sicherung durch Polyamidringeinlage nach folgenden LN-Normblättern .....	19-22
1.3	Schrauben, Bolzen, Ausführungsarten	19-4	5.1.3	Sicherungsbleche nach CN .....	19-22
1.3.1	Schrauben und Bolzen nach DIN- bzw. LN-Norm .....	19-4	5.1.4	Zahnscheiben (federnde Zahnscheiben) nach DIN 6797 .....	19-23
1.4	Schrauben und Bolzen im amerikanischen Flugzeugbau .....	19-5	5.1.5	Federringe (DIN 127) und Federscheiben (DIN 137) .....	19-23
1.5	Bezeichnungen und Normungen .....	19-6	5.1.6	Fächerscheiben (DIN 6798) .....	19-23
1.5.1	Aufschlüsselungsbeispiele (US-Norm)	19-7	5.1.7	Hakenspringringe nach DIN 70 951 .....	19-23
1.5.2	Bezeichnungsbeispiele von Kern-schrauben für Blind Bolts (Hi Shear) ..	19-8	5.2	Sicherungsscheiben, Federringe und dergleichen im amerikanischen Flugzeugbau .....	19-23
1.6	Einbauhinweise für Schrauben und Bolzen für US-Flugzeugbau .....	19-8	5.3	Sonstige Sicherungen .....	19-23
1.6.1	Einbau von Tri Wing-Schrauben .....	19-9	5.3.1	Kontermuttern (Gegenmuttern) .....	19-23
1.6.2	Anzugsmomente beim Schrauben- bzw. Bolzeneinbau .....	19-9	5.3.2	Sicherung durch Lacke und Kleber .....	19-23
2	Gewinde der Schrauben, Bolzen und Muttern .....	19-10	5.3.3	Sicherung durch mutterseitiges Verstemmen .....	19-23
2.1	Allgemeines .....	19-10	5.3.4	Sicherungsringe, Zylinderstifte, Kegelkerbstifte, Zylinderkerbstifte und Spannhülsen .....	19-24
2.2	Befestigungsgewinde (Spitzgewinde) im Flugzeugbau .....	19-10	5.3.5	Sicherungsnadeln nach LN .....	19-24
2.2.1	Metrische Gewindesysteme .....	19-10	5.3.6	Sicherungsfedern nach LN .....	19-24
2.2.2	Britische Gewinde .....	19-11	5.3.7	Sicherungsdrähte .....	19-24
2.2.3	US-amerikanische Gewinde .....	19-12	5.3.8	Nicht genormte, konstruktionsgebundene Sicherungsbleche .....	19-26
2.2.3.1	Passungen amerikanischer Gewindesysteme .....	19-13	5.3.9	Bolzen mit Polyamideinlage als Verdrehsicherung nach NAS-Norm .....	19-27
2.2.3.2	Toleranzen des Flankendurchmessers	19-13			
2.2.3.3	Kennzeichnung amerikanischer Gewindesysteme .....	19-13			
2.2.4	Identifizierung (Messung) von Gewinden .....	19-14			
2.2.5	Gewindereparaturen, Gewindeeinsätze (z. B. DIN 9499) .....	19-14			
2.2.5.1	„Heli-Coil-Gewindeeinsätze“ (HC-Einsätze) .....	19-14			
2.2.5.2	ENSAT-Gewindebuchsen und ähnliche Systeme .....	19-15	1	Allgemeines .....	20-3
3	Allgemeines über Unterlegscheiben .....	19-15	2	Spleißen und Klemmen von Seilen .....	20-3
3.1	Spezialscheiben für bestimmte Vorspannungen .....	19-16	3	Klemmen und Quetschen im Bereich von Hydroanlagen .....	20-6
4	Muttern .....	19-17	3.1	Bördellose Verschraubungen (Flareless Tube Fittings) .....	20-6
4.1	Allgemeines .....	19-17	3.1.1	Verarbeitungs- und Kontrollhinweise .....	20-7
4.2	Muttern nach DIN 267 .....	19-17	3.2	Bördelverbindungen (Flared Tube Fittings) .....	20-8
4.3	Muttern nach deutscher Luftfahrt norm (LN) .....	19-18	3.3	Quetschverbindungen in gummielastischen Schlauchverbindungen .....	20-9
4.4	Die wichtigsten Muttern im amerikanischen Flugzeugbau .....	19-18	3.4	Quetschdichtungen in anderen Hydroverbindungen .....	20-10
4.5	Annietmuttern nach LN .....	19-19	4	Klemmverbindungen im Niederdruckbereich .....	20-10
4.6	Amerikanische Annietmuttern nach National Aircraft Standard (NAS) .....	19-20	5	Klemmsicherungen .....	20-11
4.6.1	Identifizierung von Annietmuttern nach NAS .....	19-20			
4.6.2	Ausführungsarten der NAS-Annietmuttern .....	19-20			
4.7	Amerikanische Annietmuttern nach AN-Standard .....	19-21			
4.8	CAMLOC-Schnellverschlüsse .....	19-21	1	Was ist Korrosion? .....	21-3
4.9	Schnelllösbare Befestigungen mittels Schraube und Flügelmutter .....	19-22	1.1	Ursache der Korrosion .....	21-3
5	Schrauben- und Bolzen-Sicherungen .....	19-22	1.2	Voraussetzung für eine Korrosion .....	21-3
5.1	Arten von Sicherungen nach LN- bzw. DIN-Normungen .....	19-22	2	Begriffe für Korrosionserscheinungen (DIN 50 900 Teil 1+2) .....	21-5
5.1.1	Splintgesicherte Kronenmuttern nach LN 94 und LN 9345 .....	19-22	2.1	Ebenmäßige Korrosion .....	21-5
			2.2	Lochfraß .....	21-5
			2.3	Narbe, Korrosionsnarbe .....	21-6
			2.4	Interkristalline Korrosion .....	21-6

