

50X1

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

50X1

COUNTRY	East Germany	REPORT	
SUBJECT	Technical Manual on Metal Aircraft Construction Published in East Germany	DATE DISTR.	27 AUG 1958
		NO. PAGES	1
		REFERENCES	RD

50X1-HUM

DATE OF INFO.

PLACE & DATE ACQ.

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE. 50X1-HUM

copy of Merkbuch fuer den Metallflugzeugbauer, a technical manual prepared by VEB Industriewerk Dresden and published by Fachbuchverlag Leipzig in the spring of 1957. The manual includes the following topics: general regulations of workshops to prevent accidents; rights and duties of metal-aircraft builders; assignments within the plant; raw materials; heat treatment; corrosion prevention and surface protection; cutting light metal to size; sheet-metal working (Blechbearbeitung); riveting methods and riveting tools; welding; soldering; standardized production (typengebundene Fertigungsmittel) in aircraft construction; technical testing in aircraft construction; types of construction; brief discussion of aircraft theory; and test flying. This manual is unclassified when detached. (1 book in German)

Distribution of Attachment:

<input type="text"/>	50X1-HUM
ORR: Loan	
<input type="text"/>	50X1-HUM

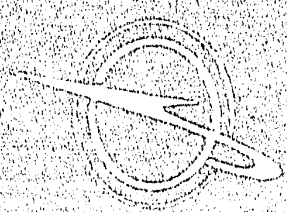
C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

STATE	<input checked="" type="checkbox"/> ARMY	<input checked="" type="checkbox"/> NAVY	<input checked="" type="checkbox"/> AIR	<input checked="" type="checkbox"/> FBI	AEC				ORR Ev <input checked="" type="checkbox"/>
-------	--	--	---	---	-----	--	--	--	--

(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".)

MERKBUCH

FÜR DEN METALLEUGZEUGBAUER



MERKBUCH
FÜR DEN METALLFLUGZEUGBAUER

Mit 212 Bildern



FACHBUCHVERLAG LEIPZIG 1957

Dieses Merkbuch wurde von einem Kollektiv des
VEB Industrierwerk Dresden verfaßt

Redaktionsschluß: 31. 3. 1957

Alle Rechte vorbehalten — Fachbuchverlag Leipzig
Satz und Druck: Mitteldeutsche Druckerei Freiheit, Halle Saale
Einband: Th. Knauer-Hübel & Denck, Leipzig
Veröffentlicht unter Lizenznummer 114 - 210,232/57
des Ministeriums für Kultur der Deutschen Demokratischen Republik.
Hauptverwaltung Verlagswesen

VORWORT

Die Luftfahrtindustrie der Deutschen Demokratischen Republik hat die Aufgabe, neue Baumuster moderner Passagier- und Transportflugzeuge zu entwickeln und herzustellen.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind nicht nur fortschrittliche Kader in Konstruktions- und Entwicklungsbüros, sondern auch in den Werkstätten Mitarbeiter mit hoher Arbeitsmoral und ausgezeichnetem beruflichem Können erforderlich.

Es gilt deshalb, zu dem bereits vorhandenen Stamm von Fachleuten weitere Kader heranzubilden, die den vielseitigen Anforderungen der Flugzeugindustrie in vollem Umfang entsprechen und die den besonderen Qualitätsansprüchen an die Erzeugnisse der Flugzeugfertigung verantwortungsbewußt Rechnung tragen.

Jeder angehende Flugzeugbauer muß deshalb mit den im Flugzeugbau zu verarbeitenden Werkstoffen und deren Eigenschaften sowie mit den verschiedenartigen Fertigungsverfahren vertraut sein. Die Arbeitsrichtlinien und Hinweise in diesem Buch sollen zur Aneignung und Vertiefung des im Metallflugzeugbau unbedingt erforderlichen Wissens dienen.

Von den Ergebnissen unserer Arbeit hängt es ab, ob wir unser Ziel „Anschluß an das Weltniveau im Flugzeugbau“ hinsichtlich Konstruktion und Flugsicherheit in kürzester Zeit erreichen.

Dresden, im Frühjahr 1957

Das Autorenkollektiv

INHALTSVERZEICHNIS

1 Allgemeine Betriebsregeln zur Unfallverhütung	9
1.1 Rauchverbot	9
1.2 Ordnung und Sauberkeit	9
1.3 Schutzvorrichtungen und Schutzmittel	9
1.4 Gefährliche Arbeiten	10
1.5 Verkehrswege	10
1.6 Transport schwerer Gegenstände	10
1.7 Aufzüge	10
1.8 Arbeitsschutzbestimmungen	10
2 Rechte und Pflichten des Metallflugzeugbauers	11
2.1 Arbeitsordnung	11
2.2 Entlohnung	12
2.3 Betriebskollektivvertrag	12
2.4 Arbeitsschutz	13
2.5 Technische Betriebsschule	13
2.6 Konfliktkommission	14
2.7 Allgemeine gesetzliche Bestimmungen	14
3 Innerbetrieblicher Auftragsatz	15
3.01 Arbeitsplanstammkarte	16
3.02 Auftragskarte	16
3.03 Begleitkarte	16
3.04 Terminkarte	20
3.05 Kostenrechnungskarte	20
3.06 Materialentnahmeschein für Einzelentnahme	20
3.07 Materialrückgabeschein für Grund- und Hilfsmittel	20
3.08 Leistungslohnschein	25
3.09 Zeitlohnschein	25
3.10 Mehrlohnschein	25
3.11 Lohnschein für Hilfslohn, Zuschläge und Zusatzlöhne	25
3.12 Ausschußmeldung	32
3.13 Nacharbeitsmeldung	32
4 Werkstoffe	32
4.1 Allgemeines über Werkstoffe	32
4.1.1 Einteilung	32
4.1.2 Eigenschaften metallischer Werkstoffe	33
4.1.21 Mechanische Eigenschaften	33
4.1.22 Physikalische Eigenschaften	36
4.1.23 Chemische Eigenschaften	36
4.1.3 Zusammenfassung	37
4.2 Werkstoffe für den Flugzeugbau	37
4.2.1 Schwermetalle	38
4.2.2 Stähle und Gußeisen	38

4.23 Leichtmetalle und Leichtmetall-Legierungen	39
4.231 Aluminium und dessen Legierungen	39
4.232 Magnesium und dessen Legierungen	43
5 Wärmebehandlung	44
5.1 Weichglühen	44
5.2 Aushärten	44
5.21 Lösungsglühen	45
5.22 Abschrecken	59
5.23 Auslagern	59
5.3 Anleitung für die Bearbeitung wärmebehandelter Teile	59
5.4 Arbeitsregeln	60
6 Korrosions- und Oberflächenschutz	61
6.1 Ursachen der Korrosion	61
6.2 Anwendung der Verfahren	63
6.3 Kurze Beschreibung der Arbeitsverfahren	63
6.3.1 Anstrichfarben	63
6.3.2 Lacke	63
6.3.3 Metallische Überzüge	63
6.3.4 Chemische Schutzschichten	64
6.3.5 Schutz von Magnesiumlegierungen	64
6.4 Vorbereitung für die Schutzbehandlung	65
6.5 Was muß der Metallflugzeugbauer hinsichtlich Korrosionsschutz bei seiner Arbeit besonders beachten?	66
7 Zuschneiden der Leichtmetalle	66
7.1 Material	67
7.2 Grundsätzliches zum Zuschneiden	67
7.3 Trennen	69
7.3.1 Zuschneiden, Abschneiden	69
7.3.2 Rollenschneiden	72
7.3.3 Knabbern	73
7.3.4 Lochschnitte	74
7.3.5 Gummischneiden	76
7.3.6 Rahmenschneiden	77
7.3.7 Sägen	78
7.3.8 Nachformfräsen	78
7.4 Vorbereitung für die Weiterbearbeitung	79
7.4.1 Abbohren von Kanten	79
7.4.2 Anforderungen an den Zustand der Zuschnitte	79
8 Blechbearbeitung	80
8.01 Abkanten	80
8.02 Biegen von Blechen (Biegestanzen)	85
8.03 Runden von Blechen und Profilen	90
8.04 Bördeln	92
8.05 Schweißen	94
8.06 Stauchen oder Einziehen	97
8.07 Treiben	101
8.08 Glätten	102
8.09 Metalldrücken	103
8.10 Sicken	108
8.11 Absetzen, Durchsetzen, Falzen, Versteifen	110

8.111 Absetzen, Durchsetzen	110
8.112 Falzen	111
8.113 Versteifen	112
8.12 Formstanzen	113
8.13 Prägen	115
8.14 Gummi-Preßverfahren	116
8.15 Tiefziehen	121
8.16 Streckziehen	122
8.161 Streckziehen mit Gegenwirkung	123
8.17 Ziehbiege-Verfahren	124
9 Nietverfahren und Nietwerkzeuge	124
9.1 Nietkopfformen	125
9.2 Schließkopfformen	128
9.3 Arbeitsgänge beim Nieten	128
9.31 Bohren und Senken	128
9.32 Handnietung	129
9.33 Drucklufthammer-Nietung	131
9.34 Nietung mit stationären Pressen	131
9.35 Richtlinien für die Benutzung von Druckluftwerkzeugen	135
9.36 Vorhaltwerkzeuge	136
9.4 Fehlerhafte Nietung	136
9.5 Faustformel für die Schlagdauer	140
9.6 Ausbohren fehlerhafter Niete	140
9.7 Nietunterweisung	142
10 Schweißen	142
10.1 Begriff	142
10.2 Schweißverfahren	142
10.3 Die z. Z. im Flugzeugbau angewendeten Schweißverfahren	143
10.31 Gasschmelzschweißverfahren	143
10.311 Azetylen	143
10.312 Sauerstoff	146
10.313 Schweißflamme	149
10.314 Schweißarten	151
10.32 Elektrisches Lichtbogenschweißen	152
10.321 Der elektrische Lichtbogen	153
10.33 Arcatom-Schweißen	154
10.34 Weibel-Schweißverfahren	155
10.35 Argon-Arc-Schweißen	156
10.36 Preßschweißverfahren	157
10.361 Die elektrische Widerstandsschweißung	157
10.362 Punktschweißung von Aluminium und dessen Legierungen	157
10.363 Rollennahtschweißung	160
10.4 Etwas über schweißbare Stähle	162
10.41 Einteilung des Stahles	162
10.411 Herstellungsverfahren	162
10.412 Zusammensetzung	162
10.413 Verwendungszweck	162
10.414 Gefügeausbildung	163
10.42 Einfluß der Legierungselemente	163
10.42.01 Schwefel	163
10.42.02 Phosphor	164

10.42.03 Sauerstoff	164
10.42.04 Stickstoff	164
10.42.05 Wasserstoff	164
10.42.06 Arsen	164
10.42.07 Kohlenstoff	164
10.42.08 Silizium	165
10.42.09 Mangan	165
10.42.10 Aluminium	165
10.42.11 Kupfer	165
10.42.12 Chrom	165
10.42.13 Nickel	166
10.42.14 Molybdän	166
10.42.15 Wolfram	166
10.42.16 Vanadin	166
10.42.17 Titan	166
10.5 Vorbereiten der Schweißnähte	167
10.51 Schweißnahtformen	167
10.511 Bördelstoß	167
10.512 Stumpfstoß	167
10.513 V-Stoß	168
10.514 X-Stoß	168
10.515 Kehlnaht	168
10.516 Schweißnahtfolge und Schweißrichtung	169
10.6 Schweißen von Aluminium und dessen Legierungen	170
10.61 Flußmittel	171
10.62 Schweißdraht	171
10.63 Vorbereitung der Schweißkanten	171
11 Löten	173
11.1 Hartlöten von Schwermetallen	173
11.2 Hartlöten von Aluminium und dessen Legierungen	173
11.3 Weichlöten	174
12 Typengebundene Fertigungsmittel im Flugzeugbau	175
12.1 Allgemeines über Fertigungsmittel	175
12.2 Zusammenhang zwischen Bauteil und Fertigungsmittel	175
12.21 Benennung und Benummerung	175
12.3 Planung der Fertigungsmittel	175
12.4 Fertigungsmittelarten und deren Besonderheiten	176
12.41 Gruppe Lehren	176
12.411 Vorrichtungsform-Urlehren und Vorrichtungsform-Lehren	176
12.412 Vorrichtungs-Anschlußlehren	176
12.42 Gruppe Schablonen	177
12.43 Gruppe Verformungsmittel	177
12.44 Gruppe Zerspanungsmittel	180
12.45 Gruppe Bauvorrichtungen	181
12.46 Gruppe Preßwerkzeuge und Modelle	184
12.47 Gruppe Bauhilfsmittel	184
12.5 Herstellung und Prüfung der Fertigungsmittel	184
12.6 Austauschbau	185
12.7 Behandlung der Fertigungsmittel	185
12.71 Benutzung von Meßmitteln	186

13 Technische Prüfung im Flugzeugbau	187
14 Bauweisen im Flugzeugbau	188
14.1 Holzbauweise	188
14.2 Gemischtbauweise	188
14.3 Metallbauweise	188
15 Kurze Flugzeugkunde <i>Aircraft Theory</i>	189
15.1 Aufbau des Flugzeuges	189
15.11 Flugzeugzelle	189
15.12 Bezeichnungen am Flugzeug	189
15.2 Einiges aus der Strömungslehre (Niedrige Flug- geschwindigkeiten)	192
15.21 Auftrieb	192
15.211 Mittel zur Auftriebsverbesserung	195
15.22 Widerstand	196
15.221 Mittel zur Verringerung des Widerstandes	197
15.222 Polardiagramm	198
15.223 Gleitwinkel	201
15.3 Flugfähigkeit	201
15.31 Längsstabilität	201
15.32 Querstabilität	202
15.33 Kursstabilität	203
15.34 Flugzeugtyp und Stabilität	203
15.4 Steuerung des Flugzeuges	204
15.41 Höhenruder	204
15.42 Seitenruder	205
15.43 Querruder	205
15.5 Strömungsverhältnisse bei Hochgeschwindigkeiten	205
15.51 Unter- und Überschallströmung	206
15.52 Windkanäle	209
16 Flugerprobung	213
17 Schlußbemerkung	214
18 Verzeichnis der Bilder	215
19 Verzeichnis der Tabellen	220
Bildquellennachweis	220

1 Allgemeine Betriebsregeln zur Unfallverhütung

1.1 Rauchverbot

In den Betrieben der Flugzeugindustrie wird eine Menge von Stoffen verwendet, die äußerst brand- und explosionsgefährlich sind. *Daraus folgt, daß das für diese Räume und für die Durchführung entsprechender Arbeiten erlassene Rauchverbot strengstens eingehalten wird.* Das Rauchen ist — außer in Kantinen, Aufenthaltsräumen, Büros und Verwaltungsräumen — nur noch in jenen Produktionsräumen gestattet, in denen dadurch keine Brand- oder Explosionsgefahr herbeigeführt werden kann. Jeder muß sich darüber klar sein, daß es zur Schädigung der eigenen Gesundheit und der Gesundheit anderer sowie zur Gefährdung des Volkseigentums führt, wenn dieses Verbot nicht befolgt wird.

1.2 Ordnung und Sauberkeit

In den Betrieben der Flugzeugindustrie haben Ordnung und Sauberkeit zu herrschen. Das verhindert Unfälle und Berufskrankheiten und hilft, unseren Plan zu erfüllen. *Maschinen und Werkzeuge müssen stets in Ordnung sein. Sie sind deshalb zu pflegen und ständig auf ihre Brauchbarkeit zu überprüfen.* Hier auftretende Unordnung ist oft die Ursache von Unfällen.

1.3 Schutzvorrichtungen und Schutzmittel

Arbeitsschutzkleidung, Brillen, Masken usw. sind zweckentsprechend zu verwenden. Sie sind in gebrauchsfähigem Zustand zu halten, und für ihre rechtzeitige Reinigung ist zu sorgen.

Die an den Maschinen angebrachten Schutzvorrichtungen dürfen keinesfalls entfernt werden. Wo Schutzvorrichtungen an gefährdeten Stellen im Betrieb oder an den Maschinen fehlen, ist dafür zu sorgen, daß solche angebracht werden. Die Benutzung der vom Betrieb kostenlos zur Verfügung gestellten Arbeitsschutzmittel ist Pflicht eines jeden Werkstätigen.

Bei Arbeiten an Maschinen mit umlaufenden Teilen, wie z. B. an Dreh-, Bohr-, Fräsmaschinen usw., sind ordnungsgemäße Kopfschutzhauben oder -tücher zu tragen.

Dies gilt besonders für den weiblichen Teil der Belegschaft. Fingerringe, Armbänder und Armbanduhren, Schleifen, Bänder und Halstuchzipfel dürfen nicht getragen werden.

Beim Schleifen an Schleif- oder Schmirgelscheiben ist stets eine Schutzbrille zu tragen.

Schweißarbeiten dürfen nur von geprüften Schweißern unter Verwendung der vorschriftsmäßigen Schutzeinrichtungen ausgeführt werden.

1.4 Gefährliche Arbeiten

Darunter fallen u. a. Arbeiten in großen Höhen, Eisenhochbauten und Arbeiten auf Dächern. *Damit dürfen nur geeignete Personen beauftragt werden.* Vorhandene Leiden wie Schwindelanfälligkeit, Schwerhörigkeit und Kurzsichtigkeit können zu Unfällen führen.

Jegliche Reparaturen an elektrischen Geräten und Leitungen dürfen nur von den zuständigen geprüften Elektrikern ausgeführt werden.

1.5 Verkehrswege

Aus Sicherheitsgründen *sind die Verkehrswege in den Betriebsabteilungen immer frei zu halten* und dürfen eine Mindestbreite von 1,2 m nicht unterschreiten. Angebrachte Warn- und Absperrhinweise sind zu befolgen.

Beim Transport langer, sperriger Lasten ist zu beachten, daß die Lasten nicht in Augenhöhe gehalten werden, um Unfälle zu vermeiden.

1.6 Transport schwerer Gegenstände

Maschinentransporte sowie Transporte schwerer Teile sind mit Überlegung und größter Vorsicht auszuführen. Gegebenenfalls ist vorher die Sicherheitsinspektion zu verständigen. *Aufenthalt unter schwebender Last ist verboten.*

1.7 Aufzüge

Aufzüge dürfen nur von den dafür vorgesehenen Kollegen — die von der Arbeitsschutzinspektion geprüft wurden — bedient werden. Nichtbefolgung dieser Anordnung kann zu schweren Störungen im Betrieb führen.

1.8 Arbeitsschutzbestimmungen

Es ist die Pflicht jeder Kollegin und jedes Kollegen, die beim Abteilungsmeister aushängenden Arbeitsschutzanordnungen einzusehen und danach zu handeln.

2 Rechte und Pflichten des Metallflugzeugbauers

Der Abschluß des Arbeitsrechtsverhältnisses mit einem Betrieb der Flugzeugindustrie gibt dem Werk tätigen Rechte und verlangt von ihm gleichzeitig die Erfüllung von Pflichten. Diese Rechte und Pflichten ergeben sich aus dem Arbeitsrecht unseres Arbeiter-und-Bauern-Staates. Die arbeitsrechtlichen Verhältnisse der Werk tätigen in unseren Betrieben der Flugzeugindustrie sind daher andere als in kapitalistischen Flugzeugbaubetrieben. Das Arbeitsrecht der Deutschen Demokratischen Republik und die sich daraus ergebenden Arbeitsrechtverhältnisse entsprechen den Interessen der Werk tätigen. Aus diesem Grunde muß auch der Metallflugzeugbauer aktiv an allen Fragen des Arbeitsrechts Anteil nehmen, um so selbst unmittelbar an der Verbesserung der Lebenslage der gesamten Bevölkerung im allgemeinen und an der Entwicklung unserer Flugzeugindustrie im besonderen mitzuwirken. Es ist uner läßlich, daß sich alle Werk tätigen mit den wichtigsten, für die Arbeitsrechtsverhältnisse der Metallflugzeugbauer geltenden Bestimmungen vertraut machen.

2.1 Arbeitsordnung

Für alle Betriebe der Verwaltung für Luftfahrtindustrie ist am 1. März 1956 eine verbindliche Arbeitsordnung erlassen worden. Diese Arbeitsordnung enthält Bestimmungen über den Beginn, die evtl. Änderung und die Beendigung des Arbeitsrechtsverhältnisses. Sie gibt Aufschluß über die Stellung und die Pflichten der anweisungsberechtigten Funktionäre, insbesondere des Brigadiers, sowie über die Pflichten der Werk tätigen zur Steigerung der Arbeitsproduktivität. Weiter enthält sie Bestimmungen über die Arbeitszeit- und die Urlaubsregelung.

Wesentlich sind weiterhin die Vorschriften zur Sicherung des Betriebs und die Verhaltensvorschriften für die Werk tätigen. Von großer Bedeutung sind außerdem die in der Arbeitsordnung enthaltenen Bestimmungen über Auszeichnungen für vorbildliche Einhaltung der Arbeitsdisziplin sowie über die disziplinarische Verantwortlichkeit.

Jeder Werk tätige muß die Arbeitsordnung kennen, da ihre Einhaltung von wesentlicher Bedeutung für die Entwicklung unseres jungen Industriezweiges und für die Herstellung unserer Erzeugnisse ist. In jedem Meisterbereich ist eine Arbeitsordnung vorhanden.

2.2 Entlohnung

In den Lohn- und Gehaltsregelungen für die Arbeiter und Angestellten unseres Industriezweiges ist die Entlohnung festgelegt. Diese Regelung ist vom Zentralvorstand der IG Metall, dem Bundesvorstand des FDGB und dem Ministerium für Arbeit und Berufsausbildung genehmigt. In ihr sind die Qualifikationsmerkmale zur Eingruppierung der Produktionsarbeiter, Meister, des ingenieurtechnischen Personals, der technischen Angestellten, der kaufmännischen und Verwaltungsangestellten sowie der Lehr- ausbilder festgelegt. Außerdem ist darin die Entlohnung der Brigadiere, der nicht in der Produktion Beschäftigten, der LKW-Fahrer und -Beifahrer und der technischen und kaufmännischen Lehrlinge enthalten.

Weiter wird in der Lohn- und Gehaltsregelung festgelegt, daß auch für die Betriebe unseres Industriezweigs die Anordnung über die Einführung einer zusätzlichen Rentenversorgung für Arbeiter und Angestellte in den wichtigsten volkseigenen Betrieben und die Regelung über den Zusatzurlaub in bestimmten Produktionszweigen Gültigkeit hat. Diese Lohn- und Gehaltsregelungen können von den Werkträgigen in der Abteilung Arbeit und bei der Betriebsgewerkschaftsleitung eingesehen werden.

2.3 Betriebskollektivvertrag

Im Betriebskollektivvertrag kommt zum Ausdruck, daß zwischen der Leitung und den Werkträgigen des Betriebs keine gegensätzlichen Klasseninteressen bestehen, sondern daß beide das gemeinsame Ziel der ständigen Vervollkommnung der Produktion auf der Grundlage der höchstentwickelten Technik im Interesse der Sicherung der maximalen Befriedigung der ständig wachsenden materiellen und kulturellen Bedürfnisse der Bevölkerung haben. Mit seiner Annahme durch die Belegschaft ist der BKV zu einem Gesetz des Betriebs geworden. Jeder Werkträgige muß daher konsequent für die Erfüllung aller Verpflichtungen des BKV kämpfen.

Die wichtigsten Verpflichtungen sind:

- Aktive Teilnahme an der Arbeiterkontrolle
- Kampf gegen Bummelantentum
- Organisierung des innerbetrieblichen Wettbewerbs
- Verbesserung des Arbeitsablaufs

- Senkung von Ausschuß und Nacharbeit sowie der Selbstkosten
- Einsparung von Material und Hilfsstoffen
- Verbesserung der Qualität
- Steigerung der Arbeitsproduktivität.

Darüber hinaus enthält der BKV Einzelverpflichtungen des Werkdirektors und der Belegschaft, z. B. über Entlohnung, Arbeitsnormung und Arbeitsdisziplin, Erhöhung der fachlichen Qualifikation, Arbeitsschutz, Sozialversicherung, Arbeiterversorgung, kulturelle Massenarbeit sowie über die Förderung von Frauen und Jugendlichen.

Mit Hilfe des BKV kämpfen alle Angehörigen des Betriebes um die Erfüllung der Planaufgaben. Jeder Werkträgige muß daher aktiv an der Gestaltung, der Erfüllung und Kontrolle des BKV mitarbeiten.

Jedes Belegschaftsmitglied soll 1 Exemplar des Betriebskollektivvertrags erhalten.

2.4 Arbeitsschutz

Die Bekämpfung der Unfallgefahren ist die Grundbedingung für die Erhaltung von Leben und Gesundheit aller Kollegen. Die gesetzlichen Arbeitsschutzanordnungen (ASAO) und die im BKV enthaltenen Verpflichtungen zur Verbesserung des Arbeitsschutzes sollen die Sicherheit im Produktionsprozeß gewährleisten sowie Unfälle und gesundheitliche Schädigungen verhüten.

Der Arbeitsschutz wird aber erst dann voll wirksam, wenn alle Werkträgigen an der Einhaltung und Verwirklichung der Arbeitsschutzanordnungen mitarbeiten.

2.5 Technische Betriebschule

Von der Technischen Betriebschule werden ständig Qualifizierungslehrgänge durchgeführt. Durch diese Maßnahmen soll es den Werkträgigen ermöglicht werden, ihre Qualifikation entsprechend den für die einzelnen Lohngruppen festgelegten Merkmalen zu verbessern. Diese Lehrgänge sind für alle in der Flugzeugindustrie Beschäftigten wichtig, weil der qualifizierte Mitarbeiterkreis für die Flugzeugproduktion ständig erweitert werden muß. Jeder Werkträgige muß aber auch selbst an seiner eigenen Qualifizierung interessiert sein, da sie ihm entsprechende Vorteile bringt.

Auskünfte über die in der Technischen Betriebsschule laufenden Lehrgänge geben die Gewerkschaftsfunktionäre und die Technische Betriebsschule.

2.6 Konfliktkommission

Die Konfliktkommissionen haben die Aufgabe, Arbeits-Streitfälle, die im Betrieb auftreten, auf der Grundlage der gesetzlichen und kollektivvertraglichen Bestimmungen zu schlichten bzw. zu entscheiden. Einer Konfliktkommission gehören 2 Vertreter der BGL und 2 Vertreter der Werkleitung an. Alle Werkstätigen sollten sich dann bei Meinungsverschiedenheiten aus dem Arbeitsrechtsverhältnis an ihre Konfliktkommission wenden, wenn eine andere Klärung nicht möglich war.

2.7 Allgemeine gesetzliche Bestimmungen

Die wichtigsten gesetzlichen Bestimmungen sind — ausgehend von der Verfassung der Deutschen Demokratischen Republik — enthalten in:

- a) Gesetz der Arbeit zur Förderung und Pflege der Arbeitskräfte, zur Steigerung der Arbeitsproduktivität und weiteren Verbesserung der materiellen und kulturellen Lage der Arbeiter und Angestellten vom 19. April 1950 (GBL 1950, S. 349)
- b) Gesetz über Mutter- und Kinderschutz und die Rechte der Frau vom 27. September 1950 (GBL 1950, S. 1037)
- c) Verordnung über die weitere Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der Arbeiter und der Rechte der Gewerkschaften vom 10. Dezember 1953 (GBL 1953, S. 1219)
- d) Verordnung über das Kündigungsrecht vom 7. Juni 1951 (GBL 1951, S. 550)
- e) Verordnung zum Schutze der Arbeitskraft vom 25. Oktober 1951 (in der Fassung vom 17. August 1954 — GBL 1954, S. 754)
- f) Verordnung über die Wahrung der Rechte der Werkstätigen und über die Regelung der Entlohnung der Arbeiter und Angestellten vom 20. Mai 1952 (GBL 1952, S. 377)
- g) Verordnung über den Erholungsurlaub vom 7. Juni 1951 (GBL 1951, S. 547)
- h) Verordnung über die Erhaltung und Entwicklung der deutschen Wissenschaft und Kultur, die weitere Verbesserung der Lage der Intelligenz und die Steigerung ihrer Rolle in der

Produktion und im öffentlichen Leben vom 31. März 1949 (ZVOBL. I, 1949, S. 227)

- i) Verordnung über die Rechte und Pflichten der Meister in den volkseigenen und ihnen gleichgestellten Betrieben und über die Erhöhung ihrer Gehälter vom 28. Juni 1952 (GBL 1952, S. 504)
- k) Verordnung über die Sozialversicherung vom 26. April 1951 (GBL 1951, S. 325) mit Erweiterung vom 7. Januar 1954 (GBL 1954, S. 30)
- l) Verordnung über die Bildung von Kommissionen zur Beseitigung von Arbeitsstreitfällen (Konfliktkommission) in den volkseigenen Betrieben vom 30. April 1953 (GBL 1953, S. 695)
- m) Patentgesetz vom 6. 9. 1950 (GBL 1950, S. 989)
I. DB (zum Patentgesetz) vom 20. 3. 1952 (GBL 1952, Nr. 44, S. 281)
Verordnung über das Erfindungs- und Vorschlagswesen in der volkseigenen Wirtschaft vom 6. 2. 1953 (GBL 1953, Nr. 21, S. 293)
Verordnung über das Erfindungs- und Vorschlagswesen in der volkseigenen Wirtschaft — Ingenieurkonten — vom 28. 8. 1954 (GBL 1954, Nr. 75, S. 738)

Alle diese gesetzlichen Bestimmungen können in der Abteilung Arbeit, der BGL und der Rechtsabteilung eingesehen werden. Diese Hinweise über das Arbeitsrechtsverhältnis des Metallflugzeugbauers sind keineswegs vollständig. Sie sollen den Werkstätigen nur auf die wichtigsten Bestimmungen und auf die für ihn geschaffenen Einrichtungen hinweisen. *Jeder verantwortliche Funktionär des Betriebs ist verpflichtet, den Werkstätigen bei der Beseitigung von Schwierigkeiten, die sich aus dem Arbeitsverhältnis ergeben, behilflich zu sein.*

3 Innerbetrieblicher Auftragsatz

Die Aufgabe eines jeden Betriebs ist die Produktion von Erzeugnissen. Dazu werden Arbeitskräfte, Produktions- und Arbeitsmittel benötigt.

Zum richtigen und wirtschaftlichen Einsatz der Produktivkräfte und Arbeitsmittel werden Auftragsbelege verwendet. Die einzelnen Auftragsbelege, die in ihrer Gesamtheit den Auftragsatz darstellen, dienen zur Auslösung, zur Lenkung, zur

Abrechnung und zur Kontrolle des Auftrags. Außerdem zeigen sie dem Produktionsarbeiter die Fertigungsart des zu produzierenden Teiles. Sie geben an, in welcher Reihenfolge die Arbeitsgänge durchgeführt, welche Produktions- und Arbeitsmittel verwendet und wann die Arbeitsgänge abgeschlossen werden müssen.

Der Auftragsatz dient einer guten Organisation der Produktion. Die einzelnen Auftragsbelege des Auftragsatzes und ihr Zweck sind folgende:

3.01 Arbeitsplanstammkarte

(Bild 1)

In der Arbeitsplanstammkarte werden vom Technologen für die Herstellung (Fertigung) eines Teiles, einer Gruppe oder eines Erzeugnisses alle notwendigen technologischen und plantechnischen Angaben sowie Werte festgelegt. In ihr sind die einzelnen Arbeitsgänge (Operationen) für die Fertigung in bestimmter Reihenfolge enthalten. Die Arbeitsplanstammkarte sagt aus,

- in welchen Lohngruppen (Mensch)
- mit welchen Arbeitsmitteln (Maschinen)
- mit welchen Arbeitsgegenständen (Material)

gefertigt wird, in welchen Betriebsabteilungen die Produktion erfolgt und welche Zeit und Kosten dafür geplant sind. Die Arbeitsplanstammkarte bildet die Grundlage für die Ausschreibung der Organisationsmittel des innerbetrieblichen Auftragswesens.

3.02 Auftragskarte

(Bild 2)

Mittels der Auftragskarte wird von der Abteilung Produktionslenkung der Abteilung, dem Abschnitt und der Brigade der Fertigungsauftrag erteilt. Sie dient dem Abteilungsleiter des jeweiligen Produktionsbetriebs als Dispositionsunterlage für die in seiner Abteilung befindlichen Arbeiten und deren Termine, die planmäßig einzuhalten sind.

3.03 Begleitkarte

(Bild 3)

Die Begleitkarte begleitet das Werkstück eines Auftrags vom Materiallager über die Fertigungsstellen zur Technischen Kon-

Blatt												Blanzahl																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <tr> <td colspan="12">aufgestellt von/aus</td> <td colspan="12">Betrieb</td> <td colspan="12">Betriebs-Nr.</td> <td colspan="12">Arbeitsplanstammkarte</td> </tr> <tr> <td colspan="12">ausgegeben von/zu</td> <td colspan="12">Gesamtwert für</td> <td colspan="12">Lfd. Nr. d. S.-L.</td> <td colspan="12">Zeilennr./Spalten-Nr.</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Stück- / Erzeugnis</td> <td colspan="12">Stk.</td> <td colspan="12">Erstellt / freigegeben durch</td> <td colspan="12">Vertrich</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Laggröße</td> <td colspan="12">Benennung</td> <td colspan="12">ähnlich wie Zeichnung / Zeich.-Nr.</td> <td colspan="12">Abmessung</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Art. der Arbeit</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Kostenstelle</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> </tr> <tr> <td colspan="12">Kostenstelle</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> <td colspan="12">Arb. G. Nr.</td> <td colspan="12">Arb. der Arbeit</td> </tr> </table>																																																aufgestellt von/aus												Betrieb												Betriebs-Nr.												Arbeitsplanstammkarte												ausgegeben von/zu												Gesamtwert für												Lfd. Nr. d. S.-L.												Zeilennr./Spalten-Nr.												Stück- / Erzeugnis												Stk.												Erstellt / freigegeben durch												Vertrich												Laggröße												Benennung												ähnlich wie Zeichnung / Zeich.-Nr.												Abmessung												Arb. G. Nr.												Art. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Kostenstelle												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Kostenstelle												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit											
aufgestellt von/aus												Betrieb												Betriebs-Nr.												Arbeitsplanstammkarte																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
ausgegeben von/zu												Gesamtwert für												Lfd. Nr. d. S.-L.												Zeilennr./Spalten-Nr.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Stück- / Erzeugnis												Stk.												Erstellt / freigegeben durch												Vertrich																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Laggröße												Benennung												ähnlich wie Zeichnung / Zeich.-Nr.												Abmessung																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Arb. G. Nr.												Art. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Kostenstelle												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Kostenstelle												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit												Arb. G. Nr.												Arb. der Arbeit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<p>Letztes: Verbleib in der technologischen Abteilung</p> <p>Beig.-Nr. 892/3322</p> <p>Vordruck-Liefertrag EDB Freiberg</p> <p>AS 129/59/DDR</p> <p>Achtung! Bei Änderungen auch Durchschrift der Arbeitsplanstammkarte ändern!</p> <p>31 050 785 III/1/6 1388</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Bild: 1: Arbeitsplanstammkarte, Format: DIN A 4, geteilt

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
aufgestellt von/am																																										
Ausgangs- vor/am															Blatt																											
Ausgangs- nach/am															Blatt																											
Stück je Ereignis															Blatt																											
Loggröße															Blatt																											
Benennung															Blatt																											
Abt. G. Nr.															Blatt																											
Kontostelle															Blatt																											
Kontostelle															Blatt																											

Auftragskarte

Geometrie für: $\frac{1}{2}$ St. Endtermin Auftrags-Nr.

Stück je Ereignis: $\frac{1}{2}$ Ereignis Nr./ersetzt durch Zähl-/Stück-Nr.

Loggröße: $\frac{1}{2}$ Abteil. wie Zähl-/Stück-Nr. Verstärk. Abteil. Menge

Benennung: $\frac{1}{2}$ Abmessung ME Min.-Ver.-Punkt

Abt. G. Nr.: $\frac{1}{2}$ Art der Arbeit VWL Abmessung/Modul-Gr.

Kontostelle: $\frac{1}{2}$ L. Gr. T/W A S

Kontostelle: $\frac{1}{2}$ L. Gr. T/W A S

Lehrweg: Auftragsbearbeitung - Produktionslenkung - Arbeitsverteilung - Objektkontrolle - Loge für selbständige Teile / Freilager - Produktionslenkung - Kostenrechnung

Reg.-Nr. 8923341 Vordruck-Liefertrag EDB Freiberg AE 139/55/DDR

11.100.855 III/1981 1870

I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31

Bild 2: Auftragskarte, Format: DIN A 4, geteilt

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
aufgestellt von/am																																										
Ausgangs- vor/am															Blatt																											
Ausgangs- nach/am															Blatt																											
Stück je Ereignis															Blatt																											
Loggröße															Blatt																											
Benennung															Blatt																											
Abt. G. Nr.															Blatt																											
Kontostelle															Blatt																											
Kontostelle															Blatt																											

Begleitkarte

Geometrie für: $\frac{1}{2}$ St. Endtermin Auftrags-Nr.

Stück je Ereignis: $\frac{1}{2}$ Ereignis Nr./ersetzt durch Zähl-/Stück-Nr.

Loggröße: $\frac{1}{2}$ Abteil. wie Zähl-/Stück-Nr. Verstärk. Abteil. Menge

Benennung: $\frac{1}{2}$ Abmessung ME Min.-Ver.-Punkt

Abt. G. Nr.: $\frac{1}{2}$ Art der Arbeit VWL Abmessung/Modul-Gr.

Kontostelle: $\frac{1}{2}$ L. Gr. T/W A S

Kontostelle: $\frac{1}{2}$ L. Gr. T/W A S

Lehrweg: Auftragsbearbeitung - Produktionslenkung - Materiallager - Arbeiter - Objektkontrolle

Reg.-Nr. 8923381 Vordruck-Liefertrag EDB Freiberg AE 139/55/DDR

37.000.855 III/1981 1391

I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31

Bild 3: Begleitkarte, Format DIN A 4, Farbe: braunrot, geteilt

trolle. Sie steuert also den Fertigungsablauf. Sie gibt Aufschluß darüber, wer fertigt, womit, woraus, wo und wann gefertigt wird. Die Begleitkarte erhält während ihres Laufes Eintragungen auf der Rückseite über die Durchführung der einzelnen Arbeiten, so daß sie gleichsam als eine Art Lebenslauf des Werkstücks in der Fertigung alle gewünschten Auskünfte gibt.

3.04 Terminkarte

(Bild 4)

Die Terminkarte ist das Organisationsmittel des Produktionslenkers. Sie dient der Kontrolle des Arbeitsfortschritts und der Terminüberwachung. Ihre Führung ermöglicht es, rechtzeitig terminliche Engpässe in der Produktion zu erkennen und diese zu beseitigen. Letzteres ist unbedingt notwendig, wenn der Betrieb seine Produktionsaufgabe zum geplanten Termin erfüllen will.

3.05 Kostenrechnungskarte

(Bild 5)

Die Kostenrechnungskarte dient zur Ermittlung der angefallenen Komplexkostenarten und Planabweichungen je Auftrag.

3.06 Materialentnahmeschein für Einzelentnahme

(Bild 6)

Der Materialentnahmeschein ist die Anweisung, auf welche die jeweiligen Lager Material oder Teile ausgeben.

Er dient im Rahmen der Kostenrechnung als Nachweis für verbrauchtes Material.

3.07 Materialrückgabeschein für Grund- und Hilfsmittel

(Bild 7)

Der Rückgabeschein dient der Rückgabe von Material an das Lager.

3.08 Leistungslohnschein

(Bild 8)

Der Leistungslohnschein ist der Arbeitsauftrag für den Arbeiter. Er dient der Kostenabrechnung für die geleistete Arbeit. Auf dem Leistungslohnschein werden einerseits Art und Maß und

I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		Blatt Bilanzjahr	
aufgestellt von/w																																																																																							
ausgegeben von/w																																																																																							
Stückje-Erzeugnis																																																																																							
Lagergröße																																																																																							
Bestimmung																																																																																							
Abb. O. Nr.																																																																																							
Kostenstelle																																																																																							
Abb. G. Nr.																																																																																							
Kostenstelle																																																																																							
Lehrweg: Auftragsbearbeitung - Produktionslenkung																																																																																							
Reg.-Nr. 827/3381, Vordruck-Liefertrag EDB-Freiburg Ag 139/66/DDR																																																																																							
31 100 865 III/1971 1573																																																																																							

Bild 4: Terminkarte, Format DIN A 4, geteilt

Kostenrechnungskarte

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Bilanz
aufgestellt von/am											Endergebnis											Auftrags-Nr.											Bilanz										
ausgestellt von/am											Erst- / Ersatz durch											Lfd. Nr. d. S.-L.											Zeichn.- / Sach-Nr.										
St. je Erzeugnis											Abrechnung											Lager											Autr.-Menge										
Lagergröße											Abrechnung											Lager											Autr.-Menge										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										

3500 585 III/79.1 1574

Bild 5: Kostenrechnungskarte, Format DIN A 4, rotellt

Materialentnahmeschein

2-23692

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Bilanz
aufgestellt von/am											Endergebnis											Auftrags-Nr.											Bilanz										
ausgestellt von/am											Erst- / Ersatz durch											Lfd. Nr. d. S.-L.											Zeichn. / Sach-Nr.										
St. je Erzeugnis											Abrechnung											Lager											Autr.-Menge										
Lagergröße											Abrechnung											Lager											Autr.-Menge										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										

Leitweg: Auftragsbearbeitung - Mat.-Dispos. - Auftragsbearbeitung - Fr. od. -Lager - Lager - Mat.-Dispos. - Mat.-Rechnung - Kostenrechnung
Reg.-Nr. 892/2401 VLV-Freiburg 40020 1055 III/79.1 258

Bild 6: Materialentnahmeschein für Einzelentnahme, Format 7,5 x 21 cm

Materialrückgabeschein

001058

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Bilanz
aufgestellt von/am											Endergebnis											Auftrags-Nr.											Bilanz										
ausgestellt von/am											Erst- / Ersatz durch											Lfd. Nr. d. S.-L.											Zeichn. / Sach-Nr.										
St. je Erzeugnis											Abrechnung											Lager											Autr.-Menge										
Lagergröße											Abrechnung											Lager											Autr.-Menge										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										
Abrechnung											Lager											Autr.-Menge											DM										

Leitweg: Abt./Anw./Bt./Lager - Mat.-Dispos. - Mat.-Rechnung - Kostenrechnung
Reg.-Nr. 892/2401 VLV-Freiburg 40020 1055 III/79.1 258

Bild 7: Materialrückgabeschein, Format: 7,5 x 21 cm, Farbe des Schrägstriches: blau.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Blatt:																																										
Blattzahl:																																										
aufgestellt von/Am															Leistungslohnschein 192250																											
ausgegeben von/Am															Gesamtwert für St. Ersatz für/ersatz durch																											
St. in Ereignis															Anf. Anl. ähnlich wie Zeichnung/Sech-Nr.																											
Lsggröße															Benennung																											
															Werkstoff																											
															Abmessungen																											
															VWL																											
															Arb.-Gg. Nr. Art der Arbeit																											
															Lager																											
															Ab.-Platz/Masch.-Gr.																											
															MA % g Z b L Gr. IV 1A 15																											
															Anlaufzeit																											
Werk															Kontrollstempel Datum																											
abgeleitet am															Zu bez. Menge																											
Sign.															Ausmaß Material Arbeit																											
															Zur Nacharbeit abgeholt																											
															Nicht abgeholt																											
															am																											
															zurück																											
															Nr.																											
															+ Stückzahl X 15																											
															+ Stückzahl X Anf																											
															= in Cos. Vorgabe																											

Bild 8: Leistungslohnschein, Format: 10x21 cm

andererseits die Vorbereitungs- und Abschlußzeiten sowie die Stückzeiten vorgeschrieben.

Der Leistungslohnschein ist dem Arbeiter vor Beginn der Arbeit auszuhändigen.

Nach Beendigung der Arbeit hat der Arbeiter den Leistungslohnschein sorgfältig auszufüllen und sofort dem Meister zum Unterzeichnen (mit Meisterstempel) vorzulegen. Damit der Lohnschein schnellstens zur Verrechnung kommt, ist es unbedingt erforderlich, ihn mit der fertiggestellten Arbeit, mit Begleitkarte und Auftragskarte der technischen Prüfung vorzulegen.

Die Technische Prüfung hat die Anweisung, fertiggestellte Teile ohne Leistungslohnschein zurückzuweisen.

3.09 Zeitlohnschein

(Bild 9)

Der Zeitlohnschein ist der Arbeitsauftrag für Arbeiten, die nicht im Leistungslohn ausgeführt werden können, da noch keine Normen vorhanden oder keine Normen zu ermitteln sind. Er dient der Kostenabrechnung für die geleistete Arbeit.

3.10 Mehrlohnschein

(Bild 10)

Der Mehrlohnschein hat den Zweck, die Zeit und damit die Kosten zu erfassen, die über die auf dem Leistungslohnschein vorgegebene Zeit hinaus gebraucht wurden, jedoch nur dann, wenn sie nicht auf Verschulden des Arbeiters zurückzuführen sind. Der Mehrlohnschein belegt Planabweichungen.

Mehrlohngründe sind z. B. Zuschläge für Materialerschweris (nicht plangerechtes Material), Zuschläge für falschen Arbeitsablauf, Lohnausgleich bei Einführung von TAN, Mindermengenzuschläge usw.

3.11 Lohnschein für Hilfslohn, Zuschläge und Zusatzlohn

(Bild 11)

Dieser Lohnschein dient zur Erfassung aller Hilfslohne, Zuschläge (Schmutzzulage, Überstunden usw.) und Zusatzlöhne (Urlaub, gesellschaftliche Verpflichtungen usw.), jedoch nicht Zuschläge für Mehrlohn.

1	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31		
Zeitlohnschein Nr. 005238																													
Ordernummer: 005238																													
Auftrags-Nr.:																													
Lohnschein Nr.:																													
Arbeitszeiteinheiten:																													
Lohn:																													
Abrechnung über:																													
Arbeitgeber:																													
Arbeitnehmer:																													
Vorkasse:																													
An der Abrechnung:																													
AAr-Nr.:																													
Konten-Nr.:																													
Lohn-Nr.:																													
Abrechnung über:																													
Lohn:																													
Abrechnung über:																													

Bild 9: Zeitlohnschein, Format: 10x21 cm

1	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31		
Mehrlohnschein Nr. 004298																													
Ordernummer: 004298																													
Auftrags-Nr.:																													
Lohnschein Nr.:																													
Arbeitszeiteinheiten:																													
Lohn:																													
Abrechnung über:																													
Arbeitgeber:																													
Arbeitnehmer:																													
Vorkasse:																													
An der Abrechnung:																													
AAr-Nr.:																													
Konten-Nr.:																													
Lohn-Nr.:																													
Abrechnung über:																													
Lohn:																													
Abrechnung über:																													

Bild 10: Mehrlohnschein, Format: 10x21 cm, Farbe: rot

Lohnschein für Hilfslohn, Zuschläge und Zusatzlohn

Ausgegeben am _____ Monat _____ Kasennr. (3) _____ Kontroll-Nr. _____
 von _____

Name: _____ Vorname: _____ Nr. 11399

Kategorie Nr.	Beschreibung	Tage												Gesamtl. Mittelwert	Gesamtl. Arb. IM	Sp.			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				13	14	15
35	Hilfslohn																11		16
36	- / Mehrl.																		15
37000	Urlaub																		18
37001	Feiertage																		18
37002	Heimkehr																		18
37003	Gesamtl. Arb. IM für																		18
37004																			18
37005																			18
37006																			18
37007	Fehl. Schulung																		18
37008																			18

Kategorie Nr.	Beschreibung	Tage												Gesamtl. Mittelwert	Gesamtl. Arb. IM	Sp.			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				13	14	15
37009	Schlafentzug																		18
37010	Verteilung																		18
37011	Reise- u. Leihzeit																		18
37012	Schlafpausen																		18
37013	Sonstige Ausfälle																		18
37014	Arbeitslos																		18
37015	Über-, Unter- u. Nacht- Arb., Feiert., Urlaub, etc.																		18
37016	Staatbürgerl. Verpflichtungen																		18
37017																			18
37018																			18
37019																			18
37020	Leistungsmangel																		18
37021	Urlaub-Mehrl.																		18
37022	Erh. Pension																		18
37023	Lehrlingslohn																		18
37024	Lehrl.-Arzt																		18
37025	Lehrl.-Arzt																		18

Bild 11: Lohnschein für Hilfslohn, Zuschläge und Zusatzlohn, Format DIN A 4, Farbe: blau

Ausschubmeldung Nr.		Auftrag-Nr.	
Soll je Erzeugnis	Verzins	Zähler / Zähler Nr.	
Bestimmung		Werkstoff/Abmessung	
Fabrikat-Nr.	Kontostelle-Nr.	Quantität	Verwendung?
Name des Unterein		Schuldenschein	Verdichtete Dokumentation Umfangart
Abteilung	Arbeitsstelle	Schuldenschein	Umschreibbarkeit
Kontostelle	Unternehmen	Umschreibung	Überschreibbarkeit
Unternehmen	Auftraggeber	Auftraggeber	Technologische Abteilung
Produktionsleistung		Produktionsleistung	
Datum: Name: Unterschrift: Datum: Unterschrift: Datum: Unterschrift:			

14.000 709 1114 S 1502
 Geringwertige Güter - Produktionsleistung - Auftragsbearbeitung - Lohngruppen-Auswertung
 1953-54 022611 VORBEREITUNG EDB FRIEDRICH AR 1953 DDR
 1953-54 022611 VORBEREITUNG EDB FRIEDRICH AR 1953 DDR

Bild 12: Ausschubmeldung, Format: DIN A 5, Nummer und Schrägstrich: rot

Nacharbeitsmeldung		Auftrag-Nr.	
Soll je Erzeugnis	Langgröße	Zähler / Zähler Nr.	
Bestimmung		Werkstoff/Abmessung	
Fabrikat-Nr.	Kontostelle-Nr.	Quantität	Verwendung?
Name des Unterein		Schuldenschein	Verdichtete Dokumentation Umfangart
Abteilung	Arbeitsstelle	Schuldenschein	Umschreibbarkeit
Kontostelle	Unternehmen	Umschreibung	Überschreibbarkeit
Unternehmen	Auftraggeber	Auftraggeber	Technologische Abteilung
Produktionsleistung		Produktionsleistung	
Datum: Name: Unterschrift: Datum: Unterschrift: Datum: Unterschrift:			

14.000 709 1114 S 1502
 Geringwertige Güter - Produktionsleistung - Auftragsbearbeitung - Lohngruppen-Auswertung
 1953-54 022611 VORBEREITUNG EDB FRIEDRICH AR 1953 DDR
 1953-54 022611 VORBEREITUNG EDB FRIEDRICH AR 1953 DDR

Bild 13: Nacharbeitsmeldung, Format: DIN A 5, Nummer und Schrägstrich: grün

3.12 Ausschußmeldung

(Bild 12)

Die Ausschußmeldung hat den Zweck, Ausschuß nach Menge, Ursache und Kosten zu erfassen.

3.13 Nacharbeitsmeldung

(Bild 13)

Die Nacharbeitsmeldung hat den Zweck, Nacharbeit nach Menge, Ursache und Kosten zu erfassen. Mit dieser Meldung werden die zuständigen Abteilungen nur von fehlerhafter Produktion unterrichtet, die durch Nacharbeit voll einsatzfähig gemacht werden kann.

4 Werkstoffe

Im Metallflugzeugbau gelangen fast alle Werkstoffarten zur Verwendung. In der Hauptsache (über 75 %) sind es Leichtmetalle und deren Legierungen; aber auch Buntmetalle, Stähle und die verschiedensten nichtmetallischen Werkstoffe, wie Plaste, Textilien, Kleber, Holz, Farben und Lacke usw., werden verwendet. Um die Werkstoffe bei ihrer Verarbeitung richtig behandeln zu können, ist es erforderlich, sie und ihre Eigenarten kennenzulernen. Der Metallflugzeugbauer muß sich mit den Leichtmetallen und deren Legierungen, mit denen er also hauptsächlich zu tun hat, besonders vertraut machen.

4.1 Allgemeines über Werkstoffe

4.11 Einteilung

Die Werkstoffe kann man in ihrer Gesamtheit nach ihrem chemischen und physikalischen Verhalten in:

*metallische und
nichtmetallische*

Werkstoffe einteilen.

Die metallischen Werkstoffe unterteilt man weiter in:

*Stahl und Eisen sowie
Nichteisenmetalle.*

Die Nichteisenmetalle gliedern sich weiter nach ihrer Wichte (früher: spezifisches Gewicht) in

A) *Schwermetalle* (Wichte über 3,5 kg/dm³)

a) *Legierungsmetalle* (Nickel, Chrom usw.)

b) *Edelmetalle* (Gold, Silber, Platin usw.)

c) *Buntmetalle* (Kupfer, Zink, Zinn, Blei usw.)
und Buntmetall-Legierungen

und

B) *Leichtmetalle* (Wichte unter 3,5 kg/dm³)

a) *Aluminium* und Al-Legierungen

b) *Magnesium* und Magnesiumlegierungen.

4.12 Eigenschaften metallischer Werkstoffe

Von ausschlaggebender Bedeutung sind die mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Nach diesen richten sich die Anwendung und der Einsatz der Werkstoffe.

4.121 Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften geben an, wie sich ein Werkstoff bei mechanischer Beanspruchung verhält.

Von besonderer Bedeutung sind:

a) *Streckgrenze* σ_s [kg/mm²]

b) *Bruchfestigkeit* σ_B [kg/mm²]

c) *Bruchdehnung* δ [%]

Die einzelnen Werte werden durch den Zugversuch ermittelt und in den Norm- und Werkstoffblättern als charakteristische Werte angegeben.

Beim Zugversuch (Bild 14) wird ein Probestab aus dem zu prüfenden Werkstoff einer reinen statischen Zugbelastung unterworfen. Hierbei tritt unter der Einwirkung steigender Zugkräfte

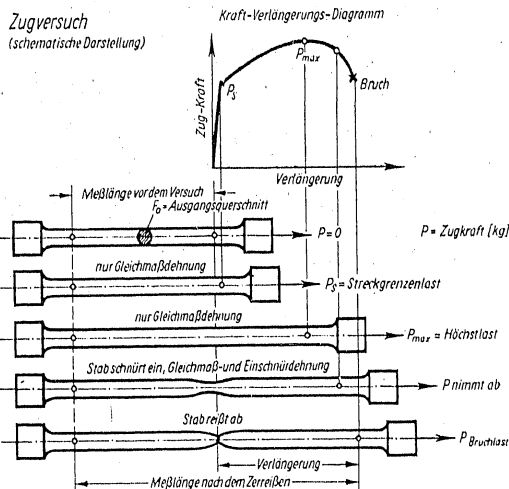


Bild 14: Zugversuch (schematische Darstellung)

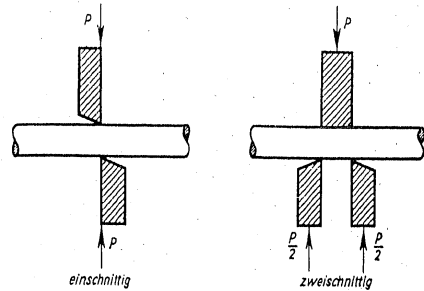
zunächst eine Längung des Stabes ein, bis er bei einer bestimmten, für den Werkstoff charakteristischen Belastung zerreißt. Die Zugversuche werden auf Zerreißmaschinen durchgeführt. Das Verhalten des Werkstoffs kann dabei am besten am Kraft-Verlängerungs-Diagramm erkannt werden, das von der Maschine während des Versuches aufgezeichnet wird.

$$\text{Zugfestigkeit } \sigma_B \text{ [kg/mm}^2\text{]} = \frac{\text{Höchstlast [kg]}}{\text{Ausgangsquerschnitt [mm}^2\text{]}}$$

$$\text{Streckgrenze } \sigma_s \text{ [kg/mm}^2\text{]} = \frac{\text{Streckgrenzlast [kg]}}{\text{Ausgangsquerschnitt [mm}^2\text{]}}$$

$$\text{Bruchdehnung } \delta \text{ [\%]} = \frac{\text{Verlängerung [mm]}}{\text{Ausgangslänge [mm]}} \times 100$$

In der Praxis wird als Streckgrenze die Belastung ermittelt, die eine bleibende Dehnung von 0,2% aufweist und als $\sigma_{0,2}$ bezeichnet wird.



$$\text{Scherfestigkeit} = \frac{\text{Scherkraft [kg]}}{\text{Querschnitt [mm}^2\text{]}}$$

$$\text{Scherfestigkeit} = \frac{\text{Scherkraft [kg]}}{2 \times \text{Querschnitt [mm}^2\text{]}}$$

Bild 15: Scherfestigkeit (einschnittig, zweisechnittig)

Die Härte ist ebenfalls eine charakteristische Eigenschaft der Werkstoffe. Sie wird besonders bei Stahl bestimmt. Härte ist der Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines anderen entgegensetzt.

Die Bestimmung der Härte geschieht mittels Härteprüfgeräte.

Man unterscheidet:

Brinellhärte	HB	[kg/mm ²]
Vickershärte	HV	[kg/mm ²]
und Rockwellhärte	HR	(HR _C und HR _B)

Bei Nietdrähten wird die Scherfestigkeit τ [kg/mm²] bestimmt (Bild 15).

Was sagen uns diese Festigkeitswerte?

Dem Konstrukteur dienen die einzelnen Festigkeitsangaben als Berechnungsgrundlagen. Der Betriebsmann kann an Hand dieser Werte auf die Bearbeitungsmöglichkeit der betreffenden Werkstoffe schließen. *Werkstoffe mit hoher Streckgrenze und geringer bleibender Dehnung, z. B. Stähle, eignen sich gut für die spanabhebende Formung wie Drehen, Fräsen, Hobeln usw.*

Werkstoffe mit niedriger Streckgrenze und hoher bleibender Dehnung (z. B. Kupfer) eignen sich hingegen besonders für die spanlose Formung (auch: bildsame Formung) wie Stauchen, Treiben, Schweißen usw.

4.122 Physikalische Eigenschaften

Die bedeutendste physikalische Eigenschaft eines Werkstoffes ist seine Wichte.

Nach diesem arteigenen Kennzeichen der Werkstoffe wird deren Einteilung getroffen.

Wie verhalten sich die Wichten z. B. von Stahl, Leichtmetall und Schwermetall?

Gleich große Teile (z. B. 1 dm³) wiegen aus:

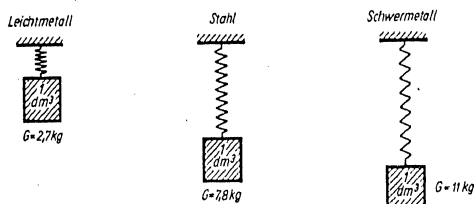


Bild 16: Vergleich verschiedener Wichten

Die Wichten verhalten sich also ungefähr wie

1 : 3 : 4

Zu den physikalischen Eigenschaften eines Werkstoffes zählt auch sein Verhalten bei Temperaturveränderungen.

Wärmeleitfähigkeit,
Wärmedehnung und
Schmelzpunkt

sind als einige der wichtigsten zu nennen.

Desgleichen ist die

elektrische Leitfähigkeit

in speziellen Fällen von besonderer Bedeutung.

4.123 Chemische Eigenschaften

Von den chemischen Eigenschaften der Werkstoffe ist besonders ihr Verhalten gegenüber der Einwirkung von Chemikalien wie

Säuren, Laugen usw., d. h. ihre
Korrosionsbeständigkeit,
von Bedeutung.

4.13 Zusammenfassung

Alle vorstehend angeführten Eigenschaften sind bei der Auswahl des Werkstoffes für ein Bauteil zu berücksichtigen.

Achte stets darauf, daß du immer den für die Herstellung des Bauteils vorgeschriebenen Werkstoff erhältst, und beachte genau die Bearbeitungsvorschriften.

Durch das Verwechseln von Werkstoffen oder das Nichtbeachten der Bearbeitungsvorschriften kannst du Schäden von unabsehbarem Ausmaß verursachen.

Im Flugzeugbau nutzt man die Werkstoffe bis zur äußersten zulässigen Grenze aus, um möglichst leicht bauen zu können.

Du bist mitverantwortlich dafür, daß die Flugsicherheit nicht beeinträchtigt wird.

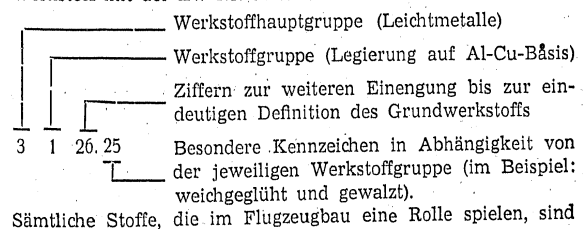
4.2 Werkstoffe für den Flugzeugbau

Für den Flugzeugbau gelangen nur besonders ausgewählte Werkstoffe zur Verwendung. Ihre genauen Bezeichnungen sind in den nachstehenden Zusammenstellungen angegeben.