2.5	Transkristalline (interkristalline)		5.2.1	Ruhepotential .....	21-12
	Korrosion .....	21-6	5.2.2	Korrosionspotential .....	21-12
2.6	Selektive Korrosion .....	21-6	5.2.3	Veredlung oder Verunedlung des Potentials .....	21-12
2.7	Schichtkorrosion .....	21-6	5.3	Passivität .....	21-12
3	Sonstige allgemeine Begriffe .....	21-6	5.3.1	Passivierungs- und Aktivierungspotential .....	21-12
3.1	Deckschicht .....	21-6	5.4	Korrosionselement .....	21-12
3.1.1	Schutzschicht .....	21-6	5.4.1	Lokalement .....	21-12
3.2	Überzug .....	21-6	5.4.2	Anode bei Korrosionselementen .....	21-13
3.3	Anlaufen .....	21-6	5.4.3	Kathode bei Korrosionselementen .....	21-13
3.4	Beizen .....	21-7	5.5	Berührungs korrosion .....	21-13
3.5	Inhibitor, Hemmstoff .....	21-7	5.6	Spaltkorrosion .....	21-13
4	Besondere Begriffe .....	21-7	5.7	Schutzwirkung durch Elementbildung (Fernschutzwirkung) .....	21-13
4.1	Korrosion unter Wasserstoffentwicklung .....	21-7	5.8	Kathodischer Schutz .....	21-13
4.1.1	Beizsprödigkeit .....	21-7	5.9	Elektrische Ströme .....	21-13
4.1.2	Beizblasen .....	21-7	5.9.1	Streuströme .....	21-13
4.1.3	Sparbeizzusatz .....	21-7	5.9.2	Erdströme .....	21-13
4.1.4	Sparbeize .....	21-7	6	Besonders korrosionsgefährdete Stellen an Luftfahrzeugen .....	21-14
4.2	Korrosion unter Sauerstoffverbrauch .....	21-7	7	Korrosionsverhütung durch vorbeugende Maßnahmen .....	21-14
4.2.1	Unterschiedliche (differentielle) Belüftung .....	21-7	7.1	Allgemeines .....	21-14
4.2.1.1	Belüftungselement, Evanselement .....	21-7	7.2	Periodische Reinigung .....	21-14
4.2.2	Schwitzwasserkorrosion .....	21-7	7.3	Beachtung der örtlichen Gegebenheiten .....	21-14
4.2.3	Stillstandskorrosion .....	21-7	7.4	Arbeitsgänge bei der vorbeugenden Wartung .....	21-14
4.2.4	Fadenkorrosion (Filigran-, Filiform-Korrosion) .....	21-7	8	Reinigungsmittel .....	21-14
4.2.5	Rost .....	21-7	9	Korrosionsverhalten von Aluminium-Werkstoffen .....	21-14
4.2.5.1	Flugrost .....	21-8	9.1	Die natürliche Oxidschicht .....	21-16
4.2.5.2	Fremdrost .....	21-8	9.1.1	Entstehen der natürlichen Oxidschicht .....	21-16
4.2.6	Zinkrost (Weißer Rost) .....	21-8	9.2	Korrosionserscheinungen und Korrosionsarten .....	21-29
4.2.7	Grünspan .....	21-8	9.2.1	Abtragende Korrosion (Oberflächenkorrosion) .....	21-29
4.2.8	Patina .....	21-8	9.2.2	Lochfraß (Pitting) .....	21-30
4.2.9	Entzinkung .....	21-8	9.2.3	Fadenförmiger Korrosionsangriff (Filiform-Korrosion) .....	21-30
4.2.10	Spongiose (Graphitierung) .....	21-8	9.2.4	Interkristalline-, Transkristalline- und Selektive-Korrosion .....	21-31
4.3	Korrosion durch Gase bei hohen Temperaturen .....	21-8	9.2.5	Schichtkorrosion .....	21-32
4.3.1	Hitzebeständigkeit .....	21-8	9.2.6	Kontaktkorrosion .....	21-32
4.3.2	Zunder .....	21-8	9.2.6.1	Spaltkorrosion .....	21-34
4.3.2.1	Zunderausblühungen .....	21-8	9.2.6.2	Berührungs korrosion .....	21-34
4.3.2.2	Schwefelpocken .....	21-9	9.2.6.3	Taupunktkorrosion .....	21-35
4.3.3	Korrosion unter Wasserdampfzersetzung (Wasserdampfspaltung) .....	21-9	9.2.6.4	Schwitzwasserkorrosion .....	21-35
4.3.4	Wasserstoffkrankheiten des Kupfers .....	21-9	9.2.6.5	Stillstandskorrosion .....	21-35
4.4	Korrosion unter gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung .....	21-9	9.2.7	Korrosion bei gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung .....	21-35
4.4.1	Spannungsrisskorrosion, Spannungskorrosion (Pittings) .....	21-9	9.2.7.1	Spannungskorrosion (Spannungsrisskorrosion) .....	21-35
4.4.2	Interkristalliner Riß, Korngrenzenriß .....	21-10	9.2.7.2	Reibkorrosion .....	21-37
4.4.3	Transkristalliner Riß (Interkristalliner Riß) .....	21-11	9.2.7.3	Erosionskorrosion und Kavitationskorrosion .....	21-38
4.4.4	Reiboxidation .....	21-11	10	Korrosion von Titan und Titanlegierungen .....	21-38
4.4.4.1	Bluten .....	21-11	10.1	Passivierung .....	21-38
4.4.4.2	Passungsrost .....	21-11	10.2	Kontaktkorrosion .....	21-38
4.4.5	Korrosion bei Dauerschwingbeanspruchung .....	21-11	10.3	Spaltkorrosion .....	21-42
4.4.5.1	Korrosions-Dauerbruch .....	21-11	10.4	Spannungsrisskorrosion .....	21-42
4.4.5.2	Korrosions-Zeitschwingfestigkeit .....	21-11			
4.4.5.3	Korrosionsermüdung (Korrosions-Dauerschwingverhalten) .....	21-11			
5	Elektrochemische Korrosionsbegriffe .....	21-12			
5.1	Elektrochemische Korrosionstheorie .....	21-12			
5.2	Elektrodenpotential (oft auch kurz Potential genannt) .....	21-12			