In Zukunft werden die im Flugzeugbau zur Anwendung kommenden Werkstoffe mit LW-Nummern bezeichnet, die wie folgt aufgebaut sind:

LW-Nummern bestehen aus insgesamt 6 Ziffern.

Die letzten beiden sind als besondere Kennzeichen von den übrigen durch einen Punkt getrennt. Als Beispiel diene ein Werkstoff mit der LW-Nr. 3120.25. Darin bedeuten:



Sämtliche Stoffe, die im Flugzeugbau eine Rolle spielen, sind

wie folgt auf 9 Werkstoff-Hauptgruppen verteilt:

- 1 Stahl, Stahl-, Grau- und Temperguß
- 2 Schwermetalle
- 3 Leichtmetalle
- 4 Holz, Papier, Pappe und textile Werkstoffe
- 5 Gummi, Leder und lederähnliche Werkstoffe
- 6 Plaste
- 7 Anstrichmittel, Klebemittel
- 8 Sonstige Werkstoffe
- 9 Betriebsstoffe und Hilfsmittel.

Die Bedeutung der Zahlen nach dem Punkt ist absolut abhängig von dem Werkstoff, der durch die vier vor dem Punkt stehenden Ziffern dargestellt ist, so daß deren Bedeutung, die sich immer auf einen bestimmten Werkstoff bezieht, nur auf dem entsprechenden Leistungsblatt eindeutig erkennbar ist.

Die erste der beiden Ziffern nach dem Punkt bezieht sich auf den Werkstoffzustand, die zweite Ziffer auf den Lieferzustand des Halbzeugs.

Was mußt du von den verschiedenen Werkstoffarten wissen?

4.21 Schwermetalle

Solche sind Kupfer, Zink, Zinn, Nickel usw. und deren Legierungen. Sie sind ausschließlich *Sparmetalle* und werden daher nur für spezielle Zwecke angewendet, obwohl ihre Verformbarkeit sehr gut ist. Weitere Gründe für den beschränkten Einsatz dieser Werkstoffe sind ihre hohe Wichte und die große Korrosionsgefahr, wenn sie in Verbindung mit Leichtmetallen verwendet werden.

4.22 Stähle und Gußeisen

Alles ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen wird als Stahl bezeichnet.

Stahlguß ist unmittelbar in Formen gegossener schmiedbarer Stahl.

Temperguß ist aus weißem, graphitfreiem Gußeisen hergestellter Formguß.

Grauguß ist aus graphithaltigem Gußeisen hergestellter Formguß.

*Für Stahl besteht eine weitere Unterscheidung in:
Baustähle, unlegiert und legiert,
Werkzeug- und Schnellarbeitsstähle und
hochlegierte Sonderstähle.*

Uns interessieren von diesen vor allem die Bau- und Sonderstähle. Sie werden da verwendet, wo in kleinen Querschnitten große Kräfte übertragen werden müssen, d. h., wo besonders große Festigkeit erforderlich ist, und in Fällen, wo es auf hohe Verschleißfestigkeit und Warmfestigkeit ankommt.

Daß sich hierzu nur hochfeste Stähle eignen, ist selbstverständlich. Die Stähle werden teils im Anlieferungszustand und teilweise im vergüteten Zustand bearbeitet.

Die Wärmebehandlung richtet sich nach dem jeweiligen Verwendungszweck. Dabei sind die unterschiedlichen, von der Sorte und vom angestrebten Werkstoff-Zustand abhängigen, besonderen Behandlungsvorschriften genauestens zu beachten.

Die Wärmebehandlung der Stähle darf nur von den hiermit beauftragten Spezialisten im dafür bestimmten Betrieb durchgeführt werden.

Da hochfeste Stähle sehr kerbempfindlich sind, vermeide bei ihrer Bearbeitung Beschädigungen der Oberfläche.

4.23 Leichtmetalle und Leichtmetall-Legierungen

Die Werkstoffe, die im Flugzeugbau am häufigsten verwendet werden, sind die Leichtmetalle:

*Aluminium und dessen Legierungen sowie
Magnesiumlegierungen.*

Ihr Anteil im Flugzeug beträgt über 75%. Diese Werkstoffe und ihre Eigenarten muß der Metallflugzeugbauer genau kennenlernen, um deren Be- und Verarbeitung zu beherrschen.

4.231 Aluminium und dessen Legierungen

a) Aluminium

Das in der Erdrinde am meisten vorhandene Metall kommt dort jedoch nicht gediegen, sondern nur gebunden in Aluminiumsilikaten, Aluminiumoxyd, Verwitterungsprodukten

a) wie Kaolin, Ton, Lehm und Aluminiumerzen (Bauxit,

Eine kupferfreie Legierung mit je 1 % Si und Mg (Pantal-Typ) ist ebenfalls aushärtbar.

Worin unterscheiden sich also die verschiedenen Al-Legierungen? Nach ihrer chemischen Zusammensetzung und nach ihren Festigkeitseigenschaften.

c) Al Cu Mg-Legierungen (Gattung Dural)

Diese Werkstoffe gehören zu den natürlich aushärtenden Leichtmetall-Legierungen. Sie zeichnen sich durch besonders hohe Festigkeit (38 ... 48 kg/mm²) aus, die sie ihrem Kupfergehalt verdanken, der aber gleichzeitig die Ursache für ihre schlechte Korrosionsbeständigkeit darstellt. Zum Schutz gegen Korrosion werden diese Werkstoffe plattiert (Gattung Duralplat). Bei diesen wird eine dünne Schicht einer kupferfreien Aluminium-Legierung oder von Reinaluminium beiderseits auf das Grundmaterial aufgewalzt.

Im plattierten Werkstoff wurden die hohe Festigkeit des aushärtbaren Kernwerkstoffs und die gute Korrosionsbeständigkeit des Plattierwerkstoffs vereint. (Bild 19)

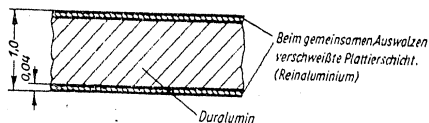


Bild 19: Duralumin, plattiert (Duralplat)

Die Kernschicht und die Deckschichten werden durch Warmwalzen (bei 450° C) innig miteinander verschweißt, so daß sie sich nicht voneinander lösen.

Die hauchdünne weiche Deckschicht ist besonders vor Kratzern zu schonen. Plattierte Bleche muß man also vorsichtig transportieren, nicht auf dem Fußboden schleifen und nicht aufeinander schrammen. Die Formbarkeit dieser Werkstoffe ist bei Anwendung entsprechender Wärmebehandlung gut. Verbinden lassen sie sich durch Schrauben und Niete. Für Schweißen und Löten ungeeignet.

d) Al Mg Si-Legierungen

Diese Werkstoffe gehören zu den künstlich aushärtenden Leichtmetall-Legierungen.

Sie unterscheiden sich von den Legierungen der Gattung Dural durch das Fehlen von Kupfer als Legierungsbestandteil. Dadurch liegen die Festigkeiten niedriger (30 ... 36 kg/mm²), die Korrosionsbeständigkeit ist jedoch wesentlich größer. Die Formbarkeit dieser Werkstoffe ist bei Anwendung entsprechender Wärmebehandlung sehr gut. Verbinden lassen sie sich durch Schrauben, Niete und Schweißen.

e) Al Mg-Legierungen

Die Legierungen sind nicht aushärtbar, d. h., ihnen fehlen die Härtebildner. Eine Aushärtung als Folge einer besonderen Wärmebehandlung ist daher nicht zu erzielen. Die Festigkeiten liegen je nach dem Mg-Gehalt zwischen 20 und 30 kg/mm². Die Formbarkeit dieser Werkstoffe ist nicht besonders gut, dagegen ist ihre Korrosionsbeständigkeit, besonders gegen Seewasser, größer als bei den anderen Legierungen. Verbinden lassen sie sich durch Schrauben, Niete und bei Legierungen mit bis zu 7 % Mg auch durch Schweißen.

4.232 Magnesium und dessen Legierungen

Neben den Al-Legierungen gewinnen Magnesiumlegierungen, die evtl. zu über 90 % aus Magnesium bestehen, immer mehr an Bedeutung. Magnesium ist mit der Wichte 1,7 kg/dm³ das leichteste technisch nutzbare Metall.

Gediegen kommt es in der Natur nicht vor, sondern nur gebunden in Mineralien. Es wird aus den magnesiumhaltigen Gesteinsarten, wie z. B. Magnesit und Dolomit, auf elektrolytischem Wege mit einem Reinheitsgrad von ca. 99,5 % gewonnen.

Reinmagnesium hat als Baustoff keine Bedeutung.

Man legiert es mit Mangan, Zink oder Aluminium zu Magnesiumlegierungen. Die Legierungen sind unter dem Namen „Elektron“ bekannt. Die Festigkeiten liegen bei 19 ... 26 kg/mm² (Mg Mn) bzw. 27 ... 33 kg/mm² (Mg Al 6). Die spanlose Formung der Mg-Legierungen ist bei Raumtemperatur nur in beschränktem Maße möglich (große Biegeradien). Nach Erwärmung auf 300° C läßt es sich biegen, treiben und schmieden. Magnesiumlegierungen sind nicht korrosionsfest, so daß besondere Schutzverfahren notwendig sind. Verbinden lassen sie sich durch Schrauben (verkadmet!), Niete (aus Al Mg) und Schweißen.

Beim Zusammenfügen von Mg-Legierungen mit anderen Metallen sind die Oberflächen der zu verbindenden Teile durch Zwischen-

lagen voneinander zu trennen, sonst treten verstärkt Korrosionsschäden auf.

Bei der Verarbeitung von Magnesium-Legierungen sind die Arbeitsschutzanordnungen genau zu beachten. Insbesondere ist auf die Gefährlichkeit von Stäubchen in Verbindung mit Wasser hinzuweisen.

(Tabellen 1 bis 5)

5 Wärmebehandlung

Fast bei allen Metallen kann man durch eine Wärmebehandlung den Zustand und damit die Eigenschaften verändern. Im Flugzeugbau ist die richtige Wärmebehandlung der Leichtmetall-Legierungen besonders wichtig, z. T. unumgänglich, wenn spanlose Formungen durchzuführen sind. Die Art der Wärmebehandlung richtet sich nach dem Werkstoff und dem Grad der Verformung. Die technische Wärmebehandlung des Aluminiums und seiner Legierungen erstreckt sich auf „Weichglühen“ (Zwischenglühen) und „Aushärten“ (Veredeln). Das Glühen erfolgt in Salpeterbädern.

5.1 Weichglühen

(auch: Zwischenglühen)

Al-Legierungen sind besonders weich und dehnbar, wenn sie bei 350 ... 440° C geglüht und dann in Wasser bzw. im Ofen und anschließend in Luft abgekühlt werden.

Man macht davon Gebrauch, wenn die Werkstücke durch spanlose Formung herzustellen sind.

Durch anschließendes Aushärten (Veredeln) erhalten die fertigen Teile, die dann natürlich aus aushärtbaren Legierungen hergestellt sein müssen, die erforderliche Festigkeit.

5.2 Aushärten

Das Aushärten (Veredeln) erfolgt in drei aufeinander folgenden Arbeitsgängen:

- Lösungsglühen,
- Abschrecken,
- Auslagern.

5.21 Lösungsglühen

Die Glühtemperatur richtet sich nach der Zusammensetzung der Legierung und liegt im allgemeinen etwa bei 500° C.

Die Glühdauer richtet sich nach der Größe und der Wanddicke des Werkstücks.

Die für die jeweilige Legierung erforderliche Glühtemperatur ist genau einzuhalten.

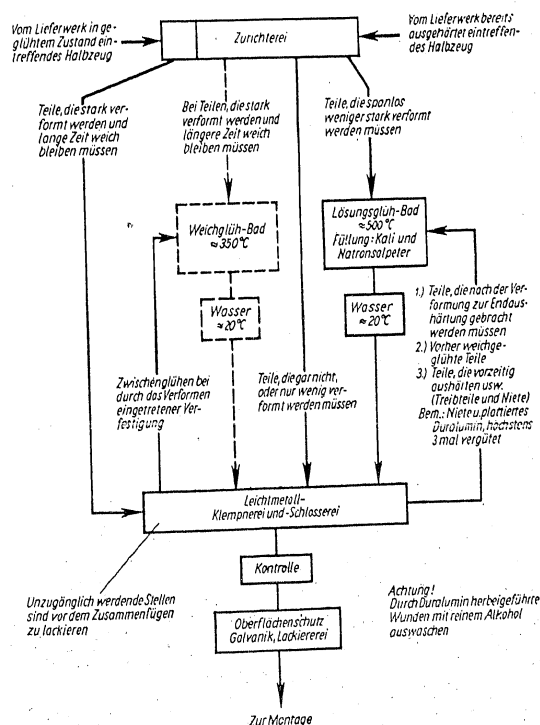


Bild 20: Weg des Duralumins (Bleche) durch den Betrieb

Tabelle 1 Halbzeuge aus Leichtmetall und Leichtmetall-Legie-

Werkstoff-Art Bezeichnung (sowj.)	Halbzeugart	Zustand	Bezeichng. sowjet.	LW-Nr.
Rein-Al. (Al 98,8 %) A II	Blech	geglüht	A II - M	3002.25
	Rohr	geglüht	A II - M	3002.24
Rein-Al. (Al 99,3 %) A II 1	Blech	geglüht	A II 1 - M	3001.25
	Nietdraht	halbhart	A II 1 II	3001.74
	Schweißdr.	ohne Nachb.	A II 1	3001.04
Al-Mn A M II	Blech	geglüht	A M II - M	3250.25
	Blech	halbhart	A M II - II	3250.75
	Blech	hart	A M II - H	3250.85
	rund	geglüht	A M II - M	3250.24
	Rohr	geglüht	A M II - M	3250.24
	Nietdraht	halbhart	A M II II	3250.74
Schweißdr.	ohne Nachb.	A M II	3250.04	
Al-Mg (Hydronalium) A M P	Blech	geglüht	A M P A - M	3305.25
	rund	geglüht	A M P - M	3305.24
	Rohr	halbhart	A M P - II	3305.74
	Nietdraht	geglüht	A M P - II	3305.24
Schweißdr.	ziehhart	A M P	3305.04	
Al-Mg-Si (Pantal) A B	Blech	geglüht	A B A - M	3355.25
	Blech	kalt ausgehärtet	A B A - T	3355.35
	Platten	ohne Wärme- behandlung	A B A	3355.05
	rund	warm ausgehärtet	A B - T 1	3355.54
	Rohr	geglüht	A B - M	3355.24

runge, die z. Z. hauptsächlich im Zellenbau verwendet werden

Festigkeitseigenschaften					Eigenschaften und Verwendung
σ_B [kg/mm ²]	$\sigma_{0,2}$ [kg/mm ²]	δ_{10} [%]	δ_5 [%]	τ [kg/mm ²]	
11		25			Gut schweißbar, hohe Verformungs- fähigkeit, hohe Korrosions- beständigkeit. Für Konstruktionsteile ohne Belastung.
12		20			
11		20			Teile für das Belüftungssystem des Flugzeugs. Schutzmäntel für Elektroleitungen, Zwischenlagen
keine gewährleisteten Festig- keitseigenschaften					
11...15		20			Gut schweißbar, spangebende Be- arbeitung unbefriedigend. Hohe Korrosionsbeständigkeit Für Brennstoff- und Ölleitungen sowie für wenig beanspruchte Teile, die durch Tiefziehen hergestellt werden.
15...22		0			
19		1...4 je nach Dicke		20	
17					
13					
keine gewährleisteten Festig- keitseigenschaften					
24	11	15		10	Gut schweißbar mittels Arcatom- und Kontaktschweißung, befriedigend mittels Gasschweißung; Dichte der Schweißnähte bei allen Schweißarten mangelhaft. Span- gebende Bearbeitung unbefriedigend bei AMI-M. Für Brennstoff- und Ölleitungen und mittelbeanspruchte Flugzeug- teile.
24	11	14			
28	18	8			
keine gewährleisteten Festig- keitseigenschaften					
≤ 15		20			Punkt- und Arcatomschweißung gut, Gasschweißung befriedigend, span- gebende Bearbeitung bei AB-M unbefriedigend. Für Flugzeug- und Triebwerkteile, deren Herstellung hohe Verformungs- fähigkeit in heißem und kaltem Zustand erfordert.
20		18			
keine gewährleisteten Festig- keitseigenschaften					
30			12		
≤ 15		17			

Tabelle 2 Halbzeuge aus Leichtmetall-Legierungen,

Werkstoff-Art Bezeichnung (sowj.)	Halbzeugart	Zustand	Be- zeichng. sowj.	LW-Nr.
Al-Cu-Mg (Dural) II 1	Blech pl.	geglüht	II 1 A-M	3116.25
	Blech pl.	kalt aus- gehärtet	II 1 A-T	3116.35
	Platten pl.	kalt aus- gehärtet	II 1 A-T	3116.35
	rund	kalt aus- gehärtet	II 1 -T	3115.34
	sechskant	kalt aus- gehärtet	II 1 -T	3115.34
	Profile	kalt aus- gehärtet	II 1 -T	3115.33
	Rohr	geglüht	II 1 -M	3115.24
	Rohr	gepreßt u. kalt aus- gehärtet	II 1 -T	3115.33
Al-Cu-Mg (Dural) II 16	Blech pl.	geglüht	II 1 A -M	3126.25
	Blech pl.	kalt aus- gehärtet	II 16 A-T	3126.35
	Platten	ohne Wär- mebehandlg.	II 16 A	3125.05
	rund	kalt aus- gehärtet	II 16 -T	3125.34
	sechskant	kalt aus- gehärtet	II 16 -T	3125.34
	Profile	geglüht	II 16 -M	3125.23
	Profile	kalt aus- gehärtet	II 16 -T	3125.33
	Rohr	geglüht	II 16 -M	3125.24
Rohr	kalt aus- gehärtet	II 16 -T	3125.34	
Al-Zn-Mg-Cu B 95	Blech	warm aus- gehärtet	B 95 A-T 1	3456.55
	Platten	warm aus- gehärtet	B 95 A-T	3455.55
	rund	warm aus- gehärtet	B 95 -T	3455.54
	Profile	warm aus- gehärtet	B 95 -B	3455.53
Al-Si / AK	Schweißdr.	gezogen	A K	3354.04
Al-Leg. / B 65	Nietdraht	gezogen	B 65	3112.74
Mg-Mn-Cu MA 8	Blech	geglüht	MA 8 -M	3512.25
	Blech	geglüht u. halbverf.	MA 8 -H	3512.75
	Profile	ohne Wärme- behandlung	MA 8	3512.03

die z. Z. hauptsächlich im Zellenbau verwendet werden

Festigkeitseigenschaften					Eigenschaften und Verwendung	
σ_B [kg/mm ²]	$\sigma_{0,2}$ [kg/mm ²]	δ_{10} [%]	δ_5 [%]	τ [kg/mm ²]		
≤ 23		12			Punktschweißung gut, Gasschweißung bei komplizierten Formen führt zu Ribbildung, Spangebende Bearbeitung für II 1 - M unbefriedigend. Mittelmäßige Korrosionsbeständigkeit. Für mittelbeanspruchte Flugzeugkonstruktionselem. (Rumpfgerüst Teile, Träger, Luftschraubenblätter) Niete nicht später als 2 Std. nach dem Abschrecken schlagen.	
37	19	15				
37	21	8				
37	21		11			
37	31		11			
36	22	12				
≤ 25		10				
38	20	13				
≤ 23		10				Schweißbarkeit gut bei Punktschweißung, schlecht bei Gasschweißung; spangeb. Bearbeitung im ausgeh. und kaltverfest. Zustand befriedigend. Plattierte Bleche gut korrosionsbest. Schwere Profile mit großem Querschnitt neigen zu interkristalliner Korrosion. Für kräftebeanspruchte Flugzeugkonstr.-Elemente (Gerüstteile, Verkleidungen, Spanten, Rippen, Holme, usw.) Bei beanspruchten Teilen wird die Leg. II 16 allmählich durch die Leg. B 95 ersetzt.
41	27	13				
42	28					
40	26		10			
40	26		10			
25		12				
40	> 29	> 16				
25		10				
42	> 26	> 13				
40	41	7				
> 52	> 54	6				
> 50	> 38	< 7				
> 49	> 42	6				
				25*)	*) warm ausgehärtet, unbegrenzt schlagbar	
22	13	13			Hohe Verformbarkeit im warmen Zustand, gute Schweißbarkeit, wird durch Wärmebehandlung nicht verfestigt. Für Verkleidungen (Quer- ruder, Landeklappen, Ruder usw.)	
24	14	8				
23		10				

Tabelle 3 Halbzeuge aus Stählen, die z. Z. hauptsächlich

Werkstoffart Bezeichn. (sowj.)	Halbzeugart	Zustand	Be- zeichng. (sowj.)	LW-Nr.
Einsatzstähle unlegiert	10 A	Blech	normalisiert warmgewalzt	10 A 1110.12
	10 A	Stabstahl	normalisiert warmgewalzt	10 A 1110.12
	20 A	Band	kaltverfestigt gewalzt	20 A 1120.85
	20 A	Blech (fein)	normalisiert warmgewalzt	20 A 1120.12
	20 A	Blech (grob)	normalisiert warmgewalzt	20 A 1120.12
	20 A	Stabstahl	normalisiert warmgewalzt	20 1120.12
Vergütungsstahl unlegiert	45 A	Stabstahl	warm gewalzt normalisiert	45 A 1145.12
		Stabstahl	kalt gezogen blankgegl.	45 A 1145.24
Werkzeug- stahl unlegiert	V 9 A	Band	gehärtet	V 9 A 1180.60
	V 9 A	Band	geglüht gewalzt	V 9 A 1180.25
		Band	kaltverfestigt gewalzt	V 9 A 1180.85
Maschinenbaustahl legiert	15 X A	Fertigteil	vergütet	15 X A 1220.60
	12 X H 3 A	Fertigteil	vergütet	12 X H 3 A 1250.60
	12 X 2 H 4 A	Fertigteil	vergütet	12 X 2 H 4 A 1255.60

im Zellenbau verwendet werden

Festigkeitseigenschaften						Eigenschaften und Verwendung
σ_B [kg/mm ²]	$\sigma_{0,2}$ [kg/mm ²]	δ_{10} [%]	δ_5 [%]	ψ [%]	HB 30 [kg/mm ²]	
24...30		27			78	gut schweißbar mit sämtl. Ver- fahren. Für Bolzen, Scheiben, Zwischenlagen u. Teile, die einsatzgehärtet werden.
32...42	18		30	60	M 131	
60...85	42	2				Für Buchsen, Ringe, Bügel, Scheiben, Schösser, Hoch- druckröhrchen, Ölleitungen usw.
40...55	24	22				
40...55	24	24				
42...52	24	25			118...143	
40	22	20				
60...72	34	15		40	170...206	gut zerspanbar, Lichtbogen- schweißen und Arcatom- schweißg. befriedigend. Für Bolzen, Stifte, Blindstopfen, Mütern u. wenig beanspruchte Teile
60...72	34	15		40	170...206	
150 90 130...110	125	5				für Bandfedern
		5			171...243	
60...85	40		15	50		für zementierte Teile bis 30 mm Dicke
90...120	68		10	50	257...343	für Zahnräder, Kolbenzapfen, Achsen, Rollen, Regulier- schrauben u. andere zement- ierte Teile
100...130	75	10		50	286...371	für hochbeanspruchte Zahn- räder, Planetenräder, versch. Wellen, Rollachsen usw. nach Möglichkeit ersetzen durch 12 X H 3 A

δ_{10} = Bruchdehng. bei Meßl. 11,3 √ F₀ ψ = Einschnürung,
 δ_5 = Bruchdehng. bei Meßl. 5,65 √ F₀

Tabelle 4 Halbzeuge aus Stählen, die z. Z. hauptsächlich

Werkstoffart Bezeichnung (sowj.)		Halbzeugart	Zustand	Be- zeichng. (sowj.)	LW-Nr.
Vergüt- St., leg.	30 X 1 C H A	Blech	gegült	30 X 1 C H A	1414.22
		Stabstahl	warmgewalzt gegült	30 X 1 C H A	1414.12
		Fertigteil	gegült vergütet	30 X 1 C H A	1414.50
Vergütungsstahl, legiert	30 X 1 C A	Blech	gegült kaltgewalzt	30 X 1 C A	1403.25
		Blech	gegült warmgewalzt	30 X 1 C A	1403.22
		Stabstahl	gegült, gew.	30 X 1 C A	1403.12
		Stabstahl	kalt gezogen blank gegl.	30 X 1 C A	1403.24
		Rohr(nahtlos)	gegült kalt gezogen	30 X 1 C A-M	1403.24
		Fertigteil	vergütet	30 X 1 C A	1403.40
		Fertigteil	gehärtet	30 X 1 C A	1403.60
Nichtrostende Stähle	1 X 18 H 9 T (alt: A 1 T)	Blech	abgeschreckt	1 X 18 H 9 T	1670.75
		Band	abgeschreckt	1 X 18 H 9 T	1670.75
		Stabstahl	warmgewalzt ohne Nachb.	1 X 18 H 9 T	1670.02
	1 X 13 (alt: Ж1)	Stabstahl	warmgewalzt gegült	1 X 13	1620.22
		Fertigteil	vergütet	1 X 13	1620.30

im Zellenbau verwendet werden

Festigkeitseigenschaften							Eigenschaften und Verwendung
σ_B [kg/mm ²]	$\sigma_{0,2}$ [kg/mm ²]	δ_{10} [%]	δ_5 [%]	ψ [%]	HB 30		
55...80	32		17				für besonders hoch be- anspruchte Flugzeugteile, wie Fahrwerk, Trägergurte, Flanschverbindungen, An- schlußgruppen, Bolzen, usw.
160...180	135		9	45		490...560	
55...75	32		16				Lichtbogenschweißung gut, übrige Schweißverfahren be- friedigend, bei Gasschw. Nei- gung zur Ribbildung. Für hochbeanspr. geschweißte und mechanisch bearbeitete Teile, Bolzen, Fahrwerkteile, Stoßverbindungen, Trä- gergurte, Flanschverbindungen, usw. Härtetemp. 870...890° C, Öl } Anlaßtemp. 200...230° C, Öl } Härten Härtetemp. 880° C, Öl } Vergüten Anlaßtemp. 520° C, Öl }
55...75	32		17				
60...85	40		18	50		243	
55...75	32	16					
50...70	30	18					
110...130	85		10	45		320...380	
160	140		5				
54	20		40				In abgeschrecktem Zustand gut verformbar. Gut schweißbar mit sämtl. Verfahren. Nach dem Schmelzschw. wird Ab- schr. v. 1100...1150° C in Wasser oder Luftstrom empfohlen. Oxydationsbeständig an Luft b. 850° C, beständig geg. Verbr- gase bis 750° C. Für Tragfl. u. Rumpfteile, Holme, Leit- werke, Kufenbeschläge, Aus- rüstungsteile, für Befestigungs- teile in d. Nähe v. Heizgas- leitungen bis 500° C.
54	20		40				
60	55		20	60		170	Hoch korrosionsbest. geg. Wit- terungseinfl., Fluß- u. Lei- tungswasser. Für Teile gerin- ger Härte u. erhöhter Ver- formbarkeit, die auf Schlag beanspr. werden, unter Kor- einwirkg. Gas- u. Lichtbogen- schweißg. befriedigend. Nachh. glüh. b. 740° C u. langsam ab- kühlen.

Tabelle 5 Halbzeuge aus Stählen, die z. Z. hauptsächlich

Werkstoffart Bezeichng. (sowj.)	Halbzeugart	Zustand	Be- zeichng. (sowj.)	LW-Nr.	
Nichtrostende Stähle	Stabstahl Fertigteil	warm gewalzt geglüht	2 X 13	1622.22	
		vergütet	2 X 13	1622.30	
	X 18 H 11 B	Blech Band	abgeschreckt	X 18 H 11 B	1682.75
			abgeschreckt	X 18 H 11 B-M	1682.75
		Stabstahl	abgeschreckt	X 18 H 11 B	1682.70
	X 13 H 4 Γ 9	Blech Band	abgeschreckt	X 13 H 4 Γ 9	1730.75
			abgeschreckt	X 13 H 4 Γ 9-M	1730.75
		Band	hart gewalzt	X 13 H 4 Γ 9	1730.85
	38 X A	Rundstahl	warm gewalzt geglüht	40 X Φ A	1345.12
		Fertigteil	vergütet	40 X Φ A	1345.30
	40 X H M A	Rundstahl	warm gewalzt geglüht	40 X H M A	1465.12
		Fertigteil	vergütet	40 X H M A	1357.50
50 X Φ A	Draht	kalt verfest. poliert	50 X Φ A	1357.86	
	Fertigteil	vergütet	50 X Φ A	1357.50	

im Zellenbau verwendet werden

Festigkeitseigenschaften						Eigenschaften und Verwendung
σ_B [kg/mm ²]	$\sigma_{0,2}$ [kg/mm ²]	δ_{10} [%]	δ_5 [%]	ψ [%]	HB 30 [kg/mm ²]	
85	65		20	50	187	Oxydiert nicht an Luft bis 700 ° C. Höchste Korrosions-Beständigkeit im gehärt. u. pol. Zustand. Schweißbarkeit befried. Nach dem Schweißen glühen bei 775...790 ° C mit langs. Abkühlung. Für Armaturteile, Teile f. d. Kraftstoffeinspritzapp., Zahnräder f. Flugzeuggeräte.
54		40				Oxydationsbeständig bis 900 ° C. Gut schweißbar mit allen Verfahren. Im abgeschr. Zustand sehr gut verformbar. Für Auspuffstutzen, Triebwerkteile, Rohrleitungen für Heizgase, Düsenapparateteile, Teile für mitl. Belastung bei Temperaturen bis 850 ° C.
54						
55	20	40		50		
65		40				Hochkorrosionsbeständig in atmosph. Umgebung. Große Neigung zur interkristall. Korrosion. Oxydationsbeständig bis 750 ° C. Gute Autogen- u. Lichtbogenschweißung möglich. Teile aus kalt gewalztem Stahl werden mittels Punktschweißung nach bes. Vorschriften verbunden. Für Rumpf- u. Tragflächenteile, Holme, Leitwerke, Brandschotten.
60		40				
100		15				
90...110	70		12	45	252...320	Verwendung für Luftschrauben- u. Luftschrauben- (Buchsen), Halterungen, Querträger, Bolzen, Hülsen, Schrauben, Muttern.
110...125	95		12	50	269 321	Für Kurbel- u. Luftschraubenwellen, Pendelstangen f. Triebwerke mit Luftkühlung, beanspruchte Teile
≤ 110						Hochbeanspruchte Federn.
140...170				40		

Tabelle 6 Wärmebehandlung von Leichtmetall.

Werkstoffart Gattung	Temperatur für das Lösungs- glühen [° C]	Haltezeiten		
		Werkstoff- Dicke [mm]	Zeit im Salpeterbad [min.]	
Al-Cu-Mg-Leg. (Duralplat)	495...510	bis 0,8	5*)	10**)
II 1		0,8...2,5	7	15
		2,5...5,0	10	20...40
Al-Cu-Mg-Leg. (Duralplat)	495...503	5,1...12	15	über 6 mm Dicke
II 16				
Al-Mg-Si-Leg. (Pantal)	515...525	12...20	30	60
AB		20...25	35...40	
Al-Cu-Mg-Si- Legierung		40...50	55...60	
AK 6	500...515	60	60	
Al-Zn-Mg-Cu- Legierung		70	70	
B 95	465...480	75	75	
		80	80	
		85	85	
		90	90	
Al-Legierung (Nietdraht)		515 + 5	Niet-Ø	
B 65	2...5		30...40	
		6...9	40...50	

Legierungen: „Aushärten“

Abkühlung	Auslagerung		Bemerkung
	Temp. [°C]	Zeit [Std.]	
In Wasser ≈ 20 ° C	natürliche Auslagerung	4 Tage	*) Die in der Tabelle ange- gebenen Haltezeiten für Dicken bis 12 mm erstrecken sich nur auf das Härten plattierter Bleche, die im Lieferwerk schon einer Wärmebehandlung unterzogen wurden. (z. B. 16 AT) und auf das er- neute Härten geglühter Bleche. Bei mehrmaligem Härten be- ziehen sich die Zeiten auf die letzte Härtung. Bei Zwischenerwärmungen sind die Haltezeiten auf die Hälfte zu reduzieren.
	150		
	bis 200 Raumtemp.		
	150...160	6...8	**) Die angegebenen Halte- zeiten beziehen sich auf die erste Härtung plattierter Ble- che in kaltverfestigtem oder geglühtem Zustand und für alle Arten unplattierter Halb- zeuge in beliebigem Zustand. Die Haltezeit wird vom Moment des Erreichens der niedrigsten vorgeschriebenen Temperatur gerechnet.
	150...160	12...15	
In Wasser bis höchst. 40 ° C	platt. 120...125	24	Bei Nichterreichen der me- chanischen Eigenschaften kann die Erwärmungszeit für das Härten im Salpeterbad für alle unplattierten Halbfabri- kate bis auf das 3-fache er- höht werden.
	unplatt. 134...140	16	
Wasser ≈ 20 ° C	20...25	10 Tage	Nach dem Auslagern sind die Niete unbegrenzt schlagbar.
	75±5	24	

Tabelle 7 Wärmebehandlung der Leichtmetalle und Leichtmetall-Legierungen: „Weichglühen“

Werkstoffart Gattung	Glüh- temper- atur [°C]	Haltezeiten		Abkühlung	Bemerkung
		Werkst.- Dicke [mm]	Zeit im Salpeterbad [min.]		
Rein-Al (Al bis 98,8 %)	350	0,3...3,0	30/7	In Wasser v. 200 C. Nach dem Abkühlen entfernen d. Salpeter- spuren durch Spülen in warmem Wasser	Die niedrigen Zeiten gelten f. d. obere Temperatur- grenze(500° C). Zwischenzei- ten sind ent- sprechend den Glüh- temperaturen zu wählen.
A II	bis	3,1...6,0	40/10		
Reinst-Al (Al bis 99,3 %)	500	6,1...10	50/15		
A II 1					
Al-Mn-Leg.	Bei Halbzeugen über 10 mm Dicke Haltezeit je mm Aufmaß um 2 Minuten erhöhen.				
A M II					
Al-Mg-Leg. (Hydronalium)	350	0,3...3,0	30		
bis		3,1...6,0	40		
A M r	420	6,1...10	50		
Mg-Mn-Ce-Leg.	290	2,3...3,0	40		
bis		3,1...6,0	60		
M A 8	310	6,1...10	70		
Al-Mg-Leg. (Nietdraht)	350	Niet-Ø		In Wasser od. Luft abköhl. un- begrenzt schlagbar	
A M r - 5 II	410	2...9	40		
Al-Cu-Mg-Leg. (Duralplat)	350	0,3...2,0	30	In Luft bis 2000° C, dar- auf in Wasser zwecks Ab- spülens d. Salpeter- salzes. Nach- reiben mit weichem Lappen	
II 1					
Al-Cu-Mg-Leg. (Duralplat)		bis	2,1...4,0		40
II 16			4,1...6,0		50
Al-Mg-Si-Leg. (Pantal)	370	6,2...10	60		
A B					
Al-Zn-Mg-Cu Legierung	390		Im Luftofen ohne Umw.	Im Ofen bis 150...200° C. Abkühlungsgeschwindigkeit nicht über 30°/Std. Darauf Abkühlung an der Luft.	
bis		0,3...2,0	60		
		2,1...4,0	80		
B 95	430	4,1...6,0	90		
		6,1...10	120		

5.22 Abschrecken

Erfolgt durch schnelles Eintauchen des erwärmten Teiles in ein Wasserbad von etwa 20° C.

5.23 Auslagern

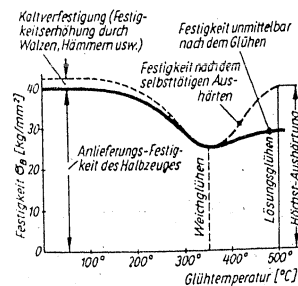
Beim *Kaltauslagern* bei Raumtemperatur setzt nach einigen Stunden die Verfestigung ein und ist erst nach einigen Tagen (4...5) abgeschlossen (natürliche Auslagerung).

Die *Warmauslagerung* erfolgt bei Temperaturen von 120...160° C während 12...24 Stunden im Trockenofen (künstliche Auslagerung. Niete bei 75° C in 24 Std.)

Die *Festigkeitssteigerung tritt nicht sofort ein, wenn man den Werkstoff bei Temperaturen unter 0° C aufbewahrt*. Abgeschreckte Niete z. B. werden in Kühlschränken aufbewahrt und bei Bedarf entnommen.

5.3 Anleitung für die Bearbeitung wärmebehandelter Teile

Durch das Lösungsglühen und das anschließende Abschrecken verlieren die Werkstoffe vorübergehend so viel an Festigkeit, daß sie sich gut formen lassen. (Bild 21).



Festigkeit von Duralumin nach Glühung mit nachfolgendem Abschrecken, in Abhängigkeit von der Glüh-temperatur. Je nach Legierung liegen die Kurven höher oder tiefer. (Kurvenverlauf nur ungefähr)

Bild 21: Diagramm des Anstieges der Festigkeit von Duralumin nach dem Lösungsglühen

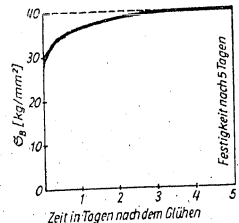


Bild 22: Festigkeitsdiagramm von Duralumin nach der Glühung mit nachfolgendem Abschrecken

Beim Auslagern beginnt sofort eine Steigerung der Festigkeit, die besonders in den ersten Stunden rasch vor sich geht (Bild 22). Du mußt also sofort nach dem Abschrecken im Wasser mit dem Verformen beginnen und nach ungefähr 2 Stunden (diese Zeit kann bei starker Beanspruchung des Werkstoffs durch die Formungsarbeit noch wesentlich kürzer werden) mit der Bearbeitung fertig sein. Dauert deine Arbeit länger, dann mußt du sie unterbrechen und wieder neu aushärten.

Plattierte Werkstoffe sollen möglichst wenig wärmebehandelt werden, weil dabei aus dem Kernmaterial Kupfer in die Deckschicht dringt und dadurch die Schutzwirkung der Plattierschicht vermindert wird (Tabellen 6 und 7).

5.4 Arbeitsregeln

Überlege jede Arbeit, bevor du sie beginnst.

Achte streng darauf, daß nur der auf der Zeichnung angegebene Werkstoff verwendet wird. Ist ein Austausch infolge Fehlens des vorgeschriebenen Werkstoffs erforderlich, so ist dafür die Genehmigung des Konstruktionsbüros einzuholen.

Bei schwierigen Verformungen ist das Material öfter einer erneuten Wärmebehandlung zu unterziehen; es ist dann besser verformbar und der Arbeitsaufwand wird verringert.

Abkanten, Bördeln usw. muß langsamer als bei anderen Metallen erfolgen. *Falsche Abkantungen dürfen nicht wieder zurückgeschlagen werden.* Biegekanten sollen nach Möglichkeit quer zur Richtung der Werkstoffaser angeordnet werden.

Alle Abkantungen müssen einen ausreichenden Biegeradius aufweisen. Scharfe Übergänge sind mit einer Hohlkehle zu versehen. *Kanten gut entgraten*, damit Abschürfungen anderer Stücke vermieden werden. Bei der Bearbeitung verwende Werkzeuge und Vorrichtungen mit abgerundeten Kanten, *arbeite auf sauberen Tischen* und lagere die Werkstücke in sauberen Kästen und Regalen, die keine Metallbeläge und keine Beschläge aus Metall haben.

Vermeide die Berührung lackierter Teile mit Öl oder Benzin. *Alle Leichtmetalle und Leichtmetall-Legierungen dürfen keinesfalls mit der Reißnadel angerissen werden*, da solche Risse infolge der Kerbwirkung Anlaß zu späteren Brüchen geben können. Schläge nie einen Bolzen mit einer zu starken Schutzschicht gewaltsam in die Passung.

Geglühtes Duralumin ist nach dem Abschrecken sofort und möglichst rasch zu bearbeiten, da es sich innerhalb der ersten 2 Stunden nach der Wärmebehandlung am besten bearbeiten läßt. *Zur Wärmebehandlung müssen die Werkstücke grundsätzlich in die hierfür zuständige Abteilung gegeben werden.* *Keinesfalls darfst du selbst eine Wärmebehandlung der Teile durchführen.* Legierungen vom Elektronentyp dürfen nicht in das Salpeterbad gebracht werden.

6 Korrosions- und Oberflächenschutz

Sämtliche Metalle, am meisten die „unedlen“, wie Aluminium und Magnesium und deren Legierungen, haben die unangenehme Eigenschaft, daß sie durch die Einwirkung der Luft und insbesondere bei Anwesenheit von Feuchtigkeit durch Korrosion zerstört werden. Die Korrosion erfaßt entweder die gesamte Oberfläche, dann wird der Werkstoff schichtweise zersetzt und abgetragen, oder es bilden sich an einzelnen Stellen kraterförmige Vertiefungen, die dann die Querschnitte erheblich schwächen oder, z. B. bei Rohren und Behältern, zu Undichtheiten führen.

Korrosion gefährdet die Betriebssicherheit!

Der Metallhandwerker muß daher auch wissen, wie die von ihm hergestellten Werkstücke vor Korrosion geschützt werden können. Das kann nur mit Erfolg geschehen, wenn er die Ursachen dafür und die Mittel zu ihrer Bekämpfung kennt.

6.1 Ursachen der Korrosion

Bei der Korrosion spielen sich entweder *chemische* oder *elektrochemische* Vorgänge ab.

Die *chemische Zersetzung* geht entweder von dem Sauerstoff oder von chemisch wirksamen Stoffen, wie Säuren, Laugen, Dämpfen usw., aus. Der Luftsauerstoff verbindet sich mit den Metallen zu Metalloxyden, die Kohlensäure zu Karbonaten usw. Säuren, Laugen und Salze bilden mit den Metallen chemische Verbindungen und lösen sie bei Zutritt von Feuchtigkeit dadurch auf.

Die *elektrochemische Korrosion* tritt dort auf, wo sich zwei verschiedene Metalle berühren und die Berührungsstelle durch eine elektrisch leitende Flüssigkeit (Elektrolyt), z. B. Säuren, Laugen (aber auch Wasser), benetzt wird. Es bildet sich an dieser Stelle ein galvanisches Element. Durch den entstehenden elek-

trischen Strom wird das weniger edle Metall aufgezehrt und dadurch das Werkstück schadhafte.

Die Korrosionsgefahr ist je nach den Spannungsstufen der zwei Metalle verschieden groß. Ordnet man Metalle nach diesen Stufen, so entsteht z. B. folgende Reihe:

Gold, Silber, Kupfer, Blei, Zinn, Nickel, Kadmium, Eisen, Chrom, Zink, Mangan, Aluminium, Magnesium.

Je weiter zwei Metalle in dieser sogenannten „Spannungsreihe“ auseinanderliegen, desto schneller geht die Zerstörung des weniger edlen vor sich.

Je nach Art der Berührungsstelle unterscheidet man

Kontaktkorrosion und interkristalline Korrosion.

Von *Kontaktkorrosion* spricht man, wenn zwei Bauteile aus verschiedenen Werkstoffen sich in Gegenwart eines Elektrolyten elektrisch leitend berühren.

In manchen Fällen genügt als Schutzmaßnahme eine Isolation durch einfachen Lackanstrich. In Fällen besonders starker Neigung zur Korrosion müssen besondere Isolierstoffe in breiigem Zustand (Paste) oder feste, als Elektroisolerstoffe bekannte Werkstoffe zwischengelegt werden.

Die *interkristalline Korrosion* tritt vor allem bei solchen Legierungen auf, deren Gefüge aus Körnern verschiedener Zusammensetzung besteht. Das ist besonders bei den im Flugzeugbau verwendeten Leichtmetall-Legierungen der Fall. Ungeschützte Bauteile aus diesen Legierungen würden bald so stark angegriffen, daß sie die vom Konstrukteur errechneten Belastungen nicht mehr aushalten. Auch Reinelemente sind durch interkristalline Korrosion gefährdet, sobald sie Verunreinigungen enthalten. Diese Metalle werden erst dadurch für den Flugzeugbau brauchbar, daß ihre Oberflächen *dauerhafte Schutzüberzüge* erhalten.

Diese stellt man durch

Anstriche (Grundfarben und ein- oder mehrschichtige Lackanstriche),

metallische Überzüge (galvanische Niederschläge), *chemische* bzw. *elektrochemische Schutzschichten* (Beizen, Eloxieren usw.) her.

Zwischen den Schutzverfahren für Leichtmetall und Stahl bestehen, abgesehen vom Anstrich, grundsätzliche Unterschiede.

6.2 Anwendung der Verfahren

Im Flugzeugbau werden je nach Erfordernis alle Schutzarten angewendet. Stahlteile werden hauptsächlich galvanisch verzinkt und passiviert oder verkadmiet (Schrauben und Normteile). Teile, die nicht oder grob bearbeitet sind, werden gestrichen.

Teile aus Al-Legierungen werden in der Regel eloxiert, außer Magnesium-Legierungen und Silumin, die gebeizt und lackiert werden. Nach dem Zusammenbau werden eloxierte Teile meistens noch mit einem Grundanstrich und einem oder mehreren Lackanstrichen versehen.

6.3 Kurze Beschreibung der Arbeitsverfahren

Das Aufbringen von Schutzüberzügen ist ein umfangreiches Spezialgebiet und soll hier nur kurz behandelt werden.

Anstriche werden fast ausschließlich durch Aufspritzen der Farben oder Lacke mittels Druckluft und nur vereinzelt mit dem Pinsel hergestellt.

6.31 Anstrichfarben

bestehen entweder aus löslichen Farbstoffen oder unlöslichen Pigmenten, die in einem Bindemittel gelöst sind oder in feinst verteilter Form in diesem schweben. Das Bindemittel trocknet ein und bildet auf der Metalloberfläche einen festen, mehr oder weniger dichten Film, der durch die darin eingebetteten Farbkörper verstärkt wird.

6.32 Lacke

bestehen aus natürlichen Harzen oder harzartigen Stoffen (Kunstharzlacke), die in einem Lösungsmittel (z. B. Spiritus, Azeton) aufgelöst sind. Das Lösungsmittel verflüchtigt sich und die Harze fügen sich zu einem sehr widerstandsfähigen und dichten Lackfilm zusammen.

Die Anstriche brauchen eine gewisse Trockenzeit, die vor Weiterverarbeitung der Teile unbedingt einzuhalten ist. Durch Wärme- (z. B. Infrarot-) Strahlung kann die Trockenzeit verkürzt werden.

6.33 Metallische Überzüge

können durch Aufwalzen, Plattieren (vergl. Duralplat) oder durch elektrolytisches Niederschlagen (Galvanisieren) von etwa 1/100 mm dicken Schutzschichten, z. B. aus Zink oder Kadmium, hergestellt werden.

Beim Galvanisieren werden in einer entsprechenden Metallsalzlösung die Schutzmetalle durch den elektrischen Strom aus der Badflüssigkeit in feinverteilter Form als dichte Schicht ausgefällt und auf dem Werkstück niedergeschlagen.

6.34 Chemische Schutzschichten

werden besonders bei Aluminium-Legierungen aufgebracht. Nach dem *M-B-V-Verfahren* (*Modifiziertes Bauer-Vogel-Verfahren*) lassen sich auf rein chemischem Wege oxydische Schutzschichten auf Aluminium und kupferfreien Al-Legierungen erzeugen, die auch einen guten Haftgrund für Lacke darstellen. Die Dicke der Oxydschicht beträgt $1 \dots 2,5 \mu$. Durch das elektrolytische Oxydationsverfahren, das *Eloxal-Verfahren* (Bild 23), ist es möglich, auf Aluminium und seinen Legierungen Aluminiumoxydschichten bis 20μ Dicke zu erhalten. Während beim Galvanisieren ein artfremdes Metall aufgetragen wird, wobei das Werkstück um die Schichtdicke größer wird, wächst die Eloxalschicht, indem sie Werkstoff vom Werkstück durch Oxydieren des Aluminiums zu Aluminiumoxyd verbraucht, in die Oberfläche des Leichtmetalls hinein.

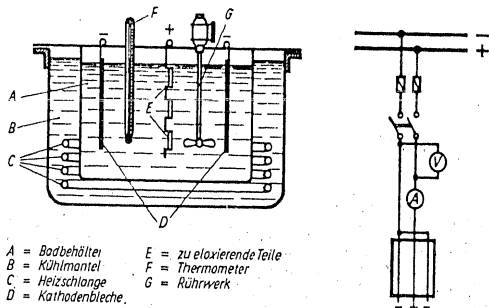


Bild 23: Schematische Darstellung des Eloxalbads und Schaltbild

Die Oxydschicht ist mit dem Grundmetall unlösbar verwachsen. Sie ist sehr hart und nach dem Verdichten korrosionsbeständig (Bild 24).

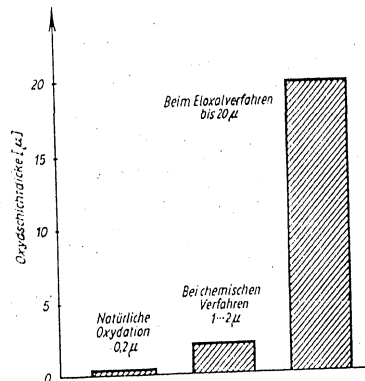


Bild 24: Vergleich der Oxydschicht-Dicken verschiedener Schutzverfahren mit der natürlichen Oxydschicht

Die Eloxal-Behandlung wird an den fertig bearbeiteten Einzelteilen vorgenommen, da nachträgliche Formgebungsarbeiten die Oxydschicht wieder aufreißen und zerstören würden. Das Eloxieren muß am Einzelteil vor dem Zusammenbau vorgenommen werden, da sonst zwischen den Teilen haftenbleibende Salzreste aus dem Bad sich schädlich auswirken würden. In die Bäder dürfen nur die Teile aus Aluminium bzw. seinen kupferfreien Legierungen gebracht werden. In unserem Betrieb gelangt das Gleichstrom-Schwefelsäure-Verfahren zur Anwendung.

6.35 Schutz von Magnesiumlegierungen

Bei Magnesium-Legierungen wird zur Erzielung der Korrosionsbeständigkeit das Bichromat-Salpetersäure-Verfahren, ein Beizverfahren, angewendet. Die entstehende Schutzschicht ist an ihrer goldgelben Farbe erkenntlich; sie bildet einen guten Haftgrund für eventuell nachfolgende Lackierung.

6.4 Vorbereitung für die Schutzbehandlung

Bei allen Schutzverfahren ist vorherige gründliche Reinigung und Entfettung sowie gutes Durchtrocknen der fertig behandelten Teile Vorbedingung für einen einwandfreien Korrosionsschutz.

6.5 Was muß der Metallflugzeugbauer hinsichtlich Korrosionsschutz bei seiner Arbeit besonders beachten?

Vor dem Zusammenbau muß jedes Teil mit einem Korrosionsschutz versehen sein, falls nicht ausdrücklich das Gegenteil gefordert wird. Es ist daher Pflicht, ungeschützt angelieferte Teile vor der Montage mit einem Oberflächenschutz versehen zu lassen. Ein gestrichenes, vor allem aber ein eloxiertes Bauteil soll nicht mehr umgeformt und keinesfalls wärmebehandelt werden.

Die Aufbringung des Korrosionsschutzes ist, je nachdem, nur vom Lackierer oder in der galvanischen Werkstatt durchzuführen. Ist der Oberflächenschutz aufgebracht, so behandle die Teile sorgfältig. Schütze sie vor Schmutz und achte beim Transport darauf, daß sie nicht durch Kratzer beschädigt werden. Bedenke, daß kleine Oberflächenbeschädigungen oft nicht sofort feststellbar sind, sich aber später sehr schädlich auswirken können.

Schweißteile sind besonders sorgfältig zu behandeln. Flußmittelreste sind sehr sorgfältig zu entfernen. Die Anweisung über Beizen und Neutralisieren sowie über zusätzlichen Schutz durch Außen- bzw. Innenanstrich usw. sind genau zu beachten.

Mache dich mit den allgemeinen und den jeweils geltenden besonderen Vorschriften des Oberflächenschutzes der Bauteile, die du zu verarbeiten hast, vertraut.

Hast du Fehler gemacht, so versuche nicht, sie zu verheimlichen, sondern melde sie sofort deinem Meister, damit sie beseitigt werden können. Bedenke, daß kleine Nachlässigkeiten großes Unheil verursachen können! Entdeckst du Materialfehler oder andere Fehler, so melde das ebenfalls sofort deinem Vorgesetzten!

Du zeigst damit Verantwortungsbewußtsein und dein Interesse am Gelingen unserer gemeinsamen Arbeit!

7 Zuschneiden der Leichtmetalle

Jeder Blechbearbeitung im Flugzeugbau geht die Arbeit des Zuschneiders voraus. Seiner Aufmerksamkeit und seinem Geschick sind große Werte an Rohstoffen und Halbzeugen anvertraut. Durch vorsichtige Behandlung der Halbzeuge, durch

zweckmäßige, mit dem geringstmöglichen Abfall aufgeteilte Zuschnitte und durch Verwendung auch der kleinsten Abfallmenge hilft der Zuschneider mit, wertvolles Material und Energie einzusparen.

7.1 Das Material

Dem Zuschneider steht für seine Arbeit das Blech in Tafeln zur Verfügung. Die Normalabmessungen für Tafelbleche sind:

1200 × 2000 mm

Sonderabmessungen in größeren Tafeln bis zu 4000 mm Länge sind nur für entsprechend große Zuschnitte bestimmt.

Verwende die Sonderabmessungen nur dann, wenn die technologischen Unterlagen es vorschreiben oder der Materialdisponent dies ausdrücklich genehmigt.

7.2 Grundsätzliches zum Zuschneiden

a) Arbeite nur an Tischen, die mit einem geeigneten Schutzbelag ausgerüstet sind!

b) Gehe vorsichtig mit dem Material um!

Die meisten Bleche sind mit einer hauchdünnen plattierten Schicht aus Reinaluminium versehen, die nicht verletzt werden darf.

Risse, Kratzer oder Schrammen führen daher zu Ausschuß.

c) Leichtmetalle aller Art dürfen niemals mit der Reißnadel angerissen werden, weil diese Risse wegen der Kerbempfindlichkeit der Werkstoffe zu späteren Brüchen Anlaß geben können. Das Anzeichnen der Leichtmetalle wird nur mit weichem Bleistift vorgenommen. Keinen Kopierstift verwenden!

d) Verwende nur die in den technologischen Unterlagen vorgeschriebenen Werkstoffe, wie z. B. 3126.35 (sowj. D 16 AT); 3126.36 (sowj. D 16 ATB).

Die Verwendung von Austauschstoffen ist nur nach schriftlicher Genehmigung durch das zuständige Konstruktionsbüro und nach Änderung der technologischen Unterlagen zulässig. Die in den Zeichnungen und Zeichnungsstücklisten angegebenen Werkstoffbezeichnungen beziehen sich auf den Endzustand, während die technologischen Unterlagen den Ausgangszustand für den Zuschnitt angeben.

Ist z. B. für ein Bauteil in der Zeichnungstückliste die Werkstoffbezeichnung 3126.35 (sowj. D 16 AT) angegeben, so ist es also durchaus möglich, daß als Ausgangsmaterial 3126.25 (sowj. D 16 AM) zugeschnitten werden muß, das erst während des Arbeitsprozesses durch entsprechende Wärmebehandlung in den Endzustand gebracht wird.

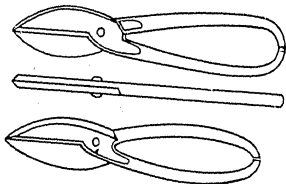


Bild 25: Handblechschere

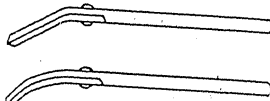


Bild 26: Winkelschere

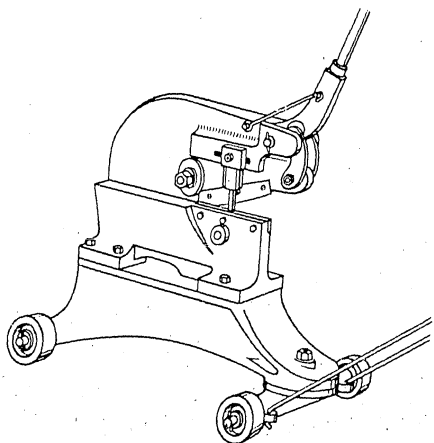


Bild 27: Hebelblechschere

- e) Behandle die Schablonen sorgfältig und halte sie sauber, damit die auf ihnen stehenden Angaben lesbar bleiben.
- f) Vermeide so weit wie möglich Handarbeit, nutze den zur Verfügung stehenden Maschinenpark bestmöglich aus.

7.3 Trennen

Für das Trennen kommen die nachfolgend beschriebenen Methoden, Maschinen und Werkzeuge zur Anwendung:

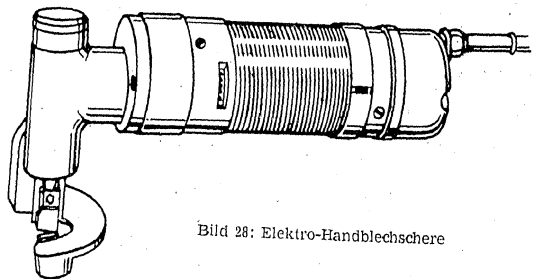


Bild 28: Elektro-Handblechschere

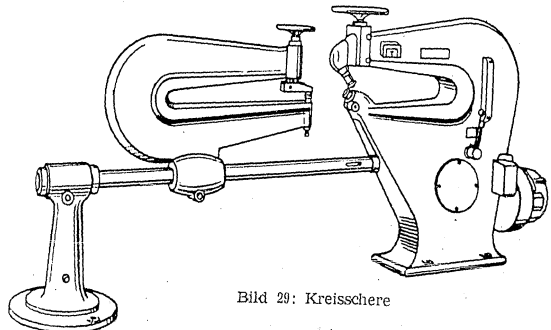


Bild 29: Kreisschere

7.31 Zuschneiden, Abschneiden

Diese Arbeiten sind möglichst maschinell durchzuführen (Bilder 27, 28, 29, 30, 31), da Maschinenarbeit sauberere Schnittkanten als Handarbeit ergibt.

Stahlbleche sind nur auf dazu bestimmten Schlagscheren (Bilder 32, 33) zu schneiden.

Scherenmesser dürfen nur von der dafür bestimmten Werkstatt geschliffen werden. Jede Abweichung vom vorgeschriebenen Schnittwinkel beim Schleifen hat zur Folge, daß sich schmale Streifen beim Schneiden verwinden.

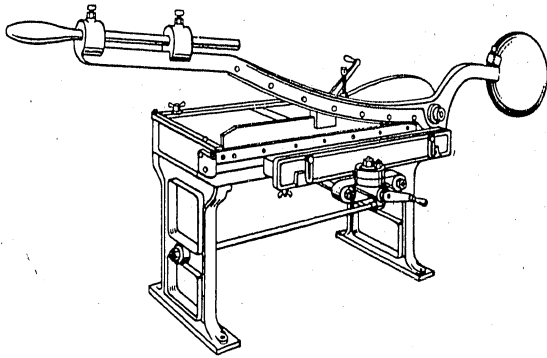


Bild 30: Schlagsehre

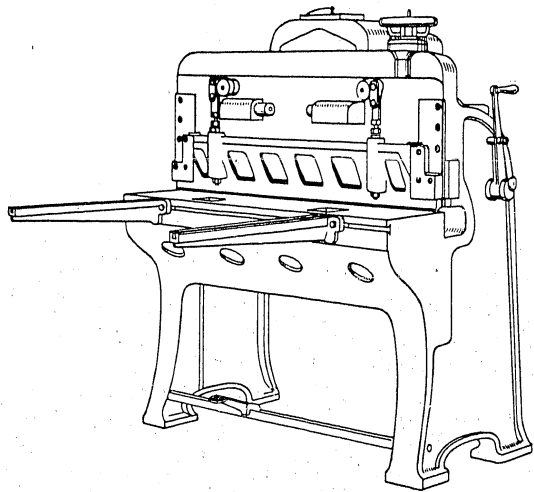


Bild 31: Parallel-Maschinenschere

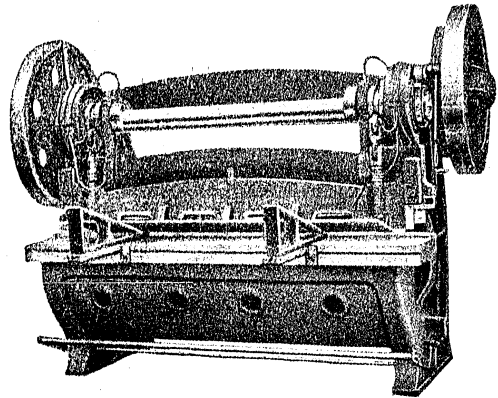


Bild 32: Kraftsehre

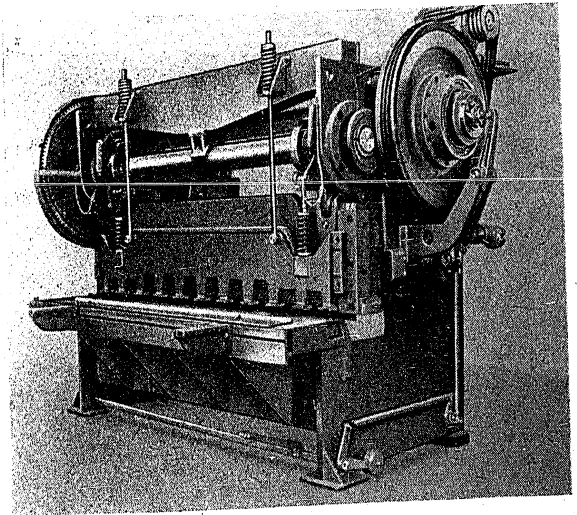


Bild 33: Maschinenschere (Kraftsehre)

Schnittkanten an Zuschnitten für Teile, die auf Streckziehpressen geformt werden, müssen vollkommen glatt ohne Stoß oder Einschnitt verlaufen. Beim Streckziehen führen diese Stöße und Einschnitte zum Einreißen und damit zu Ausschuß.