11	Korrosionsverhalten nichtrostender Stähle .....	21-44	14.3.1.3	Eloxierung (Verstärkung der natürlichen Oxidhaut durch anodische Oxidation) .....	21-58
11.1	Interkristalline Korrosion .....	21-45	14.3.1.4	Sonstige Verfahren .....	21-63
11.2	Spannungsrißkorrosion .....	21-45	14.3.2	Chemische Überzüge auf Titan-Werkstoffen .....	21-63
11.3	Kontaktkorrosion .....	21-45	14.3.2.1	Anodische Oxidation .....	21-63
12	Korrosionsbeseitigung .....	21-45	14.3.2.2	Sonstige Verfahren .....	21-66
12.1	Allgemeine Hinweise .....	21-45	14.3.3	Chemische Überzüge auf Stähle .....	21-66
12.2	Mechanische (trockene) Korrosionsbeseitigung für Nichteisenmetalle .....	21-45	14.3.3.1	Phosphatisieren .....	21-66
12.2.1	Handhabung der mechanischen Korrosionsbeseitigung .....	21-45	14.3.3.2	Brünieren, Inoxidieren .....	21-67
12.3	Mechanische Korrosionsbeseitigung von Stahl .....	21-45	14.3.3.3	Therm-Oxidverfahren .....	21-67
12.3.1	Strahlen .....	21-46	15	Neue Oberflächenschutz-Verfahren .....	21-67
12.3.2	Schleifen .....	21-46	15.1	Durch Ionenbedampfung abgeschiedenes Aluminium .....	21-67
12.3.3	Bürsten mit der Stahldrahtbürste .....	21-46	15.1.1	Verfahren der Ionenbedampfung .....	21-68
12.4	Chemische (nasse) Korrosionsbeseitigung von Aluminium .....	21-46	15.1.2	Eigenschaften der Aluminiumschicht .....	21-68
12.5	Chemische Korrosionsbeseitigung von Stahl .....	21-46	16	Dichtmassen und Haftgrundmittel- Eigenschaften und Verwendbarkeit (Werkstoff-Nummer WL 5.5900 bis WL 5.5999) .....	21-68
12.6	Chemische Korrosionsentferner .....	21-46			
12.7	Chemisches Abbeizen von Anstrichstoffen .....	21-46			
12.7.1	Abbeizmittel .....	21-47			
12.8	Flußdiagramm der Vorgehensweise zur vollständigen Beseitigung .....	21-47			
13	Korrosionsschutz .....	21-47			
13.1	Korrosionsschutz des Aluminiums durch seine natürliche Oxidhaut .....	21-47	1	Wareneingang von Aluminium-Halbzeugen .....	22-3
13.2	Verstärkung der Oxidhaut durch chemische Reaktion .....	21-47	2	Abladen und innerbetrieblicher Transport .....	22-3
14	Korrosionsschutzverfahren .....	21-49	3	Lagerung und Kennzeichnung von Aluminium-Halbzeugen .....	22-4
14.1	Metallische Überzüge .....	21-49	3.1	Lagerräume .....	22-4
14.1.1	Metallische Überzüge auf Aluminium-Werkstoffen .....	21-49	3.2	Lagerführung .....	22-4
14.1.1.1	Walzplattieren .....	21-49	3.3	Kennzeichnung .....	22-5
14.1.1.2	Galvanisieren (Elektroplattierung) .....	21-50	3.4	Besondere Einrichtungen für das Lager .....	22-5
14.1.1.3	Metallspritzen .....	21-50	4	Werkstatteinrichtung für Aluminium-Halbzeuge .....	22-6
14.1.2	Metallische Überzüge auf Titan-Werkstoffen .....	21-50	4.1	Allgemeine Forderungen an die Werkstatt .....	22-6
14.1.3	Metallische Überzüge auf Stähle .....	21-50	5	Sicherheitsvorschriften beim Umgang mit Aluminium-Werkstoffen .....	22-7
14.1.3.1	Walzplattieren .....	21-50	6	Allgemeine Lagervorschriften für Flugzeugteile .....	22-7
14.1.3.2	Galvanisieren .....	21-50	6.1	Brennbares Material .....	22-7
14.2	Nichtmetallische Überzüge .....	21-51	6.2	Aggressives Material .....	22-7
14.2.1	Nichtmetallische Überzüge auf Aluminium-Werkstoffen .....	21-51	6.3	Explosivstoffe und radioaktives Material .....	22-7
14.2.1.1	Farbanstriche .....	21-51	6.4	Gasflaschen .....	22-7
14.2.1.2	Emaillieren .....	21-54	6.5	Sauerstoffanlagen und -teile .....	22-7
14.2.1.3	Kunststoffüberzüge .....	21-55	6.6	Flugzeugbatterien .....	22-8
14.2.1.4	Aluminium mit Gummibelag .....	21-55	6.7	System-, Kraftstoff- und Hydraulikteile .....	22-8
14.2.2	Nichtmetallische Überzüge auf Titan-Werkstoffen .....	21-55	6.8	Instrumente und Gyros .....	22-8
14.2.3	Nichtmetallische Überzüge auf Stähle .....	21-56	6.9	Elektrische Kabel .....	22-8
14.2.3.1	Farbanstriche .....	21-56	6.10	Zündkerzen .....	22-8
14.2.3.2	Emaillieren .....	21-56	6.11	Rollen- und Kugellager .....	22-8
14.2.3.3	Kunststoffüberzüge .....	21-56	6.12	Flugzeuganschnallgurte .....	22-8
14.3	Chemische Überzüge .....	21-56	6.13	Fenster .....	22-8
14.3.1	Chemische Überzüge auf Aluminium-Werkstoffen .....	21-56	6.14	Rohmaterial .....	22-8
14.3.1.1	Die chemische Oxidation von Aluminium (saure Verfahren) .....	21-56	6.15	Schwimmwesten und Schlauchboote .....	22-8
14.3.1.2	Alkalische Verfahren .....	21-58	6.16	Lagerung von O-Ringen, Dichtungen und anderen Gummierzeugnissen .....	22-8
			6.17	Lagerung von Triebwerken (Konservierung) .....	22-9