7.32 Rollenschneiden

Streifenscheren (Bild 34) haben zum Besäumen und Trennen von Blechtafeln und Bändern in unbegrenzter Länge auf eine bestimmte Breite Vorteile (Bild 35). Nur durch Auswechseln der entsprechenden Zwischenbuchsen auf den Messerwellen und Aufstecken der nötigen Anzahl Messerpaare kann man innerhalb der durch die Nutbreite der Maschine und der Dicke bzw. der Ringmesser gegebenen Grenzen jede beliebige Streifenbreite und Streifenanzahl aus den zu verarbeitenden Blechtafeln herstellen.

Auf dem Auflagetisch sind verstellbare Führungsliniale und eine Niederhaltewalze angebracht. Das geschnittene Blech wird hinter den Messern von Transportwalzen erfaßt und aus der Maschine herausgeleitet.

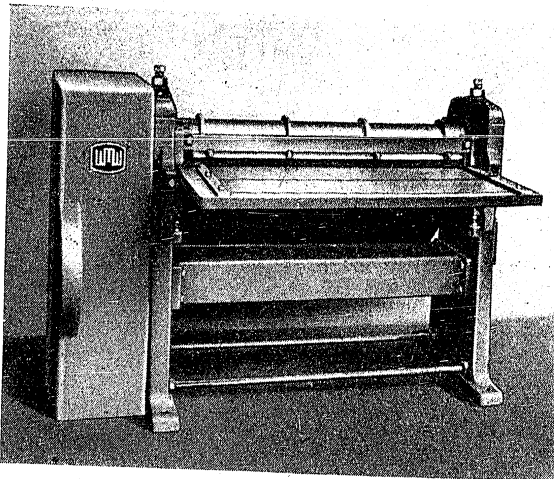


Bild 34: Streifenschiere

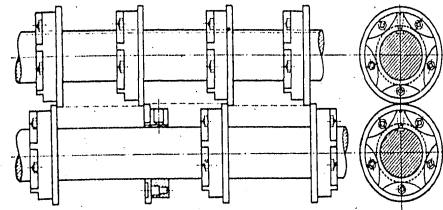


Bild 35: Vielmesser-Anordnung an der Streifenschiere

7.33 Knabbern

Mittels der Aushau- oder Figureschere (Bild 36) können Bleche beliebiger Umgrenzungsformen ausgeschnitten (geknabbert) werden. Dabei kommen Lochstempel zur Anwendung (für Bleche bis 6 mm Dicke). Zum Ausknabbern von Durchbrüchen in Zuschnitten

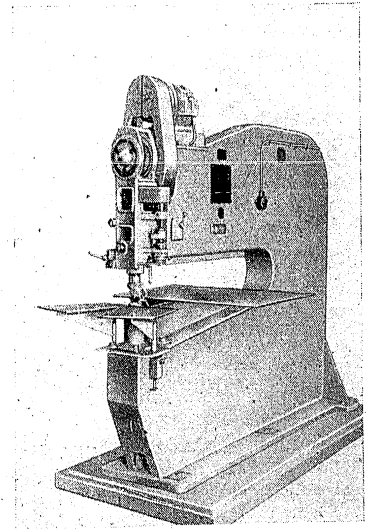


Bild 36: Aushauschere (Knabberschere)

muß vorgelocht werden. Hierbei ist der Hub des Stempels von der Blechdicke direkt abhängig (Bild 37). Das Schneiden mit Messern erfolgt mit flachem Obermesser, das am Untermesser während des Arbeitsablaufs fortlaufend tangiert. Die Hubhöhe h des oberen Messers richtet sich nach der Blechdicke s .

Tabelle 8
Hubtabelle für Rundstempel

s	1	1,5	2	2,5	3	4
h	3	3,4	4,2	4,8	5,2	6
Hubtabelle für Messer						
h	0,6...0,9	0,9...1,2	1,2...1,5	1,5...1,8	1,8...2,2	2,2...2,6

Das Spiel zwischen Niederhalter und Blech muß sehr klein gehalten werden, um ein Flattern des Bleches während des Arbeitsvorganges zu verhindern. Trotzdem muß der Niederhalter leichtes Durchschieben des Bleches gestatten. Das Zuschneiden erfolgt nach Anriß (mit Bleistift!).

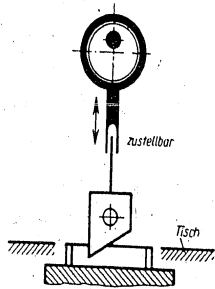


Bild 37a: Messeranordnung bei der Aushauschere

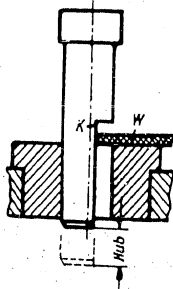


Bild 37b: Lochstempel zum Knabbern

7.34 Lochschnitte

Die Herstellung gelochter Teile aus Metallblechen oder Kunststoff-Folien kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen, die von Fall zu Fall, in der Hauptsache nach der Form und der gegebenen Toleranz, aber auch nach der anfallenden Stückzahl

unter dem Gesichtspunkt der größten Wirtschaftlichkeit auszuwählen sind. Die Herstellung der zu schneidenden Teile erfolgt nach drei typischen Arbeitsverfahren.

Herstellung in zwei getrennten Arbeitsgängen:

- Umgebungsschnitt: Teile in der Umgebung heraus schneiden (Bild 38)
Lochschnitt: Teile nach dem Ausschneiden lochen (Bild 39)
- Folgeschnitt: Teile in einer Folge mit einem Werkzeug lochen und ausschneiden (Bild 40)
- Gesamtschnitt: Teile lochen und ausschneiden in einem Arbeitsgang (Bild 41).

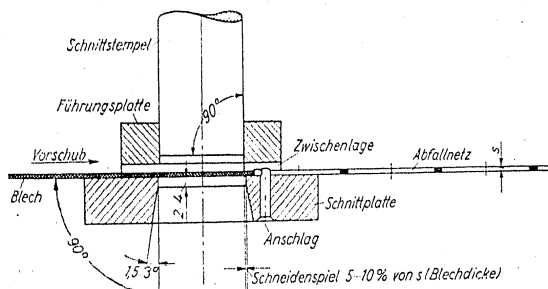


Bild 38: Umgebungsschnitt

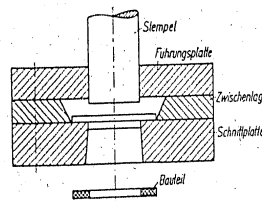


Bild 39: Lochschnitt

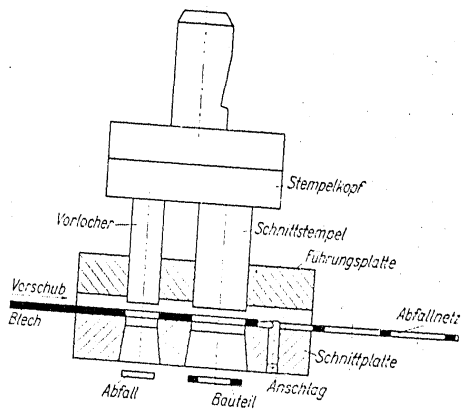


Bild 40: Folgeschnitt

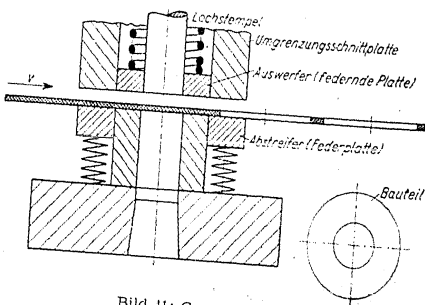


Bild 41: Gesamtschnitt

7.35 Gummischneiden

Es können reine Plattenschnitte mittels Gummi ausgeführt werden. Zum Schneiden weicher Bleche bis zu 1,5 mm Dicke aus Aluminium und seinen Legierungen wird eine harte Stahlblech-Schablone von 6 ... 8 mm Dicke und einer Festigkeit von 50 bis 60 kg/mm² unter das zu schneidende Blech gebracht (Bild 42).

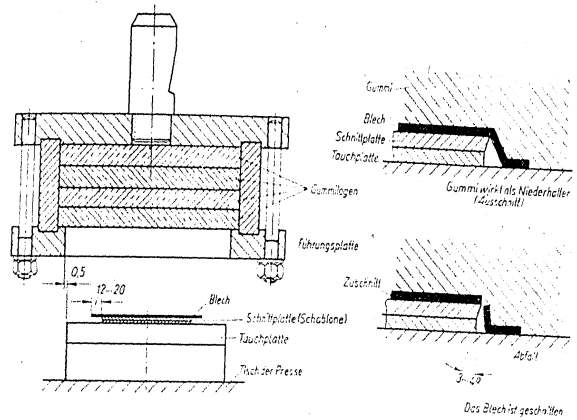


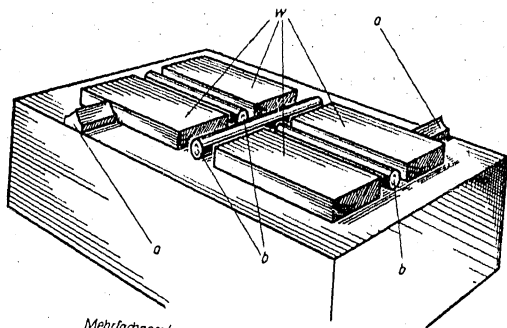
Bild 42: Gummischneiden

Diese wird entsprechend der Form des Bauteils ausgearbeitet und als Schnittplatte verwendet. Der über die Schnittkanten seitlich überstehende Blechrand muß eine Breite von mindestens dem Dreifachen der Dicke der Schnittplatte haben, also durchschnittlich etwa 20 ... 25 mm.

7.36 Rahmenschneiden

Sollen nach Bild 43 beispielsweise vier Werkstücke auf einem Tisch nebeneinander gleichzeitig allseitig beschnitten werden, so wird der äußere rahnenförmige Randabfall durch mindestens zwei Abfallschneider (a) geteilt. Zwischen den vier Schnittplatten (w) werden Rundmaterialabschnitte (b) eingelegt, damit der innen abgescherte Abfall-Werkstoff sich über diese legt und beiderseits herunterklappt. Andernfalls besteht die Gefahr, daß die Abtrennung an nur einer Seite erfolgt und daß sich dann der einseitig abgetrennte Werkstoff an die Seite der danebenstehenden Schnittplatte anschießt und dort nicht abgetrennt wird. Dieser Hinweis ist auch bei manchen Locharbeiten zu beachten. Die Schnittkanten von mittels Gummi geschnittenen Teilen müssen vor der Weiterverarbeitung von der durch das Abreißen des Werkstoffs entstandenen Reißkante befreit werden. Ausschnitte für Bördelringe, Bördellöcher usw. müssen voll-

kommen grat- und rißfrei hergestellt werden, weil andernfalls das Blech beim Ziehen des Bördels von innen heraus einreißt und damit Ausschuß entsteht.



Mehrfachanordnung von Werkzeugen auf der Tauchplatte

Bild 43: Gummi-Rahmenscheiden

7.37 Sägen

Durch Tief- oder Streckziehen hergestellte Teile, geformte Profile, gepreßte Profile, können auf der Bandsäge beschnitten werden (Bild 44).

7.38 Nachformfräsen

Die Nachform-Oberfräsmaschine (Bild 45) dient hauptsächlich zum Nachformen (Kopieren) nach untergelegtem Schablonen-Negativ, das auf einer Sperrholzplatte befestigt ist und an dem auswechselbaren, im Tisch befindlichen, in seiner Höhe verstellbaren Fühlstift vorbeigeführt wird. Die Sperrholzplatte ist auf der Oberseite zur Aufnahme des zu bearbeitenden Werkstücks eingerichtet und mit den entsprechenden Anschlägen und Spannvorrichtungen versehen. Die direkte Übertragung vom Negativ ins Positiv vereinfacht den Arbeitsablauf. Schablone und Werkstück müssen sich leicht am Fühlstift vorbeiführen lassen.

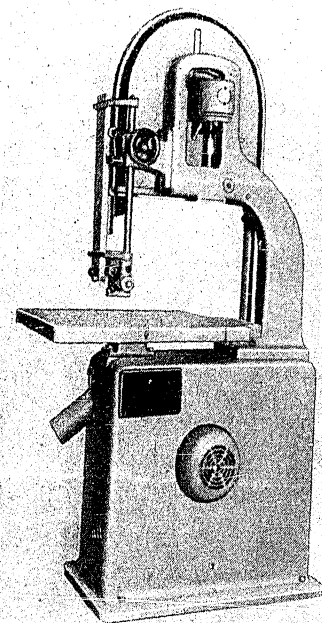


Bild 44: Maschinenäge

7.4 Vorbereitung für die Weiterbearbeitung

7.41 Abbohren von Kanten

Besondere Beachtung verdienen die Abbohrungen der Knickkanten (Bild 46) von Profilen und Blechen. Solche Löcher dürfen auf keinen Fall gestanzt werden, da beim Stanzen Haarrisse entstehen, von denen später Brüche ausgehen können.

Abbohrdurchmesser für verschiedene Blechdicken, (siehe Bild 46)

7.42 Anforderungen an den Zustand der Zuschnitte

Zuschnitte, die auf Streckziehpressen weiterverformt werden, wie Hautbleche, Verkleidungen, Randbogen usw., müssen vollkommen

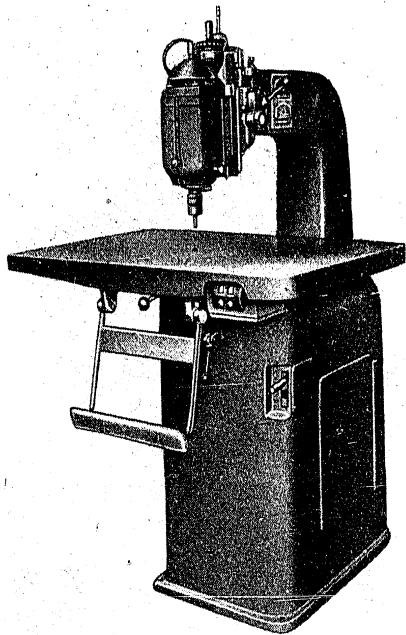


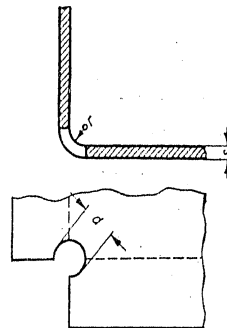
Bild 45
Nachform-
fräsmaschine

glatt ohne Stoß oder Einschnitt verlaufen, da das Blech unter der Beanspruchung beim Streckziehen an diesen Stellen einreißen und Ausschuß würde. Ebenso sollen alle Ausschnitte für Bördelringe, Durchzüge usw. vollkommen grat- und rißfrei sein (Bild 47), da beim Ziehen des Bördels von innen heraus durch Einreißen des Bleches Ausschuß entstehen würde.

8 Blechbearbeitung

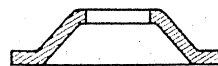
8.01 Abkanten (Bild 48)

Bleche werden auf Abkantmaschinen und Abkantpressen (Bilder 49, 50) abgekantet. Abkantpressen dürfen nur von eingearbeiteten Kollegen bedient werden.



Blechedicke s (mm)	Loch-Ø d (mm)
0,5	3
0,6	
0,8	
1	4
1,2	
1,5	5
2	

Bild 46: Abbohrdurchmesser
für verschiedene Blechdicken



Vor dem Bördeln entgraten

Bild 47: Entgraten

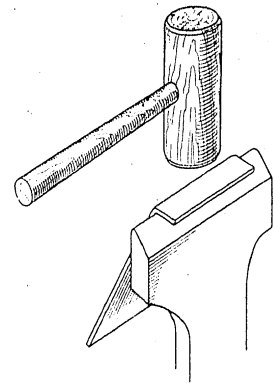


Bild 48: Abkanten von Hand

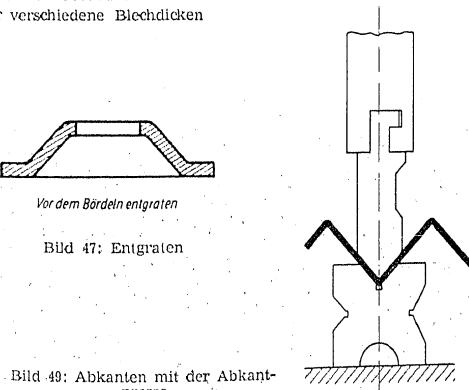


Bild 49: Abkanten mit der Abkant-
presse

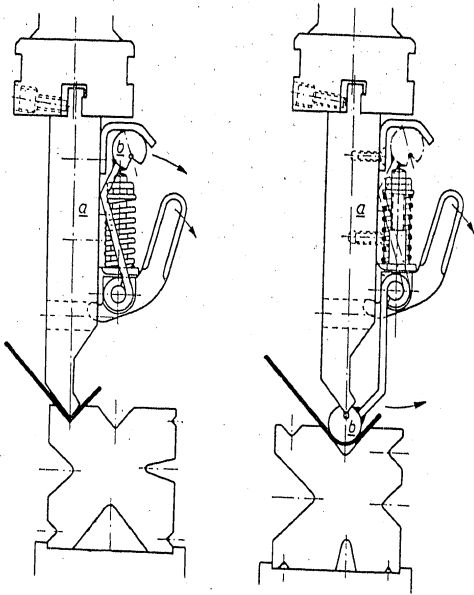


Bild 50: Abkanten mit der Maschine

Abkantmaschinen (Bild 51) stehen für allgemeine Arbeiten zur Verfügung. Jede Abkantmaschine und -presse (Bild 52) ist nur für einen bestimmten Arbeitsbereich zugelassen und gekennzeichnet. Auf keinen Fall darf der eingestellte Arbeitsbereich überschritten werden, da dann durch Überlastung Beschädigungen an der Maschine verursacht werden. *Dural-Bleche müssen vor dem Abkanten veredelt werden. Der vorgeschriebene Biegeradius, der mit dicker werdenden Blechen größer werden muß, ist sorgfältig einzuhalten.*

Tabelle 9. Biegeradien für Bleche

Blechedicke s [mm]	Werkstoffe			
	Elektron	Duralumin	Aluminium	Stahl
	Biegeradius r [mm]			
0,3	1,5	1,5	0,6	0,6
0,4	1,5	1,5	0,6	0,6
0,5	2,5	1,5	0,6	0,6
0,6	2,5	2,5	1	1
0,75				1
0,8	4	2,5	1	
1,0	4	2,5	1,5	r 1,5
1,2	4	4	1,5	
1,25				2,5
1,5	6	4	2,5	2,5
1,75				2,5
2,0	10	6	2,5	2,5

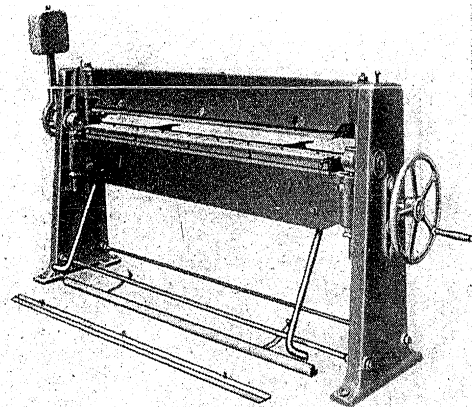
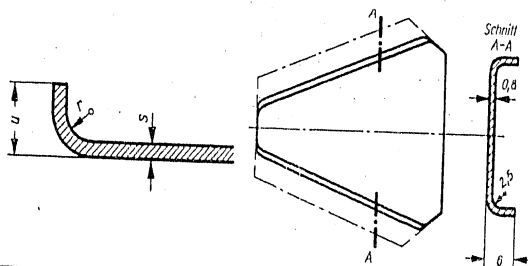


Bild 51: Abkantmaschine

Die Bördelhöhe — Abkantbreite — richtet sich nach der Profilform und der Blechdicke.

Tabelle 10. Bördelhöhen



s [mm]	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4
r [mm]	u [mm]											
0,6 + 0,6	2,5	2,5	2,5	2,5								
1 + 1	4	4	4	4	4	4						
1,6 + 1		4	4	4	4	4	6	6				
2,5 + 1			6	6	6	6	6	6	8	8		
4 + 1					8	8	8	8	8	10	10	
6 + 1,5							10	10	10	12	12	14
10 + 1,5								16	16	16	16	18
16 + 1,5											22	25
Toleranzen für u [mm]	2,5 $\begin{smallmatrix} +1 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$	4 $\begin{smallmatrix} +1 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$	6 $\begin{smallmatrix} +1,5 \\ -1 \end{smallmatrix}$	8 $\begin{smallmatrix} +1,5 \\ -1 \end{smallmatrix}$	10 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$	12 $\begin{smallmatrix} +2 \\ +1 \end{smallmatrix}$	14 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$	16 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1 \end{smallmatrix}$	18 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -1 \end{smallmatrix}$	20 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -1 \end{smallmatrix}$	22 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -1 \end{smallmatrix}$	25 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -1 \end{smallmatrix}$

Auch das Anreißen der Abkantbreiten darf nur mit einem weichen Bleistift erfolgen.
 Stelle Überlegungen an, welche Abkantung von z. B. drei Kantungen du zuerst vornimmst.
 Bei mehreren gleichen Abkantungen Anschlagleiste benutzen.

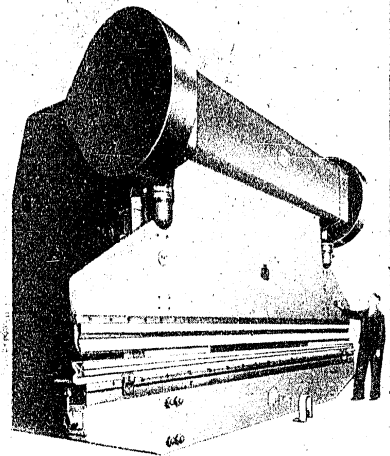


Bild 52:
Abkantpresse

8.02 Biegen von Blechen (Biegestanzen)

Einfache Biegeformen, wie Winkel (Bild 53), U-Formen, flach profilierte Biegungen, auch tiefe Biegeteile, deren Biegungen nicht zu stark in andere Richtungen abweichen und auch nicht einander entgegengesetzte Biegungen haben, lassen sich meist in einem Arbeitsgang herstellen (Bilder 54, 55).

Für verwickelte Formen, die in mehreren Arbeitsgängen hergestellt werden müssen, sind Biegestanzen mit Federauswerfer (Bild 56) oder solche mit gegeneinander beweglichen Biegestempeln und Biegebacken zu entwickeln. Damit lassen sich die Teile oft auch in einem Arbeitsgang herstellen.

Solche Biegestanzen, die nach ihrer Arbeitsweise auch als „folgewirkend“ bezeichnet werden, schonen den Werkstoff. Weiterhin werden mit ihnen Einlegefehler bzw. Werkstoffeinflauffehler in die Biegeform vermieden.

Werkstoffdicke und Einlafradien beachten, letztere sauber polieren. Werkstoff veredelt und sauber entgratet einlegen. Soge-

nannte Ziehriefen dürfen sich am Fertigteil nicht zeigen. Die Einlaufkanten, über die der Werkstoff in die Biegeform einläuft, müssen mit mindestens 3 mm gerundet sein.

Zu kleine Radien drücken sich in den Werkstoff ein und bremsen den Einlauf in die Biegeform, dadurch tritt eine Schwächung des Werkstoffs an der Biegekante ein, die zum Bruch führen kann.

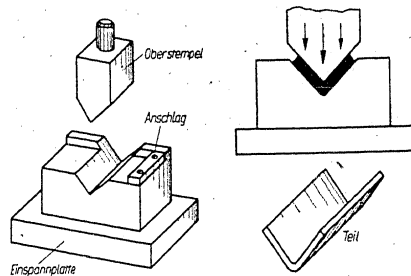


Bild 53: Biegestanzen

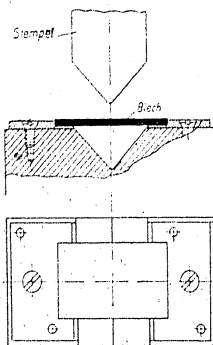


Bild 54: Biegestanzen eines einfachen Winkels

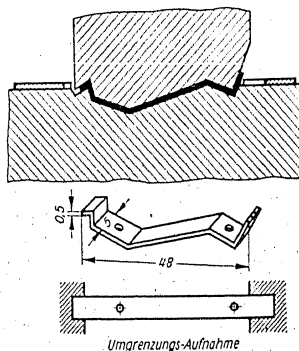


Bild 55: Biegestanzen einer komplizierten Form in einem Arbeitsgang

Außerdem ergeben Biegekanteneindrücke ein schlechtes Aussehen des Teiles. Bei dickem Werkstoff Vorbiegekanten vorsehen (Bild 57).

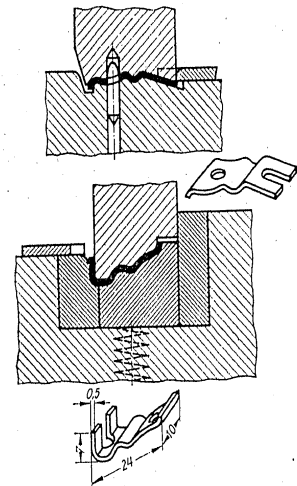


Bild 56: Biegestanzen verwickelter Formen. Verwendung des Federauswerfers

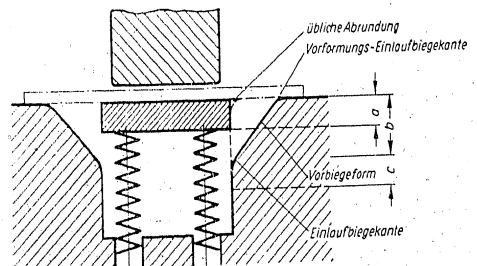
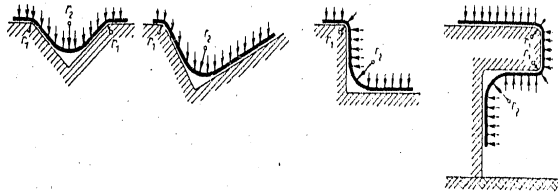


Bild 57: Biegestanzen mit Vorbiegekanten

Tabelle 11. Biegeradien (siehe auch Seite 117)



r1 Biegeradius

r2 Radius in Abhängigkeit von der Blechdicke und dem Verformungsgrad, nach folgender Formel berechnet:

$$r_2 = \frac{s \cdot \sigma}{p} \text{ cm}$$

Umformungsbereich
 $\delta = 10 \dots 18 \%$

entspricht einer Spannung
 $\sigma = 26 \dots 29 \text{ kg/mm}^2$

Gummiqualität 60 Shore

s Blech- dicke	r ₂ ermittelt		p Preßdruck [kg/cm ²]
	durch Versuch	durch Rechnung $\delta = 10 \dots 18\%$	
0,4	4	3,5...3,9	300
0,5	5	4,4...4,9	300
0,6	6	5,2...5,8	300
0,8	8	6,9...7,8	300
1,0	9,5	8,6...9,7	300
1,2	11,5	10,4...11,6	300
1,5	13,5	13,0...14,5	300

Lochungen an Biegestellen vor dem Biegen sind zu vermeiden. Der Abstand einer Lochung von der Biegung muß mindestens 2 sr sein (s Werkstoffdicke, r Biegungshalbmesser)

Die gestreckte Länge des Teils ist durch Ausprobieren genau zu ermitteln. Sie hängt sehr davon ab, in welchem Umfang der einlaufende Werkstoff zwischen Biegestempel und Biegeunterteil festgehalten wird.

Werkstoffart und -härte sowie der Schlupf sind ebenfalls Faktoren, die die gestreckte Länge stark beeinflussen. Je härter der Werkstoff ist, um so mehr federt eine Biegung nach dem Aufheben des Stempeldrucks auf.

Biegestanzen sind auszuprobieren. Die auftretende Auffederung ist entsprechend in das Werkzeug einzuarbeiten.

Zum Biegestanzen können verschiedene Pressen (Bilder 58, 59, 60) je nach Art der Ausführung der Werkzeuge Verwendung finden.

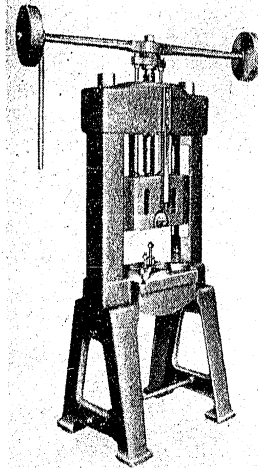


Bild 58: Handspindelpresse

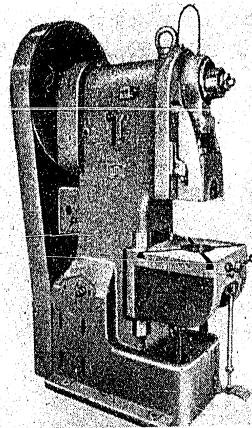


Bild 59: Einständer-Exzenterpresse

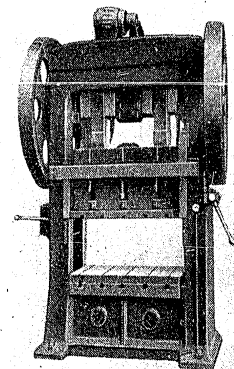


Bild 60: Schwere Kurbelpresse

8.03 Runden von Blechen und Profilen

Durch Runden werden Bleche und Profile in gebogene Formen, wie Kreisbogenform oder andere Krümmungen, gebracht. Bei der Berechnung der Abwicklungen (gestreckte Längen) kann in den meisten Fällen die Blechdicke wegen des verhältnismäßig großen Rundungshalbmessers unberücksichtigt bleiben.

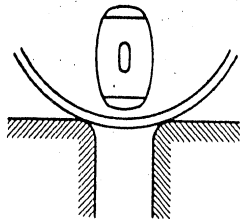


Bild 61: Runden von Hand

Runden von Hand:

Schmale Blechstreifen, nicht Bänder, können zwischen Unterlagen mit abgerundeten Kanten gerundet werden (Bild 61). Dabei ist es wichtig, daß zuerst die Enden der Bleche angerundet werden, weil diese andernfalls gerade oder fast gerade bleiben und sich dann am fertig gerundeten Werkstück schlecht nacharbeiten lassen.

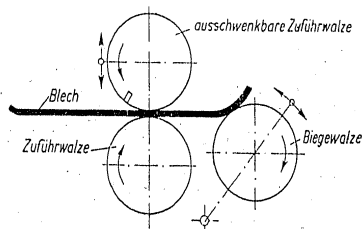


Bild 62: Runden mit der Rundmaschine

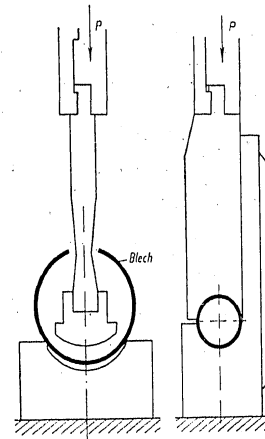


Bild 63: Runden mit der Abkantpresse

Runden von Blechen in der Maschine:

Beim Runden in der Rundmaschine (Bild 62) wird der Biegehalbmesser durch die Einstellung der Biegewalze bestimmt. Um Kegelmäntel zu runden, kann die Biegewalze auch schräg zu den Zuführwalzen gestellt werden. Die obere Zuführwalze kann zum Abstreifen des fertig gerundeten Werkstücks ausgeschwenkt werden (Bilder 63, 64, 65).

Zum Ausrunden wird das Blech zwischen die Zuführungswalzen geführt und am freien Ende angehoben. Zu eng gestellte Zuführungswalzen walzen das Blech hart; unter Umständen biegen sie sich dann unter dem Druck durch und strecken das Blech an den Außenrändern.

Um beim Runden das Zerkratzen der Oberfläche zu verhüten, sind die Bleche zwischen Papier gelegt zu runden.

Runden von Profilen:

Das Biegen von Profilen erfolgt für spezielle Fälle durch Schweißen, Einziehen, Formstanzen, Streckziehen und mittels Ziehbügel.

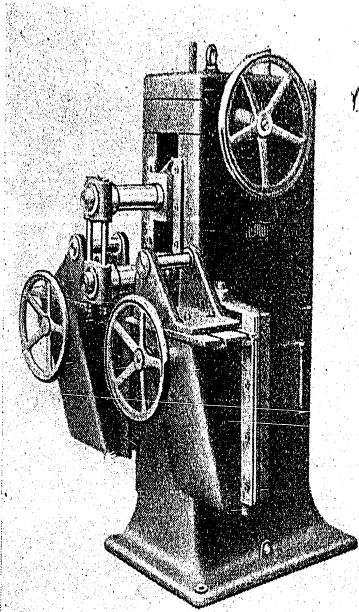


Bild 64:
Biegemaschine

Im allgemeinen wird das Runden von Profilen auf der Profilrundmaschine durchgeführt.

Die Maschine wird von Hand bedient und hat Walzen, die den Profilen entsprechen.

Die Biegewalze wird allmählich zugestellt, wodurch das Runden in mehreren Durchgängen erfolgt und Faltenbildung vermieden wird. Besonders zeitraubend ist das Runden von Profilen in eine von der Kreisform abweichende Kurvenform.

8.04 Bördeln

Unter Bördeln (Bild 66) versteht man das Aufstellen von Blechkanten an Werkstücken mit beliebig geformten Umgrenzungslinien. Das Einrollen freistehender Blechkanten, wenn die Kante

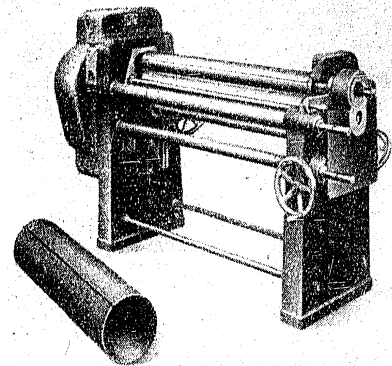


Bild 65:
Dreiwalzen-
Blechblege-
maschine

keinen Abschluß durch ein Verstärkungsprofil findet, fällt ebenfalls unter den Begriff „Bördeln“. Das Bördeln kann von Hand (Bilder 67, 68) oder mit der Maschine (Bild 69) durchgeführt werden. Bördeln von Hand soll man nur, wenn die Maschine sich nicht anwenden läßt.

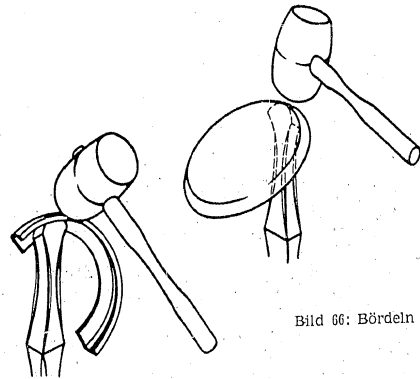


Bild 66: Bördeln von Hand

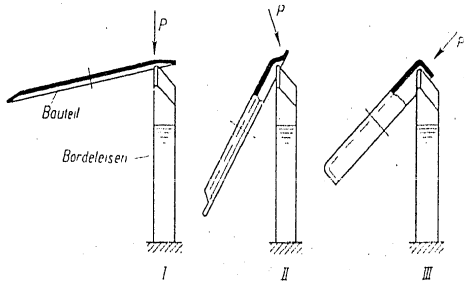
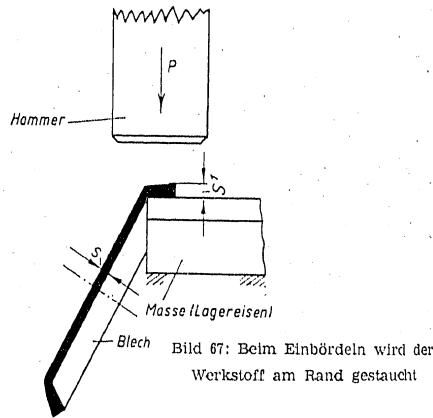


Bild 68: Stufenweise Umformung beim Bördeln

8.05 Schweißen

Beim Schweißen werden durch Strecken des Werkstoffs Blechstreifen oder Blechprofile gekrümmt oder gerichtet (Bild 70). Ränder können auch durch Schweißen aufgebördelt oder an gerundeten oder getriebenen Blechkörpern sowie an Rohren aufgeweitet werden. Werkstoffe lassen sich um so besser schweißen, je größer die Bruchdehnung δ_B ist und je niedriger die Streckgrenze liegt.

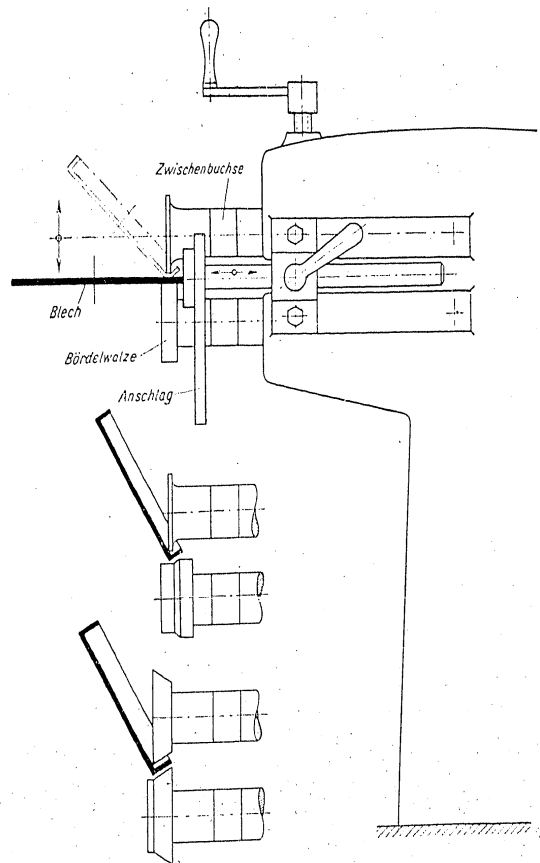


Bild 69: Bördeln mit der Maschine

Schweißen von Hand:

Die Hammerschläge müssen gleichmäßig verteilt sitzen (Bild 71), um ungleichmäßiges Krümmen oder die Bildung von Rissen zu vermeiden. Die Finne des Hammers (Schweif-, Sicken- und Handhammer) muß immer auf den Mittelpunkt der Krümmung gerichtet sein (Bild 72) und so verkantet werden, daß nur dreiviertel der Schweißbreite getroffen wird (Bild 73).

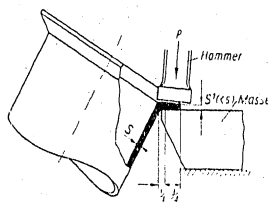


Bild 70: Schweißen von Hand

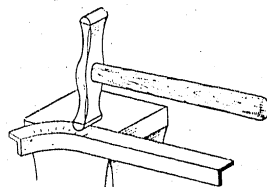


Bild 71: Schweißen eines Winkelprofils von Hand

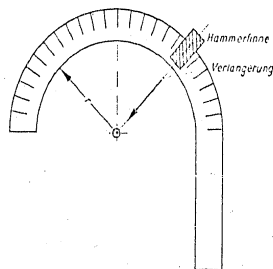


Bild 72: Haltung der Hammerfinne

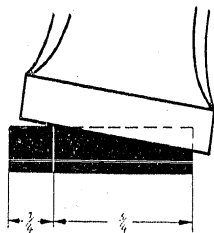


Bild 73: Verkanten des Hammers beim Schweißen

Bei Blechstreifen reckt sich auch zum Teil das restliche Viertel der Breite mit durch, ohne vom Hammer getroffen zu werden. Auf der Innenseite der Krümmung staucht es sich zum Teil zusammen. Dadurch wird das Längen der Streifen vermieden.

Schweißen mit der Maschine (Bild 74):

Der obere Backen des Schweißwerkzeugs wird durch einen mit Druckluft angetriebenen Stößel in schnelle Hubbewegungen ver-

setzt. Der Gummiring federt den Backen beim Zurückgehen des Stößels zurück. Die starke Abrundung des unteren starren Backens vom Werkzeug verhindert es, daß Profile beim Schweißen auch in der Biegerundung gestreckt werden. Die Stellschraube muß so eingestellt sein, daß, wie beim Schweißen von Hand, etwa dreiviertel der Breite vom oberen Backen erfaßt werden.

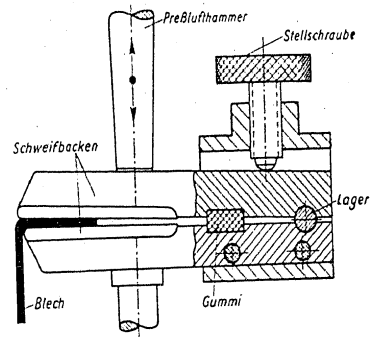


Bild 74: Schweißen mit der Maschine

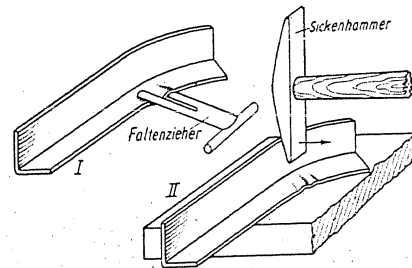


Bild 75: Stauchen und Einziehen von Hand

8.06 Stauchen oder Einziehen (Bild 75)

Stauchen oder Einziehen ist ein Arbeitsgang, der dem Verkürzen einer Blechkante dient (Bild 76) und mit Hand- oder Maschinenwerkzeugen ausgeführt wird (Bild 77).

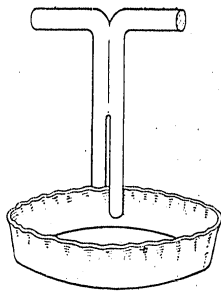


Bild 76: Wellenlegen

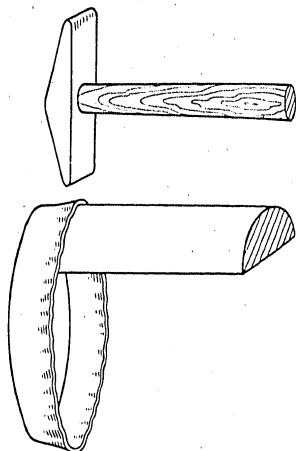


Bild 77: Stauchen (Einziehen) der Wellen von Hand

Die Stauchzange (Bild 78) ist das Hand-Stauchwerkzeug, das bei Teilen, die schlecht zugänglich sind, Verwendung findet (Bild 79). Die zu stauchenden Bleche müssen sauber, d. h. fett- und farbfrei, sein.

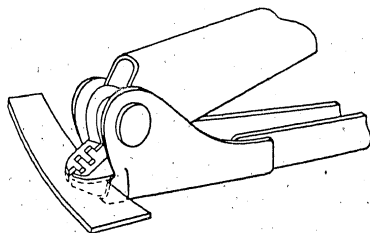


Bild 78: Stauchen (Einziehen) mit der Stauchzange

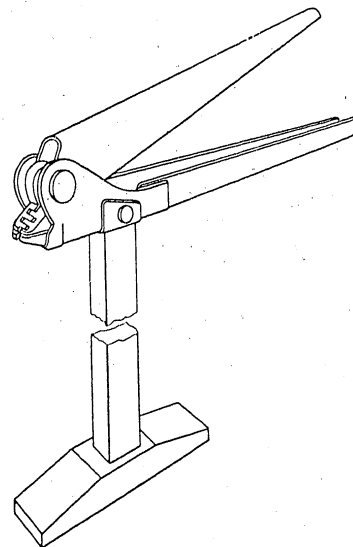


Bild 79: Stauchvorrichtung (stationär)

Sichtbare Kerben dürfen nicht entstehen. Hartgewordenes Blech muß geglüht werden, wenn noch weiter verformt werden soll. Vor dem Arbeiten mit der Stauchmaschine (Bild 80) muß beachtet werden, daß die Stempel nicht zu dicht zueinander eingestellt sind, da sonst das Blech zerquetscht werden kann. Halte die aufgerauhten Backen (Bild 81) sauber und reinige sie von Zeit zu Zeit mit weichem Blech (Dural, Aluminium, Kupfer). Die Gleitflächen muß man ölen, jedoch nicht so, daß das Öl auf die aufgerauhten Flächen kommen kann. Selbständige Reparaturen an Stauchwerkzeugen dürfen vom Bedienenden nicht ausgeführt werden.

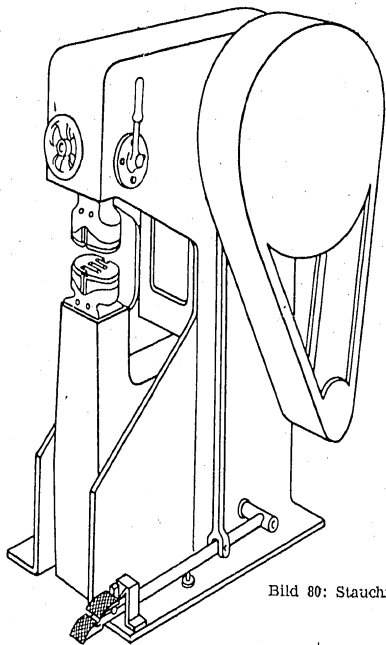


Bild 80: Stauchmaschine

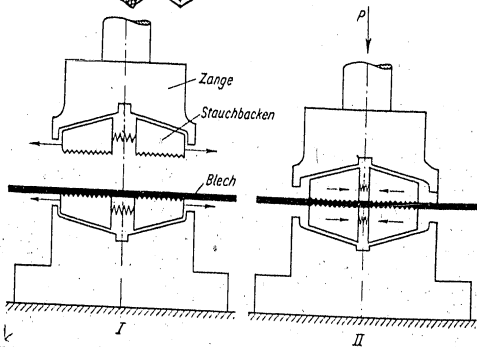


Bild 81: Schematische Darstellung des Stauchens mit der Maschine

8.07 Treiben

Während das Stauchen ein Blech verkürzt, wird beim Treiben das Blech verlängert. Das Treiben wird bei der Herstellung gefäßähnlicher Teile angewandt (Bild 82). Vorwiegend wird die Treibarbeit unter Benutzung von Handwerkzeugen durchgeführt (Bilder 83, 84). Mechanisch angetriebene Treibhämmer lassen sich nur bei größeren Werkstücken verwenden.

Beim Treiben von Leichtmetallen ist zu beachten: Durch das Hämmern eingetretene Härtesteigerungen sind durch Lösungsglühen zu beseitigen.

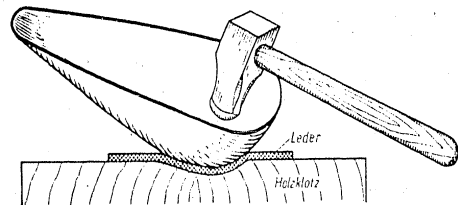


Bild 82: Treiben von Hand

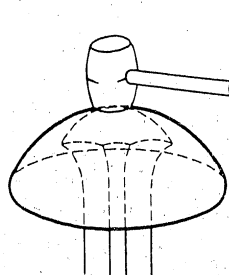


Bild 83: Treiben auf besonders geformter Unterlage

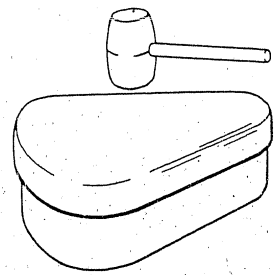


Bild 84: Treiben über Holz- oder Eisenformen

Nach Möglichkeit auf weichen Unterlagen (Lederkissen, Holz oder Gummi) treiben. Als Schlagwerkzeug ist der Holz-, Kunststoff- oder Gummihammer zu benutzen.

Treibe mit Gefühl, schlage nicht zu hart, sonst reißt das Material ein.

Treiben mit dem mechanischen Treibhammer:

Der mechanische Treibhammer eignet sich für die Formung von Teilen mit stark bauchiger Form. Durch die außerordentlich günstige Schlagwirkung und die feine Regulierbarkeit vom leichtesten bis zum wuchtigen Schlag ist dieser für Treib-, Schlicht- und Polierarbeiten vielseitig verwendbar. Zur Fertigstellung von Treibarbeiten ist es immer notwendig, zu schlichten oder zu glätten damit die Oberfläche vollkommen glatt und schlagfrei wird. Das Glätten von Hand erfolgt mit leichten Schlägen. Das Werkstück wird auf dem Treibholz oder auf polierten Unterlagen geführt.

8.08 Glätten

Die Glättmaschine (Bild 85) ist für das Glätten von getriebenen Teilen entwickelt worden.

Durch Anstellen der unteren Glättrolle und durch Hin- und Herschieben des Bleches zwischen den Glättrollen wird das Blech glatt gewalzt.

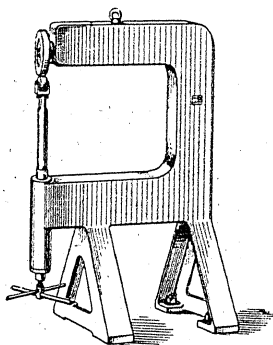


Bild 85: Glättmaschine

Weitere Anwendung findet die Maschine zum Glätten von Rumpf und Flügelhautbahnen. Dünnere Bleche sind zur Formung auf der Glättmaschine besonders geeignet, da die gleichmäßige, nur strichweise Beanspruchung des Bleches gegenüber dem harten Schlag des Treibhammers die Blechoberfläche schont.

Beim Formen von größeren Blechen auf der Glättmaschine soll man immer von der Mitte nach den Außenkanten zu arbeiten. Beim Einführen der Hautbahnen zwischen die Glättrollen ist darauf zu achten, daß ihre Ränder nicht gestreckt werden.

8.09 Metalldrücken

Die Anwendung des Metalldrückverfahrens erspart das zeitraubende Treiben oder Aufziehen von Hand mit dem Treibhammer durch den Einsatz einer mechanischen Einrichtung, die das Formen der Bleche wesentlich beschleunigt. Das Metalldrücken ist in gewisser Hinsicht auch ein „Treiben“. Die Formungsarbeit, die der Schlag des Treibhammers am Werkstoff leistet, wird beim Drücken durch die Hebelkraft des Druckwerkzeugs vollbracht, und die Dehnung, die beim Treiben dadurch erzielt wird, daß die Schläge des Hammers die Werkstoffmoleküle verlagern, wird durch die Maschine beim Drücken wesentlich schneller und gleichmäßiger erreicht. Wir finden also beim Drücken die mechanischen Vorgänge des Treibens in konzentrierter und verstärkter Form wieder (Bilder 86 und 87). Aus dem Flugzeugbau ist das Metalldrücken nicht hinwegzudenken.

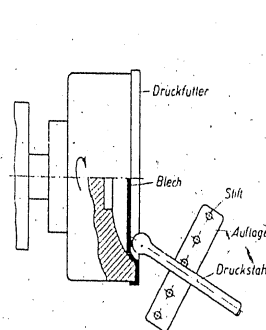


Bild 86: Innendrücken

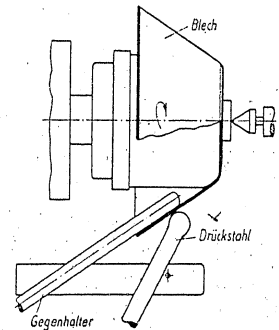


Bild 87: Außendrücken

Geringe Stückzahlen der zu fertigenden Einzelteile rechtfertigen die Anfertigung von meist sehr teuren Stanz- und Ziehwerkzeugen in den meisten Fällen noch nicht. In solchen Fällen ist das Metalldrücken die wirtschaftlichste Form der Fertigung. Die *Drückbank* (Bild 88) ist, im Grunde genommen, eine schnell laufende Drehmaschine mit Spindelstock, Maschinenbett und Reitstock. An der Stelle des Supports befindet sich die Auflage für das Drückwerkzeug, ähnlich wie bei der Holzdrehmaschine des Drechslers. Bei neueren Maschinen findet man hier, besonders für das Drücken von Stahl, wieder einen supportähnlichen Aufbau, der der mechanischen Führung des Drückwerkzeugs dient, das in diesem Falle dann eine Drückrolle ist.

Auf dem Spindelgewinde sitzt das jeweilige Formwerkzeug. Zwischen dem Reitstock und diesem wird das Werkstück (Ronde) geklemmt. Die Pinole des Reitstockes hat das übliche Gewinde, für das Schnellspannen einen Spannhebel. Der Drückstahl wird, von Hand gestützt auf die Auflage geführt.

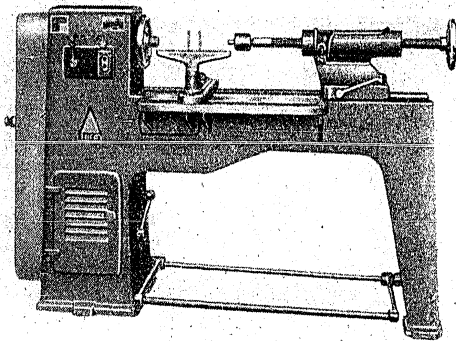


Bild 88: Drückbank

Bild 89 zeigt die vom Drücker in der Hauptsache verwendeten Werkzeuge zur *Verarbeitung von Nichteisen-Metallen*. Für das *Drücken von Stahlblechen* sind entsprechende Messingknüppel oder Drückrollen zu verwenden.

Die Formwerkzeuge (Drückfutter) entsprechen hinsichtlich ihrer Abmessungen und ihrer Gestalt der Innenform des herzustellenden Teils. Der zur Herstellung der Futter verwendete Werkstoff richtet sich nach der Stückzahl der zu fertigenden Teile. Bei einem Einzelteil bzw. bei kleinen Stückzahlen genügt die Anfertigung aus trockenem Buchenholz. Geeignet ist auch Apfel-, Birnbaum-, Buchsbaum- und Akazienholz.

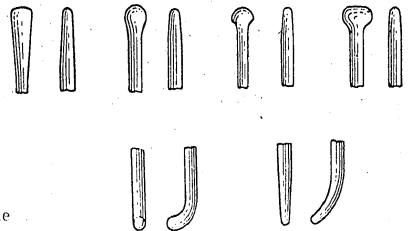


Bild 89: Drückstähle

Bei höheren Anforderungen an die Futter, z. E. zum Zweck der Fertigung größerer Stückzahlen mit über die ganze Serie hinweg erforderlicher gleich großer Genauigkeit, können

Stahl, Grauguß, Plastefol, Zink sowie auch alle Arten von Leichtmetallen

verwendet werden.

Man unterscheidet je nach der geforderten Werkstückform die in den Bildern 90 bis 93 gezeigten Futter.

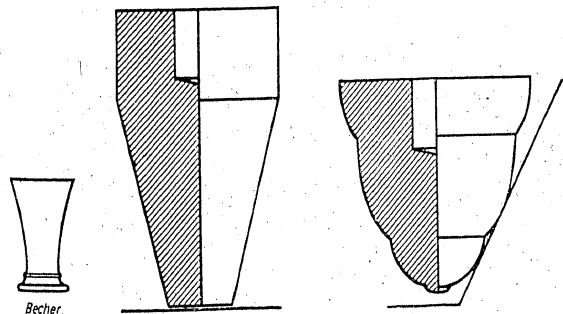


Bild 90: Vorzieh-Futter

Bild 91: Fertigfutter

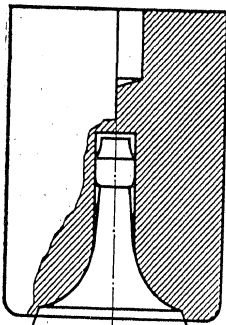


Bild 92: Einziehfutter

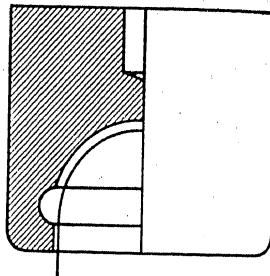


Bild 93: Hohlfutter

Zum Drücken geeignete Werkstoffarten:

Stahlbleche:

Dicken bis 1,2 mm manuell, ab 1,2 mm je je nach Form und Verhältnis; Höhe zu Durchmesser mit Hilfe von Support und Heberolle (Bild 94).

Zwischenglühen gegebenenfalls erforderlich, Drehzahl der Spindel je nach Größe der Teile, im Durchschnitt etwa 750 U/min.

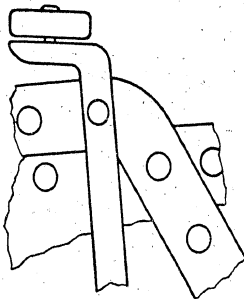


Bild 94: Heberollen zum Drücken

Weißblech:

Vorteilhaft holzkohlengeglühte Bleche, verzinkt. Dicke 0,24 ... 0,64 mm.

Aluminium, weich:

Unterteilung des Fertigungsgangs in Vor- und Fertigdrücken ist nicht notwendig.

Zwischenglühen nur bei Teilen erforderlich, die sich stark verjüngen (einziehen). Einzuziehendes Stück in Bleibad tauchen.

Drehzahlen nach Teil und Größe verschieden; bis zu 2000 U/min.

Duralumin:

Ist nur in weichgeglühtem Zustand zu bearbeiten. Unterteilung des Herstellungsgangs in Vor- und Fertigdrücken je nach Größe und Tiefe der Teile erforderlich.

In veredeltem Zustand muß es sofort bearbeitet werden. Aus weichgeglühtem Blech in einem Arbeitsgang fertigunggedrückte Teile sind auszuhärten und nachzudrücken.

1. Weichglühtemperatur: 350° C
Verarbeitungsfrist: unbegrenzt
2. Aushärtetemperatur: 500° C
(Veredlung)
Verarbeitungsfrist: 2 Std.
Drehzahlen wie bei Stahlblech.

Kupferblech:
(auch Tombak weich)

Deformationsfähigkeit wie bei Aluminium. Es läßt sich bis zu einer Tiefe von ungefähr 50% des Durchmessers der Platine oder Ronde drücken.

Zwischenglühen erforderlich. Vor dem Glühen am Rand die Spannung aus-hämmern. Glühtemperatur 500° C (Rotglut im Dunkeln) und sofort in kaltem Wasser abschrecken! Drehzahlen wie bei Stahlblech.

Kupferlegierungen:

Lassen sich gut deformieren. Bei Abstufungen sind Drückfolgen erforderlich.

lich. Dabei muß zwischengeglüht werden. Vor dem Glühen die Teile mit dem Holzhammer am Rande hämmern, um die Spannungen etwas auszulösen. Der Rand kann etwas zurückgeholt werden.

Zinkblech:

Ist sehr weich und biegsam, ist aber so gut wie nicht dehnbar. Es kann jedoch sehr gut bei einer Temperatur von 180 bis 200° C bearbeitet werden. Der Drückvorgang ist rasch durchzuführen, um der Abkühlung zuvorzukommen.

Richtige Bearbeitungstemperatur wird erkennbar, wenn auf die Ronde ein Tropfen Öl (oder Talg) gebracht wird. Wird der Ölfleck dunkelbraun, dann ist die nötige Temperatur erreicht. Drehzahlen wie bei Stahlblech.

Elektron:

Bearbeitungszeit und sonstige Bedingungen wie bei Zink. Material wird ebenfalls angewärmt.

8.10 Sicken

Die Sicke ist eine rinnenartige Vertiefung in Blechen und dient zur Versteifung größerer Flächen. Das Sicken kann sowohl von Hand (Bild 95) als auch mit der Maschine ausgeführt werden. Das *Sicken von Hand* findet seltener Anwendung, weil dabei keine Gewähr für die werkstoffgerechte Behandlung des Materials gegeben ist. Es besteht die Gefahr der Bildung von Rissen.

Beim *Sicken mit der Sickenmaschine* (Bild 96) kann der Werkstoff sicherer vor Überbeanspruchung bewahrt werden. Dazu muß die obere Sickenwalze beim Sicken langsam angestellt werden; denn durch zu schnelles Anstellen der Walze wird das Blech in den Punkten 0 (Bild 97) überdehnt und reißt dann leicht ein. Ferner müssen die beiden Sickenwalzen genau übereinander stehen, weil sonst der Werkstoff einseitig gequetscht und damit ebenfalls geschwächt wird (Bild 98).