<b>Kapitel 23</b>				
<b>Betrieb und Behandlung von Luftfahrzeugen am Boden einschließlich Sicherheitsvorkehrungen</b>				
1	Vorschriftenwesen zur Unfallverhütung	23-3	2.6	Schwerpunktermittlung .....
2	Sicherheitsregeln für den Vorfeldbereich .....	23-3	2.7	Mittlere aerodynamische Flügeltiefe (Mean Aerodynamic Chord, MAC) ....
2.1	Allgemeines .....	23-3	3	Massebestimmungen .....
2.2	Fahrzeugverkehr im Sicherheitsbereich	23-4	3.1	Allgemeines .....
2.3	Aufstellung von Bodengeräten .....	23-4	3.2	Definitionen der Massehauptgruppen und der Massebegriffe nach DIN 9020
2.4	Sicherung abgestellter Luftfahrzeuge ..	23-5	4	Hilfsmittel für die Wägung und Schwerpunktermittlung .....
2.5	Einwinkzeichen .....	23-5	5	Wägung und Schwerpunktermittlung an Großverkehrsflugzeugen .....
3	Inbetriebnahme von Flugzeugsystemen	23-7	5.1	Die praktische Durchführung des Nivellierens (LEVELING PROCEDURE) .....
3.1	Allgemeines .....	23-7	5.2	Die Durchführung des Wägens (WEIGHING PROCEDURE) .....
3.2	Elektrisches Bordnetz .....	23-7	5.3	Wägung mittels bordeigener Einrichtung .....
3.3	Hydrauliksystem .....	23-7	5.4	Das bordeigene „Weight and Balance“-System (WBS) .....
3.4	Pneumatiksystem .....	23-7	5.5	Das Schwerpunkt-Regulier-System CGCC .....
3.5	Bordeigenes Hilfsaggregat (Auxiliary Power Unit) .....	23-7		
4	Triebwerksstandlauf .....	23-8		
5	Schleppen .....	23-9		
6	Rollen .....	23-10		
7	Kraftstoff-Betankung/Enttankung .....	23-11		
7.1	Ausnahme-Regelungen .....	23-12		
8	Verhütung von Unfällen durch Elektrizität .....	23-13		
8.1	Allgemeines .....	23-13		
8.2	Definition elektrischer Begriffe .....	23-13		
8.3	Erden von Flugzeugen .....	23-13		
8.4	Schutzschaltungen von Bodengeräten	23-14		
9	Feuerschutz .....	23-14		
9.1	Allgemeines .....	23-14		
9.2	Sicherheitsvorschriften .....	23-14		
9.3	Definition physikalischer und chemischer Begriffe .....	23-15		
9.4	Feuerschutzmaßnahmen bei der Flugzeugwartung .....	23-15		
9.5	Arbeiten an Kraftstoffbehältern .....	23-16		
9.6	Gefährdete Bereiche .....	23-16		
10	Verhalten bei Triebwerksfeuer .....	23-17		
10.1	Brand zwischen Triebwerksgehäuse und geschlossener Verkleidung (Engine Cowling) .....	23-17		
10.2	Brand am Triebwerk bei offener oder abgenommener Verkleidung .....	23-18		
10.3	Brand innerhalb des Triebwerks .....	23-18		
10.4	Flammen aus der Schubdüse beim Anlassen (Torching Start oder Hot Start) ..	23-19		
11	Verhalten bei Bremsüberhitzung und Fahrwerksfeuer .....	23-19		
12	Liste der Abkürzungen .....	23-20		