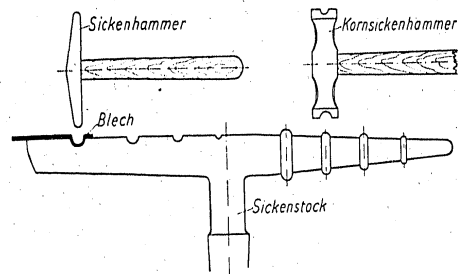


Bild 95: Sicken von Hand

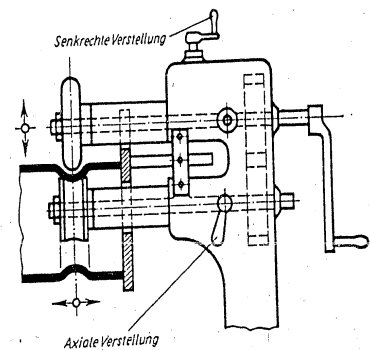


Bild 96: Sicken mit der Sickenmaschine

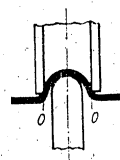


Bild 97: Werkstoffbeanspruchung beim Sicken

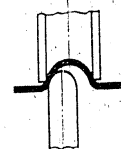


Bild 98: Wirkung versetzter Walzen beim Sicken

Wird das Blech beim Sicken durch Anschlag geführt, dann muß die führende Blechkante sorgfältig gerade geschnitten sein, sonst wird die Sicke krumm (Bild 99).

Beim Zuschneiden von Blechen müssen für das Sicken Bearbeitungszugaben gemacht werden, da der Werkstoff von der Fläche her in die Sicke hineingezogen wird.

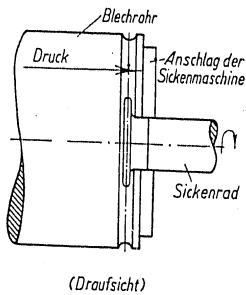


Bild 99: Sicken mit Anschlagführung
(Draufsicht)

8.11 Absetzen, Durchsetzen, Falzen, Versteifen

8.111 Absetzen, Durchsetzen

Bei Überlappungen, die sich beim Zusammenbau zweier Blechteile ergeben, ist es meist erforderlich, das eine Teil um die Blechdicke abzusetzen bzw. durchzusetzen, um eine ebene Oberfläche zu erzielen.

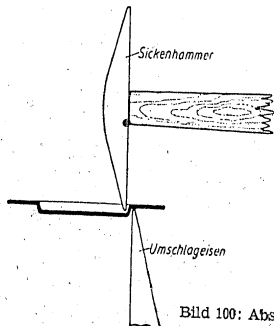


Bild 100: Absetzen von Hand

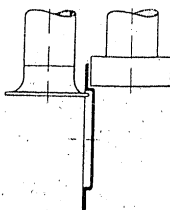


Bild 101: Absetzen mit der Maschine

Das Absetzen bzw. Durchsetzen erfolgt:

von Hand mit Sickenhammer und Umschlageisen (Bild 100) oder mit Holzhammer und Formeisen, maschinell mit der Sickenmaschine (Bild 101), der Aushauschere (Figureschere) oder der Abkantpresse sowie durch Biegestanzen.

Bei Ausführung der Arbeiten sind die vorgeschriebenen Radien und Maße unbedingt einzuhalten.

8.112 Falzen

Rohre, Behälter u. a. aus Blech können durch Falzen zusammengefügt werden.

Im Flugzeugbau wird dieses Verfahren jedoch selten und nur bei Teilen untergeordneter Art angewendet. Die gewählte Falzform bedingt entsprechendes Herrichten des Werkstücks (Bild 102).

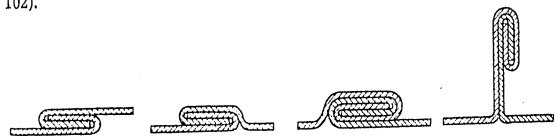


Bild 102: Falzverbindungen
(von links nach rechts): einfacher Falz;
durchgesetzter Falz;
durchgesetzter Doppelfalz;
doppelter Stehfalz

Das Falzen kann durch

Abkanten,
Bördeln,
Schweifen oder auch

mit Hilfe der Sickenmaschine erfolgen.

Die Falzbreite beträgt je nach Blechdicke 5 ... 10 mm.

Die Falzugaben betragen bei einfachem Falz die dreifache Falzbreite und bei doppeltem Falz die fünffache Falzbreite.

Das *Zurückdrücken des Falzes* erfolgt mit dem Holzhammer auf entsprechender Unterlage, mit der Deck- oder Falzzange oder der Sickenmaschine.

Das *Durchsetzen des Falzes* erfolgt mit dem Falzmeißel oder mit dem Holzhammer über einem Stück Flachstahl.

Falzarten (Bild 103):
 einfacher liegender Falz,
 einfacher Bodenfalz und
 doppelter Falz.

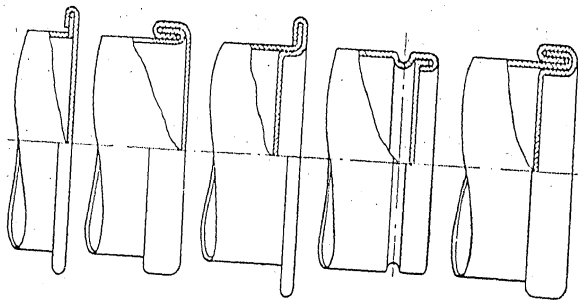


Bild 103: Verschiedene Falzarten

8.113 Versteifen

Das Versteifen der Blechränder wird im Flugzeugbau meist durch Bördel oder aufgenietete Profile vorgenommen. Weniger gebräuchliche Versteifungen (Bild 104) sind:

- a) der Umschlag,
- b) der doppelte Umschlag und
- c) der Hohlumschlag.

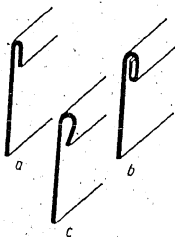


Bild 104: Verschiedene Umschlagarten

8.12 Formstanzen

Neben der Verwendung aller Arten von Universal-Blechverformungs-Maschinen und -Werkzeugen wird auch das Formstanzen zur Herstellung von Einzelteilen verwendet.

Unter „Formstanzen“ versteht man das Umformen eines Teils von beliebiger Form zwischen einem Ober- und einem Unterwerkzeug.

Das Formstanzen kommt für solche Bauteile zur Anwendung, die durch reines Umformen eines Bleches hergestellt werden und wobei der Herstellungsgang keine kennzeichnenden Merkmale anderer Verfahren, nämlich des Drückens, Tiefziehens und Streckziehens, aufweist. Der Ausgangswerkstoff verändert sich beim Formstanzen in seiner Dicke nicht bzw. nur unwesentlich.

Die Formstanzen (Bild 105) bestehen aus dem Stempel a, der Matrize b und dem Faltenhalter c (siehe auch Bild 106).

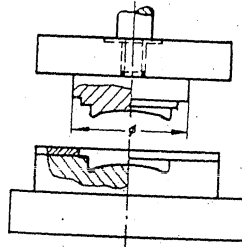


Bild 105: Formstanzen

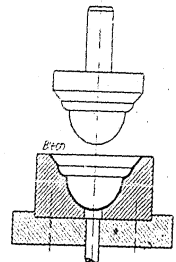


Bild 106: Fertigform einer Formschlagstanze

Stempel und Matrizen für Bleche bis 1,2 mm, bei einfachen Bauteilen auch bis 2 mm Dicke, können aus Festholz bzw. Plastfolie hergestellt werden. Erforderlichenfalls sind die Einlauftradien mit Stahl zu armieren. Für größere Werkzeuge haben sich *Preßformen aus Steinholz* bewährt. Dies ist ein Zement, der nicht mit Wasser bindet, sondern mit Chlormagnesiumlauge eine steinharte Verbindung ergibt, die mit Füllstoffen, wie Sägemehl, Asbestfasern oder ähnlichem, in einem bestimmten Verhältnis versetzt ist.

Steinholz ist ein schlechter Wärmeleiter, es ist schalldämpfend, elastisch und gegen Hitze fast unempfindlich. Es wird nicht gegossen, sondern gestampft und nimmt, ähnlich wie Gips, jede gewünschte Form an.

Bei der Bearbeitung von Leichtmetallen haben sich Werkzeuge aus diesem Baustoff für flächenhafte Formen mit seichten Übergängen in andere Formenteile gut bewährt. Mit diesen können Leichtmetalle bis 2 mm Dicke und Stahlbleche bis 1 mm Dicke geformt werden, ohne daß die Werkzeuge Schaden erleiden.

Je flächenhafter und ebener alle Formübergänge sind, desto geringer ist der Verschleiß des Werkzeugs. Höher beanspruchte Übergänge von Gesenken müssen Stahl- oder Blecharmierungen erhalten, die gleich bei der Herstellung des Gesenks eingelegt und mit verstampft werden. Wegen des auftretenden Seitendrucks beim Pressen ist der Kasten sehr stabil auszubilden;

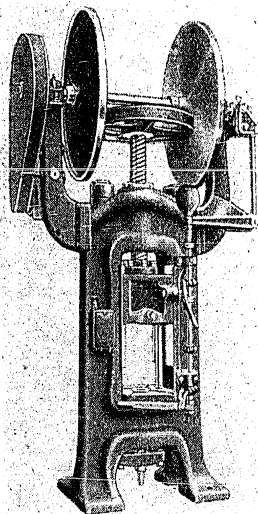


Bild 107: Reibspindelpresse
(ältere Ausführung)

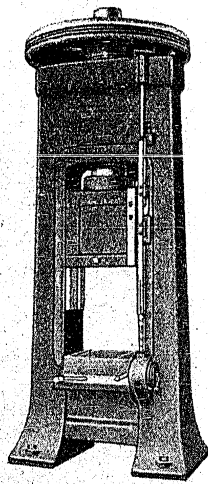


Bild 108: Reibspindelpresse
(neuere Ausführung)

nötigenfalls ist er in Schweißkonstruktion aus Stahl anzufertigen. Steinholzgesenke sind vor Punktbelastungen zu schützen. Geeignete Pressen für Steinholzgesenke sind Reibspindelpressen (Bilder 107 und 108) und hydraulische Pressen (Bild 109). Exzenterpressen sind wegen der zu schnellen Arbeitsbewegung weniger geeignet.

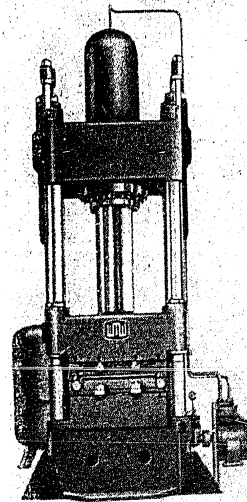


Bild 109: Hydraulische Presse

8.13 Prägen

Unter Prägen versteht man das Umformen eines Teiles, und zwar derart, daß Änderungen der Werkstoffdicke eintreten und Vertiefungen im Gesenk voll ausgeformt werden. Dieses Verfahren kommt im Flugzeugbau sehr selten zur Anwendung und wird aus diesem Grunde hier nicht eingehender behandelt. Es sei lediglich erwähnt.

8.14 Gummi-Preßverfahren

Zum Bördeln und zum Einpressen von Vertiefungen in Blechzuschnitte werden Werkzeuge, bestehend aus Matrize und Stempel, benutzt, bei denen die Matrize aus unnachgiebigem Werkstoff, der Stempel dagegen aus stark nachgiebigem Werkstoff, z. B. Gummi, besteht (Bild 110), in der Fachwelt allgemein bekannt als Gummipreßverfahren.

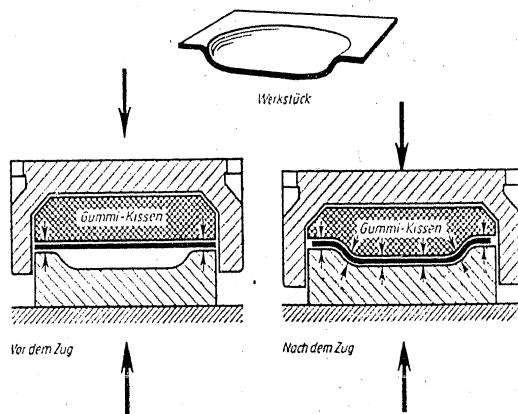


Bild 110: Gummipreßverfahren

Das Gummikissen wird in einem gefäßförmigen Preßrahmen („Koffer“ genannt) so befestigt, daß beim Einfahren der Tauchplatte ein Ausweichen oder Wegfließen des Gummis verhindert wird. Ein wichtiger Faktor beim Gummi-Preßverfahren ist der Preßdruck, also der Druck, der im Gummikissen auf die Flächeneinheit wirksam ist. Er ist gegeben durch die Leistung der Presse und die Größe der Preßfläche. Da die Gestaltung des zu formenden Teils direkt abhängig ist von der Festlegung der spezifischen Preßkraft, muß deren Einfluß auf die Erreichung der kleinsten konkaven Radien am Werkstück ermittelt werden. Die spezifische Preßkraft ist somit bei bekannter Bauteilgröße und der dadurch gegebenen Preßrahmenfläche bestimmend für die Druckleistung einer Gummipresse.

Die im Diagramm (Bild 111) angegebenen Punkte, z. B. mit den Zahlen 600×1800 , 4000 t bedeuten, daß zu einer 4000-t -Presse ein Preßrahmen mit der Nutzfläche $600 \times 1800 \text{ mm}$ vorhanden ist und daß ein zu formendes Teil, das entsprechend Tabelle 11 mit einer spezifischen Preßkraft $= 300 \text{ kg/cm}^2$ auszupressen ist, die Breite von 600 mm und die Länge von 1800 mm nicht übersteigen darf. Um die Pressenleistung im Verhältnis zur nutzbaren Arbeitsfläche nicht ins Unwirtschaftliche zu steigern, ist ein maximaler Preßdruck $P_{\text{max}} = 300 \text{ kg/cm}^2$ festgelegt worden, und die sich hieraus und aus Tabelle 11 ergebenden kleinstmöglichen konkaven Radien sind bei der Bauteil-Gestaltung zu berücksichtigen (siehe Seite 88).

An den Fließbedingungen des Werkstoffes beim Gummipressen (Bild 112) erkennen wir, daß Stempelkraft P_S und Blechhalterkraft P_H durch das gemeinsame Preßkissen gleichzeitig und anfangs in gleicher Höhe einwirken, daß mit zunehmender Verformung jedoch die Kraft P_H am Blechhalter zunimmt.

Der Unterschied ist um so größer, je größer der Verformungswiderstand des Gummis ist. Hierin unterscheidet sich das Gummi-Preßverfahren grundsätzlich vom Tiefzieh-Verfahren.

Der außerordentlich große Kraftbedarf für das Gummi-Preßverfahren sollte den Fertigungsfachmann veranlassen, dieses Verfahren nur dann anzuwenden, wenn es ihm nach den die Wirtschaftlichkeit beeinflussenden Gesichtspunkten, wie

1. Werkzeugkosten,
2. Herstellungszeit der Werkzeuge, Werkzeugbau,
3. Stückzahl der zu fertigenden Teile,
4. geforderte Qualität des zu formenden Teils hinsichtlich Spannungsfreiheit und Planheit der nicht verformten, jedoch gestreckten Blechebenen,

wirtschaftlich angebracht erscheint.

Die Gestalt des Bauteils muß den fertigungstechnischen Erfordernissen des Verfahrens entsprechen. Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse zweier Versuche mit 10 verschiedenen Ronden-Durchmessern (siehe Seite 121).

Der Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß nur eine Werkzeugeite, entweder das Unterteil oder das Oberteil, erforderlich ist. Das Gegenwerkzeug ist stets das Gummikissen, das die Verformung vornimmt. Dabei spielen Blechdicken-Toleranzen

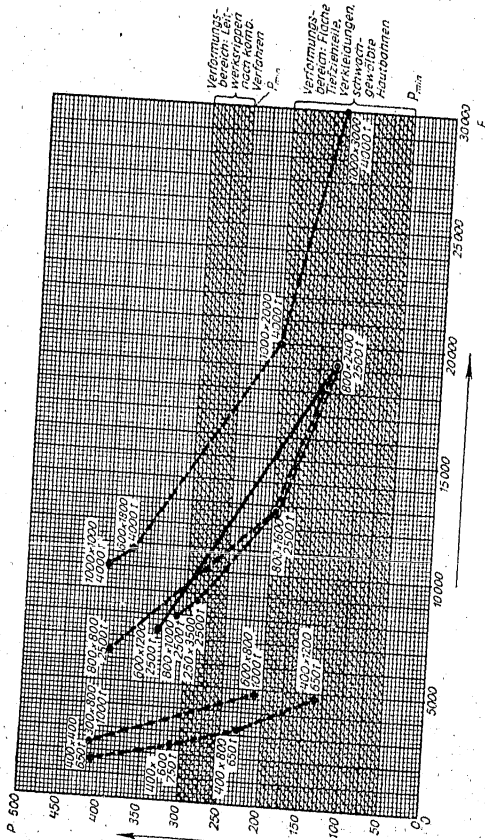


Bild 111: Diagramm des Anwendungsbereiches der Gummiverformung

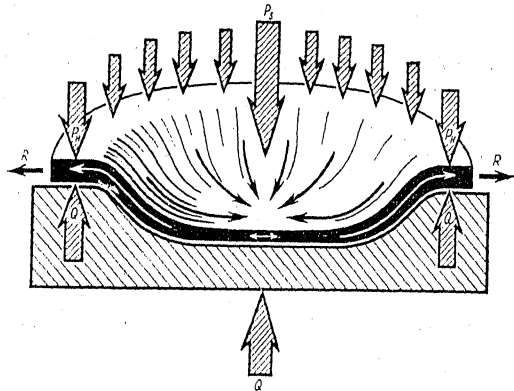


Bild 112: Fließbedingungen des Werkstoffes beim Gummipressen

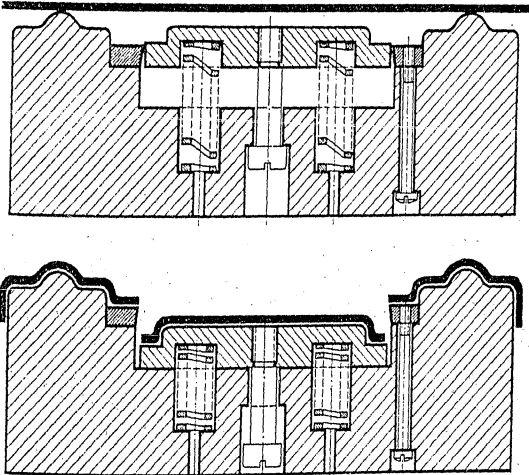
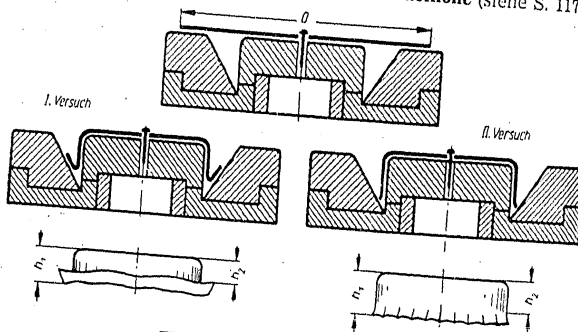


Bild 113: Kombiniertes Gummi-Preß- und -Schnittwerkzeug mit Auswerfer

auf der Seite des festen Werkzeugteils keine Rolle und das zeitraubende und kostspielige Auftuschieren eines Gegenwerkzeugs kann entfallen.
 In der Gestaltung des Bauteils soll sich die Zusammenarbeit zwischen Konstrukteur und Technologen ausdrücken (Bild 113) (siehe Seite 120 und 121).
 Ein Bauteil, das der geforderten Festigkeit und den gegebenen aerodynamischen Formen entspricht, kann nur in engster Zusammenarbeit zwischen Konstrukteur und Formungsfachmann

Tabelle 12. Ronden-Durchmesser und Bördelhöhe (siehe S. 117)



h_1 = größte, aber ungleichmäßige Bördelhöhe
 h_2 = mittlere gerade Bördelhöhe, wie sie für die Fertigung erforderlich ist.

Lfd. Nr.	Blechscheiben- \varnothing D [mm]	Blechedicke s [mm]	I. Versuch h_1 [mm]	II. Versuch h_2 [mm]
1	244	0,8	14	14
2	248	0,8	16	18
3	252	0,8	15	15
4	256	0,8	15	16
5	260	0,8	17	16
6	264	0,8	20	17
7	268	0,8	13	12
8	272	0,8	17	15
9	276	0,8	15	14
10	280	0,8	16	abgerissen

entsprechend den besten Formungsverfahren entwickelt werden. Der Betriebsmittelaufwand und die Fertigungskosten müssen in gutem Verhältnis zur Funktion — und Wichtigkeit des Bauteiles innerhalb der Zelle stehen.

8.15 Tiefziehen

Unter Tiefziehen ist das Umformen von ebenen Blechen in gefäßförmige Teile mit runder oder beliebiger Umgrenzungslinie durch Ziehring, Stempel und Blechhalter (Bilder 114 und 115) zu verstehen, wobei eine mehr oder weniger große Werkstoffwanderung eintritt. Das Ziehverhältnis ist ein Maß für die Formbarkeit eines Werkstoffs. Es ist gegeben durch die größte Verformung, die die Außenkante der Ziehscheibe (Ronde, Platine) erfährt und wird gekennzeichnet durch das Verhältnis $m = \frac{d}{D}$,

wobei d den Topfdurchmesser, D den Durchmesser des Querschnitts (der Platine) bedeuten.

Für Leichtmetall-Tiefziehblech beträgt das kleinste Ziehverhältnis

- für den Anschlag $m = 0,5 \dots 0,65$,
- für den Weiterschlag $m = 0,75 \dots 0,85$ ohne Glühen

Im Flugzeugbau sind die herzustellenden Tiefziehteile nicht so einfach, daß man das Ziehverhältnis wie an einem runden Topf feststellen kann und danach den Anschlag und die Weiterschläge bestimmt. Die hier anfallenden Ziehteile sind vielmehr sehr oft so gestaltet, daß sie einem Topf kaum ähnlich sind, obwohl auch sie gefäßförmige Gebilde darstellen. Daher muß man das, was bisher über das Ziehverhältnis in Verbindung mit den als bekannt vorausgesetzten rechnerischen Gesetzmäßigkeiten gesagt wurde, nun auch an komplizierten und unregelmäßigen Formen der Werkstoffumformung bei einem Tiefziehvorgang verstehen lernen.

Eine Werkstoffwanderung findet unter der Wirkung von Zug- und Druckkräften statt, beide lösen Schubkräfte aus. Diese Kräfte während des Formungsvorgangs im Blech durch richtige Werkzeuganlage und Bemessung der Preßdrücke so zu steuern, daß der Werkstoff an keiner Stelle über seine Festigkeit hinaus beansprucht wird, das ist die Wissenschaft der Umformtechnik. Hier liegen erhebliche Schwierigkeiten der rechnerischen Erfassung des Vorgangs. Dazu kommt die Tatsache, daß man sich während des Arbeitsvorgangs im plastischen Bereich befindet.

Die wissenschaftliche Durchdringung des Gebiets ist noch nicht am Ende der Erkenntnisse, und so kommt es, daß manchmal noch die bekannten Rechenmethoden und selbst die Spannungsoptik versagen und daß daher das Tiefziehen noch auf manchen Teilgebieten eine Angelegenheit der Praxis und der Erfahrung ist.

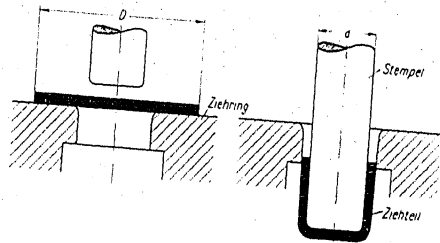


Bild 114: Tiefziehen ohne Faltenhalter

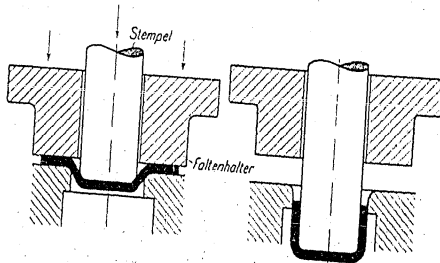


Bild 115: Tiefziehen mit Faltenhalter

8.16 Streckziehen

Um Bleche zu hohlen Teilen zu formen, kommt eine Abart des Tiefziehens zur Anwendung, das Streckziehen. Auf dem Maschinentisch wird ein der Fertigform des Werkstücks entsprechender Streckziehklotz befestigt. Der zu formende Blechstreifen oder die Blechtafel wird in die vertikal feststehenden und horizontal verschiebbaren Spannanzgen eingespannt. Der

Maschinentisch wird dann hydraulisch gehoben, bis der Streckziehklotz sich gegen das eingespannte Blech legt (Bild 116) und dieses zwingt, sich seiner Form anzupassen. Durch horizontales Bewegen der Spannanzgen gegeneinander kann die Formung unterstützt werden.

Bei zu großer Reibung zwischen Blech und Streckziehklotz oder bei sich bildenden Falten kann mit dem Holzhammer oder der Bleiklatsche nachgeholfen werden, um das Blech am Klotz zur dichten Anlage zu bringen. Dabei muß das Blech immer unter Spannung bleiben. Das Streckziehen wird bei räumlich zu verformenden Hautblechen, Hohlkehlen oder sonstigen durch Strecken herstellbaren Bauteilen mit nicht allzugroßer räumlicher Ausdehnung angewandt.

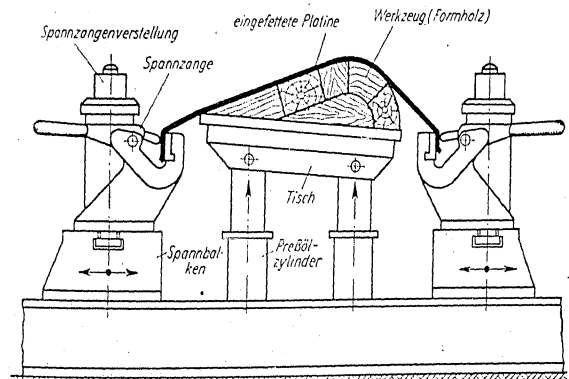


Bild 116: Streckziehen

8.161 Streckziehen mit Gegenwirkung

Das Streckziehen mit Gegenwirkung wurde entwickelt, um die Handarbeit beim Streckziehen von Profilen zu ersparen, wenn zusätzliche Vertiefungen am Werkstück erforderlich sind. Das Blech wird zunächst in Längsrichtung so weit gestreckt, daß die neutrale Faser in den Boden des Profils verlegt wird. Die noch erforderliche weitere Formung des Profils wird von einem von oben kommenden Stempel bewirkt.

Das Portal-Streckziehen kann bis heute noch als das beste Verfahren zur Herstellung von profilierten Rippen mit Konturverlauf gegenüber den gewalzten bzw. abgekanteten Profilen bezeichnet werden. Der Verschnitt bzw. der Gewichtsverlust vom Ausschnitt bis zum Fertigteil beträgt im Durchschnitt etwa 50 %.

8.17 Ziehbiege-Verfahren

Als spezielles Verfahren zum Biegen von Profilen mit strakförmigem Konturverlauf sei noch das Ziehbiegeverfahren erwähnt. Bei diesem Verfahren wird das Profil in Längsrichtung durch die zwischen Ziehbacken und Ziehbügel entstehende Reibung auf dem Ziehbügel gestreckt und dadurch das angestrebte Ziel, die neutrale Faser auf die Innenkante des Profils zu verschieben, erreicht. Dabei hat der Ziehbügel die Form des Bauteils. Das vorher abgekantete Profil wird an diesem aufgespannt. Die elastische Auffederung der Werkstücke wirkt sich im Aushärtungszustand des Werkstoffs derart aus, daß z. B. die geformten Spante nur als Halbfabrikate zu betrachten sind und erst noch durch Nachbehandlung auf der Profilrundmaschine auf die genaue Form gebracht werden müssen.

Der Vorteil des Verfahrens liegt jedoch darin, daß das Profil in einem Arbeitsgang auf dem Bügel geformt werden kann, während beim Runden — oder besser: beim Biegen — die Formgebung wegen der Gefahr der Faltenbildung nur ganz allmählich vorgenommen werden kann.

9 Nietverfahren und Nietwerkzeuge

Im Metallflugzeugbau wird als kraftübertragendes Element bei der Verbindung von Bauteilen hauptsächlich der Niet verwendet. Unsaubere und nicht sachgemäß ausgeführte und geschlagene Niete können die Kräfte, für die sie berechnet und bemessen sind, nicht übertragen und gefährden die Flugsicherheit. Es ist wichtig, daß jeder Nietler das notwendige Verantwortungsbeußsein für seine Arbeit aufbringt und die *Nietung sorgfältig ausführt*.

Es wäre unverantwortlich, irgendwelche Mängel und Fehler, die durch falsche Nietung entstanden sind, nicht sofort den zuständigen Stellen zu melden.

Besonders nachteilig wirken sich auf die Festigkeit einer Nietverbindung folgende Fehler aus:

Beschädigungen von Profilen und Blechen durch den Döpper, versetzte oder zu große Löcher, zu kleine Schließköpfe und zu geringe Randabstände.

Die einwandfreie Ausführung der Nietung ist jedoch nicht nur von einer sorgfältigen Vorbereitung der Arbeit, sondern auch von der richtigen Wahl der Niet- und Vorhaltwerkzeuge abhängig.

Abweichend von der Methode des Nietens im Kessel- und Brückenbau, wo der Hammer zum Anstauchen des Schließkopfes direkt auf den Schaft schlägt, werden im Flugzeugbau die mit dem Drucklufthammer zu schlagenden Niete bis auf wenige Ausnahmen „indirekt“ gestaucht, d. h., der Hammer schlägt auf den am Niet bereits vorhandenen Kopf, den Setzkopf. Diese Schläge übertragen sich auf die Vorhaltmasse, die durch ihren Trägheitswiderstand den Schließkopf an den Nietschaft anstaucht.

Die indirekte Stauchung läßt sich nur bei geringen Blechdicken, wie sie im allgemeinen im Flugzeugbau verwendet werden, durchführen.

Sehr dicke Preßprofile und Gurte lassen sich nicht mehr indirekt nieten: Die Schlagarbeit des Niethammers wird durch die starren Werkstücke vernichtet. Bei derartigen Teilen müssen die Niete *direkt* gestaucht werden.