  

<b>Kapitel 25</b>				
<b>Beispiele von Programmen und Verfahren für die Nachprüfung von Flugzeugen, Standläufe, Prüfflüge und Schwerpunktsermittlung Betrachtungen zum Qualitätswesen des luftfahrttechnischen Betriebes</b>				
1	Programme und Verfahren als Vorgabe für Aktivitäten des luftfahrttechnischen Betriebes .....	25-3		
2	Zum Qualitätswesen des luftfahrttechnischen Betriebes .....	25-4		
3	Was ist ein „Prüfprogramm“? .....	25-5		
4	Was versteht man unter „Prüfverfahren“? .....	25-5		
5	Welche Prüfmittel sind erforderlich? ..	25-6		
6	Welche Unterlagen werden benötigt? ..	25-6		
6.1	Der Halter hat für die Nachprüfung seines Flugzeuges bereitzuhalten: .....	25-6		
6.2	Der Betrieb hat für die Nachprüfung eines Flugzeuges mindestens bereitzuhalten .....	25-6		
7	Die Bedeutung von Prüfaufzeichnungen .....	25-7		
8	Allgemeine Hinweise für die Erstellung von Prüfaufzeichnungen .....	25-7		
9	Beispiele von Verfahrensanweisungen luftfahrttechnischer Betriebe mit einem ausgefüllten Formblattsatz .....	25-8		
9.1	Verfahrensanweisungen .....	25-8		
9.2	Beispiel eines ausgefüllten Formblattsatzes Prüfaufzeichnungen	25-8		

## **Kapitel 24**

### **Wägung und Schwerpunktermittlung**

1	Allgemeines .....	24-3		
2	Definitionen .....	24-3		
2.1	Schwerpunkt CG (Center of Gravity) ..	24-3		
2.2	Bezugsebene BE .....	24-3		
2.3	Horizontale Bezugslinie BL .....	24-4		
2.4	Hebelarm l .....	24-4		
2.5	Moment M .....	24-4		

Die Inhalte dieses Werkes werden von Verlag, Herausgeber und Autoren nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und zusammengestellt. Eine rechtliche Gewähr für die Richtigkeit der einzelnen Angaben kann jedoch nicht übernommen werden.

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN: 978-3-88585-000-7

© by TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland®, Köln 1990

® TÜV, TUEV und TUV sind eingetragene Marken der TÜV Rheinland Group.

Eine Nutzung und Verwendung bedarf der vorherigen Zustimmung durch das Unternehmen.

Printed in Germany