9.1 Nietkopfformen

Zur Zeit werden folgende Nietformen (Bild 117) verwendet:

Flachkopfniet	(F)
Halbrundniet	(R)
Flachrundniet	(FR)
Senkniet 90°	(S)
Senkniet 120°	(FS)

Diese Niete werden aus folgenden Werkstoffen hergestellt, die sehr verschiedene Scherfestigkeiten haben:

a) Leichtmetall-Legierungen:	W 65,	AMG 5,	D 18,	AMZ
Scherfestigkeit [kg/mm ²]	25	16	19	7
b) Stahl:	15 A			
Scherfestigkeit [kg/mm ²]	34			

Um zu erkennen, aus welchem Werkstoff der Niet hergestellt ist, wird bei der Herstellung auf dem Nietkopf ein Erkennungszeichen angebracht.

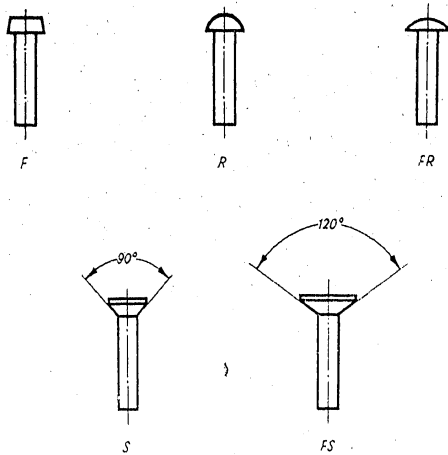


Bild 117: Nietkopfformen

Die Kennzeichnung (Bild 118) ist für:

- Niete aus W 65: ohne Kennzeichen
- Niete aus 15 A: ohne Kennzeichen
- Niete aus AMG 5: zwei erhabene Punkte
- Niete aus AMZ: drei erhabene Punkte
- Niete aus D 18: ein erhabener Punkt
- (Rund-, Flachrund- und Flachkopf-Niete)
- Senkniete aus D 18: ein vertiefter Punkt

Eine Kennzeichnung der Niete W 65 und 15 A ist nicht erforderlich; denn sie unterscheiden sich einmal durch das Gewicht, zum anderen durch die Farbe, da W 65 beim Eloxieren eine gelbgrünliche Farbe annimmt, während die Stahlniete 15 A verzinkt und nachbehandelt werden, wodurch sich ein bräunlich-gelb schillerndes Aussehen ergibt.

Für besondere Fälle sind außer den normalen Nietformen noch Spezialniete geschaffen worden.

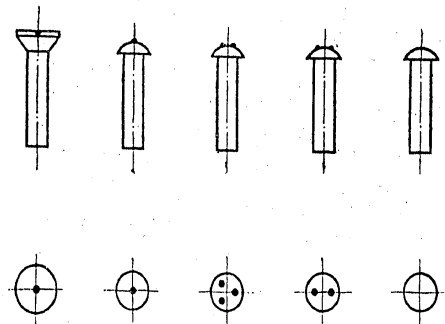


Bild 118: Kennzeichnung der Niete

Zur Zeit werden im Werk folgende Sonderformen (Bild 119) verwendet:

- a) Rohrniet
- b) Dornniet
- c) Nietmutter

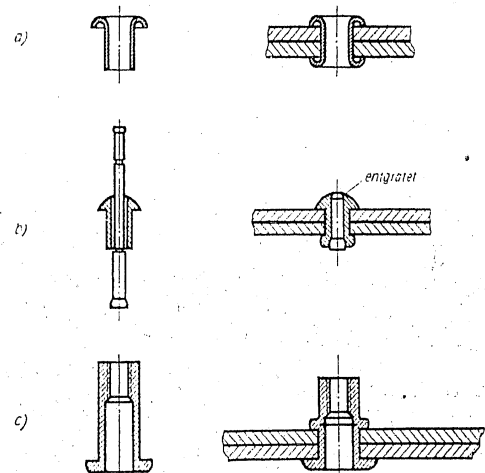


Bild 119: Niet-Sonderformen

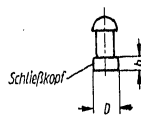
9.2 Schließkopfformen

Sämtliche Nietformen erhalten bei gleichem Schaft-Durchmesser den gleichen Schließkopf. Ausnahmen bilden die wenigen Niete, wo beiderseits ein versenkter Kopf nötig ist.

In der Tabelle 13 sind die Maße für die Schließkopfdurchmesser und Schließkopfhöhen eingetragen. Als Faustformel für die Schließköpfe gilt:

$$\begin{aligned} \text{Schließkopfhöhe} &= 0,5 \times \text{Schaft-Durchmesser} \\ \text{Schließkopfdurchmesser} &= 1,5 \times \text{Schaft-Durchmesser} \end{aligned}$$

Tabelle 13. Schließkopfmaße



Nietenschaft- \varnothing [mm]	Schließkopf-	
	Höhe h [mm]	Dmr. D [mm]
2	0,8 bis 1,3	2,8 bis 3,4
2,6	1,1 bis 1,6	3,7 bis 4,4
3	1,2 bis 1,9	4,2 bis 5,1
3,5	1,4 bis 2,2	5,0 bis 5,9
4	1,6 bis 2,8	5,6 bis 6,4
5	2 bis 3,2	7,0 bis 8,0
6	2,4 bis 3,9	8,2 bis 9,6
8	3,2 bis 5,1	10,8 bis 12,8

9.3 Arbeitsgänge beim Nieten (Bild 120)

9.31 Bohren und Senken

Zum Bohren verwende die *normalen Spiralbohrer*. Bei Senkungen für Senkniete muß ein *Spezialsenker* verwendet werden, der für die einzelnen Nietgrößen die vorschrittsmäßige Tiefe aussenkt (Bild 121). Benutze im allgemeinen nur *elektrische*

Bohrmaschinen. Druckluft-Bohrmaschinen verwende nur an solchen Stellen, wo die Zugänglichkeit dies erfordert (Winkelbohrmaschinen).

9.32 Handnietung

Eine gute Handnietung erhält man nur bei richtiger Wahl des Hammergewichts. Richte Dich dabei nach Tabelle 14.

Tabelle 14. Hammergewichte für Handnietung

Nietdurchmesser [mm]	Hammergewicht [g]
2	100
2,6 ... 4	200
5 ... 6	500
7 ... 8	800

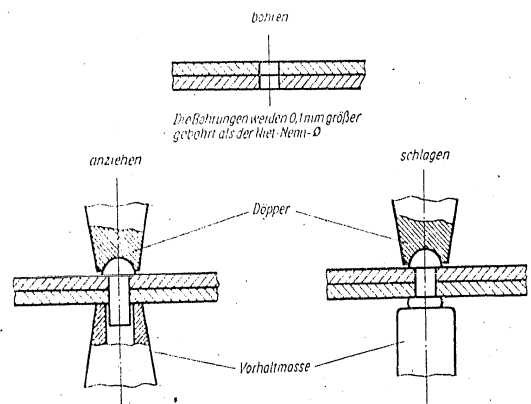


Bild 120: Bohren, Anziehen und Schlagen des Flachschließkopfes

Grundsätzlich soll die Handnietung möglichst vermieden werden, da sie mehr Zeit beansprucht als die maschinelle Druckluftnietung. Bei der Nietung an Einzelteilen und im Zellenbau ist Handnietung nur in seltenen Fällen nötig.

Nach dem Bohren und Anziehen mit dem Nietzieher (Bild 122) ist mit dem Handhammer in der vorgeschriebenen Weise der Schließkopf zu schlagen (Bild 123, 124).

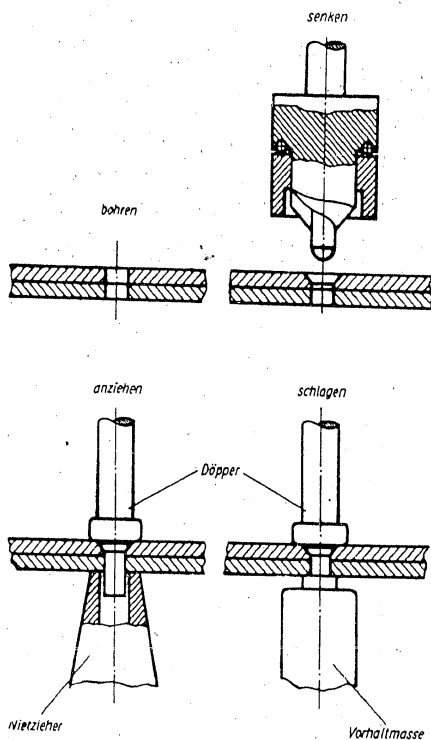


Bild 121: Flachsenknietung

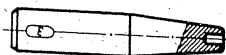


Bild 122: Nietzieher

9.33 Drucklufthammer-Nietung

Für die Wahl des Drucklufthammers (Bild 125) sind die Größe und die Lage des Niets maßgebend. Für alle Hammertypen sind die passenden Döpper für die verschiedenen Nietkopfformen und Nietschäfte in verschiedenen Längen vorhanden.

9.34 Nietung mit stationären Pressen

Die Nietpressen und Nietmaschinen sind mit einer Blechschluß-einrichtung ausgestattet.

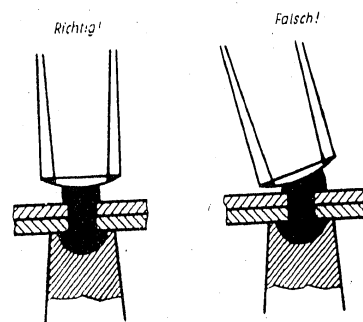


Bild 123: Schließkopf-Schlagen

Diese Einrichtung drückt mittels einer Feder die zu vernietenden Teile (Bleche) — vor dem Beginn des Anstauens der Nietschäfte — so aneinander, daß eine schnelle und einwandfreie Nietung ermöglicht wird.

Nietpressen sind ebenso wie die Nietschlagmaschinen Einmann-Nietwerkzeuge, d. h., die Nietung kann von einem Mann ohne Hilfskraft vorgenommen werden.

Nietungen mit der Nietpresse oder der Nietmaschine fallen gleichmäßig aus, und die Stauchung des Nietschafts geht praktisch geräuschlos vor sich. Diese Geräte sollen also weitestgehend verwendet werden. Um gleichmäßige Nietfestigkeit zu erreichen, sind für die Schließkopfabmessungen bestimmte Grenzwerte festgelegt. Zur Prüfung der Nietkopfhöhen und -durchmesser sind Prüflöhren (Bild 126) vorhanden, die in den Werkzeugausgaben ausgeliehen werden können.

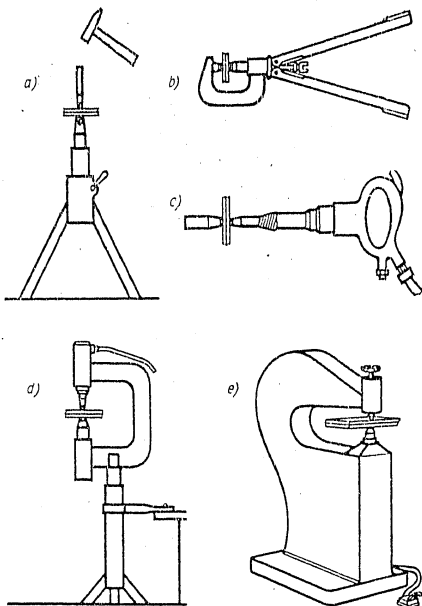


Bild 124: Nietverfahren

- a) Handniethammer mit Vorhaltemasse
- b) Handhebelzange mit Nieteinsätzen (Einmannwerkzeug)
- c) Druckluft-Niethammer mit Döpper und Vorhaltemasse
- d) Druckluft-Nietschlagmaschine mit Nieteinsätzen (Einmannwerkzeug)
- e) Druckluft-Nietpresse, stationär, mit Nieteinsätzen (Einmannwerkzeug)

Außer den mit Druckluft betätigten Pressen gibt es auch solche, die von Hand bedient werden. Sie werden überall da angewandt, wo der Niet mit einem geraden Döpper nicht geschlagen werden kann. Einige Ausführungsarten von Handnietpressen zeigt Bild 127. Die Döpper sind als Werknormen aufgenommen unter der Nummer IWDN 852.01 ... IWDN 852.03 und IWDN 852.06. Der Schaft dieser Döpper ist zur Verwendung für die verschiedenen Hammertypen diesen angepaßt, wie Tabelle 15 zeigt.

LN4 bis 4	LWN4 bis 4	LWN6 3 bis 6	M6a 5 bis 7	M6b 5 bis 7	FH7 5 bis 7
Hauthammer	Winkel-Hammer	Winkel-Hammer	Niethammer	Niethammer	Langsam-schläger

Bild 125: Druckluftniethammer

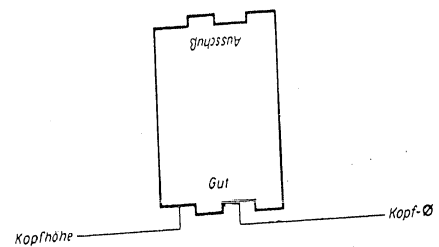


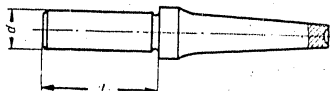
Bild 126: Prüflehre für Schließköpfe

ZN 22 bis 3 mm	ZN 24 bis 3 mm	3W3-61 bis 4 mm	3W3-62	3W3-66 (A/B) bis 4 mm	3W3-67
	Wie ZN22, aber mit drehbarem Nietbügel			Wie 3W3-61, aber mit seitlich abgebo- genen Enden	
fest	drehbar	drehbar	drehbar	drehbar	drehbar

Bild 127: Ausführungsarten von Handnietpressen

Tabelle 15. Niet-Döpper

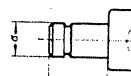
LN 4	LW 4 LW 6	M 6 a M 8 b	FF 7
d	10	14	17,5
l	35	50	60



Für Nietschlagmaschinen, Nietpressen und Handpressen (Zangen) werden besondere Einsätze verwendet, deren Schaftdurchmesser die Verwendung nur für bestimmte Geräte zulässt (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16. Nietsätze

Handpresse	Druckluft-Länge WD 2	Zwergelänge D 22 - 2N 16	Nietschlagmaschine SW 4 Sko Nietdruckpresse PNM 6
d	b	4	9



Alle Döpper und Einsätze sind schonend zu behandeln und auf keinen Fall für andere Zwecke zu verwenden. Es ist verboten, verbogene Döpper zu verwenden. Um Nietungen an Rohren vorzunehmen, ist ein besonderes Rohrnietwerkzeug vorhanden, das im Prinzip Bild 128 zeigt.

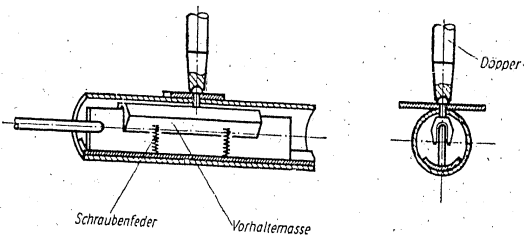


Bild 128: Rohrnietwerkzeug

9.35 Richtlinien für die Benutzung von Druckluftwerkzeugen

- Schmutz und Wasser schaden dem Werkzeug; offene Schlauchenden nicht auf dem Boden liegenlassen; denn dadurch nehmen sie Schmutz auf, der dann in die bewegten Teile des Werkzeugs geblasen wird. Tritt nicht unnötig auf den Gummischläuchen herum, sondern lege sie, wenn möglich, hoch!
Vor dem Anschließen des Werkzeugs blase das Schlauchende aus, damit Schmutzteile und Wasser beseitigt werden.
- Kupple die Luftleitung sorgfältig; denn Druckluft ist teuer. Undichte Stellen sind umgehend dem zuständigen Vorgesetzten zu melden.
- Arbeite nie ohne Fangring bzw. Federring; denn du gefährdest sonst deine Arbeitskollegen.
- Ohne Döpper darfst du nie schlagen, du zerstörst dadurch das Druckluftwerkzeug.
- Liefere die nichtstationären Druckluftwerkzeuge jede Woche in den Werkzeugausgaben ab, damit sie geölt werden können.

Anmerkung

An allen Schlagnietgeräten und Schlagnietmaschinen außer den Winkelniethämmern ist die Schlagstärke regulierbar, indem durch Verdrehung einer Rändelmutter der Weg des Daumenhebels bzw. des Öffnungsventils begrenzt und dadurch nicht der volle Querschnitt des Luftführungs Kanals freigegeben wird (Bild 129). Bei der Verstellung der Rändelmutter ist darauf zu achten, daß der Arretierungsstift nicht aus dem Schlitz heraustritt, da sonst die gesamte Verstellereinrichtung herausgeschleudert wird und verloren gehen kann.

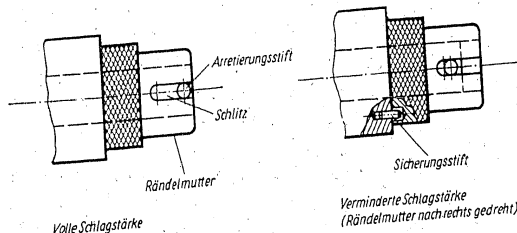


Bild 129: Schlagstärken-Einstellung

Durch Rechtsdrehen der Rändelmutter wird die Schlagstärke vermindert und durch Linksdrehung vergrößert.

Die Rändelmutter ist gegen das Schlaggerät mittels eines Stiftes gesichert (Sicherungsstift). Beim Verstellen wird die Rändelmutter etwas herausgezogen, nach links oder rechts gedreht und durch eine Feder wieder zurückgezogen, wodurch der Stift in eine von mehreren Bohrungen in der Rändelmutter einrasten muß.

9.36 Vorhaltewerkzeuge

Bei der indirekten Nietung dienen die Vorhalteisen zur Bildung des Schließkopfes. Es sind Spezial-Vorhalteisen vorhanden unter den Nummern 3 W 9 — 110 ... 160. Außerdem gibt es noch die Standard-Vorhalteisen 1 W 31 — 164; 1 W 31 — 165 und Handnietkeulen, die auf Lager gehalten werden.

Eine Seite der beiden zuerst genannten Standard-Vorhalteisen dient dabei als „Nietenzieher“.

Durch Verwendung eines Nietkeulenständers (Bild 130), der in weitem Bereich in der Höhe umstellbar ist, wird ein zweiter Mann zum Vorhalten nicht benötigt, da im Ständer Vorhalteisen in vielen Formen aufgenommen werden können.

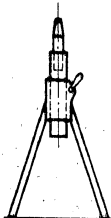


Bild 130: Nietkeulenständer

9.4 Fehlerhafte Nietung

Im folgenden wird an Beispielen auf Fehler beim Nieten und ihre Ursachen hingewiesen. Fehler entstehen durch unsauberes Arbeiten oder Nichtbeachten der Vorschriften. *Senkrecht und sauber bohren* und darauf achten, daß die Bleche fest aufeinanderliegen (Blechsluß), sonst bildet sich ein abgesetzter Nietschaft (Bild 131).

Durch schiefes Bohren bildet sich ein versetzter Schließkopf (Bild 132).

Die Löcher nicht größer als 0,1 mm über Nennmaß des Niets bohren, da sonst ein zu kleiner Schließkopf entsteht, die Bohrung vom Nietschaft nicht voll ausgefüllt werden kann und dadurch der Schaft krumm wird (Bild 133).

Das Nietloch nicht zu dicht an Schweißnähten, Abbiegungen oder Hohlkehlen bohren, da sonst der Döpper das Werkstück einkerbt und beschädigt, wodurch die Festigkeit herabgemindert wird (Bild 134).

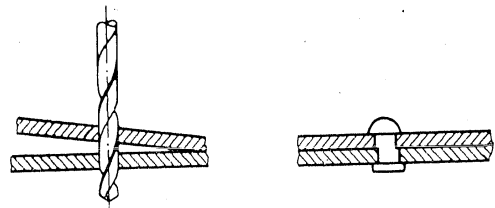


Bild 131: Schlecht gebohrt; abgesetzter Nietschaft

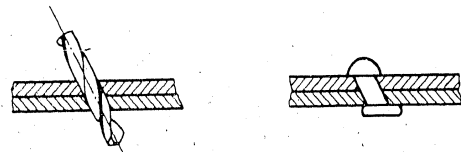


Bild 132: Schief gebohrt; versetzter Schließkopf

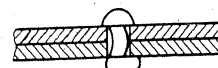


Bild 133: Zu groß gebohrt; krummer Nietschaft

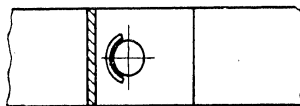
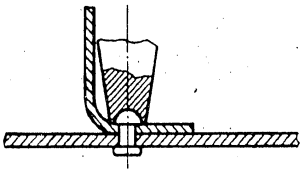


Bild 134: Bohrung zu nahe an Abbiegung; Werkstück eingekerbt

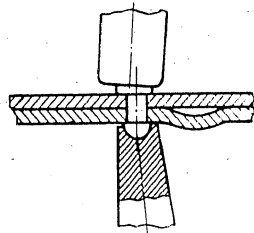


Bild 135: Schiefgehaltener Döpper; schiefer Schließkopf

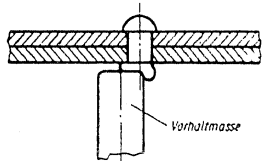


Bild 136: Vorhaltemasse schlecht gehalten; schlechter Schließkopf

Den Döpper nicht schief halten, da er sonst das Werkstück beschädigt. Ebenso muß das Vorhalteisen gerade gehalten werden, da sonst ein schiefer Schließkopf entsteht (Bild 135).

Das Vorhalteisen immer über den gesamten Schließkopf halten, da er sonst Absätze erhält (Bild 136).

Die Bleche immer gut anziehen (Blechscluß geben), um zu vermeiden, daß sich der Nietschaft zwischen den Blechen staucht (Bild 137).

Die Bleche nicht übermäßig stark anziehen, da das Blech sonst getrieben wird und sich um den Niet herumwölbt (Bild 138).

Stets den richtigen Hammer und die erforderliche Vorhaltemasse verwenden.

Zu kräftiger Schlag (zu schwerer Hammer) oder zu lange Schlagdauer ergibt einen zu flachen Kopf (Bild 139).

Zu leichter Schlag (zu leichter Hammer) oder zu kurze Schlagdauer ergibt einen ungenügenden Kopf (Bild 140).

Eine zu leichte Vorhaltemasse oder ein zu schwerer Hammer setzen das Blech durch (Bild 141).

Wird ein zu leichter Hammer verwendet, dann ist die erforderliche Schlagzahl zu groß. Der Nietwerkstoff wird vorzeitig hart und reißt an den Kanten ein (Bild 142).

Es ist darauf zu achten, daß der richtige Döpper für den zu schlagenden Niet verwendet wird. Zu große Döpper geben Kerben auf das Blech, zu kleine beschädigen den Niet. Stets die Nietlängen verwenden, die auf den Zeichnungen angegeben sind. Zu kurze Niete ergeben ungenügende Schließköpfe. Bei zu langem Niet wird der Schließkopf schief.

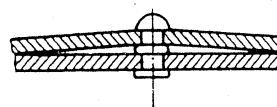


Bild 137: Schlecht angezogen; Schaft zwischen den Flächen gestaucht

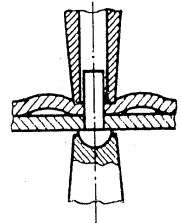


Bild 138: Zu stark angezogen; Blech wölbt sich

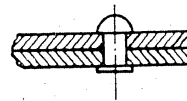


Bild 139: Zu kräftiger Schlag; zu flacher Schließkopf

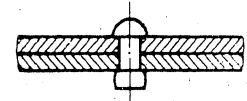


Bild 140: Zu leichter Schlag; ungenügender Schließkopf



Bild 141: Zu leichte Vorhaltemasse; Blech setzt sich durch



Bild 142: Mit zu leichtem Hammer genietet; Schließkopf wird hart und reißt an den Kanten ein

9.5 Faustformel für die Schlagdauer.

Die höchstzulässige Schlagzeit bei Druckluftnietung in Sekunden entspricht dem Nietdurchmesser in mm, d. h., daß man für einen 3-mm-Niet höchstens drei Sekunden, für einen 4-mm-Niet höchstens vier Sekunden Schlagzeit benötigen darf.

Im folgenden Diagramm (Bild 143) ist gezeigt, wie groß der Kraftbedarf (annähernd) für den Werkstoff W 65 beim Stauchen eines Niets ist.

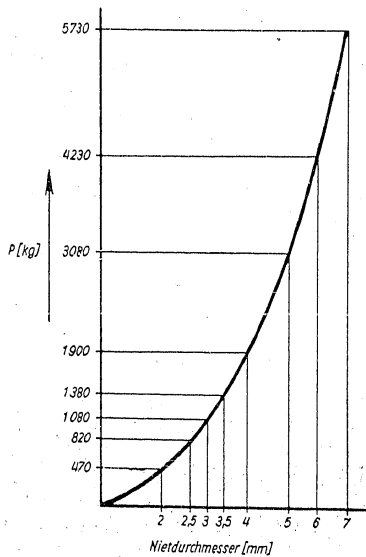
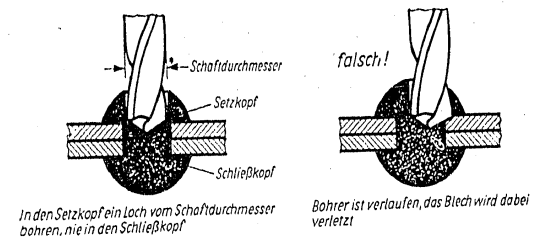


Bild 143: Stauchkraft-Diagramm für Niete aus W 65

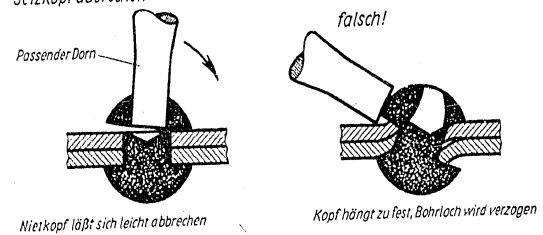
9.6 Ausbohren fehlerhafter Niete

Fehlerhafte Niete sind grundsätzlich zu entfernen. Wie dies geschieht, zeigt Bild 144.

Niete ausbohren



Setzkopf abbrechen



Nietschaft mit passendem Durchschlag heraus schlagen

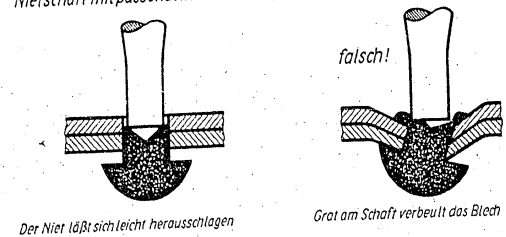


Bild 144: Ausbohren fehlerhafter Niete

9.7 Nietunterweisung

Alle Schwierigkeiten, die bei Nietungen auftreten, melde dem Nietunterweiser. Er berät Dich bei der Auswahl der Werkzeuge und der Ausführung der Nietten.

Durch Beachtung aller hier gegebenen Anweisungen wird die Qualität deiner Arbeit ständig verbessert werden.

10 Schweißen

10.1 Begriff

Das Schweißen dient zum Verbinden von meist gleichartigen Metallen unter Zuführung von Wärme und kann als die vollkommenste Verbindungsart betrachtet werden, da die Metallenden oder -kanten unmittelbar, einheitlich, dicht und unlösbar vereinigt werden. Bei guter Schweißung hat die Schweißstelle nahezu die gleichen chemischen und physikalischen Eigenschaften wie der Grundwerkstoff. Die stürmische Entwicklung der Schweißtechnik hat dazu geführt, daß das Schweißen heute eines der meist verwendeten Fertigungsverfahren in der metallbearbeitenden Industrie geworden ist.

10.2 Schweißverfahren

Es gibt zwei Hauptverfahren in der Schweißtechnik, das *Preßschweißen* und das *Schmelzschweißen*, in die sich alle bekannten Schweißverfahren einordnen lassen. Beide Schweißverfahren sind grundsätzlich voneinander verschieden. *Beim Preßschweißen* werden die zu verbindenden Metallenden in *weichteiligem Zustand* durch Zusammenpressen oder Zusammenhämmern verschweißt, während *beim Schmelzschweißen* die zu verbindenden Enden über den Schmelzpunkt hinaus erwärmt und verflüssigt werden, so daß die Metalle im Schmelzfluß zusammenfließen. Dabei kann, wenn erforderlich, ein ebenfalls verflüssigter Zusatzwerkstoff beigegeben werden.

Preßschweißverfahren sind:

- Hammerschweißen (einschl. Wassergasschweißens)
- elektrisches Widerstandsschweißen (Stumpfschweißen, Punktschweißen, Rollennahtschweißen)
- Thermitschweißen (kombiniertes Schweißen),

Das Schmelzschweißen kann unterteilt werden in:

- Lichtbogenschweißen (Slavianoff, Zerener, Benardos, Arcatom, Argon-Arc)
- Thermitschweißen (Umgieß- und Zwischengußverfahren)
- Gasschmelzschweißen (autogenes Schweißen)
- Elektrische Schweißung nach dem Weibelverfahren (Fesa).

10.3 Die z. Z. im Flugzeugbau angewendeten Schweißverfahren

Im folgenden sollen die im Flugzeugbau angewendeten Schweißverfahren beschrieben werden.

10.31 Gasschmelzschweißverfahren

Beim Gasschmelz- oder Autogenschweißen werden in einem Brenner ein brennbares Gas und Sauerstoff gemischt und beim Austritt aus diesem verbrannt.

In dieser Flamme werden die zu verschweißenden Metallenden angeschmolzen und erforderlichenfalls Zusatzwerkstoffe, die sich ebenfalls in geschmolzenem Zustand befinden, in die Schweißfuge bis zu ihrer vollen Ausfüllung eingeschweißt. Die verhältnismäßig hohen Schmelzpunkte der bei uns zur Verarbeitung gelangenden Werkstoffe erfordern Gebläseflammen mit hoher Wärmewirkung.

Als Brenngase können Verwendung finden:

Wasserstoff, Methan, Propan, Butan, Benzin- oder Benzoldämpfe, Leucht- oder Steinkohlengas, Azetylen.

Diese Gase, die beim Schweißen mit reinem Sauerstoff verbrannt werden, haben verschieden hohe Heizwerte, d. h., die bei ihrer völligen Verbrennung entstehenden Wärmemengen sind unterschiedlich groß. Die Brauchbarkeit eines Brenngases wird nicht allein durch die Höhe seines Heizwerts bestimmt, von besonderer Bedeutung ist die Verbrennungsgeschwindigkeit.

10.311 Azetylen

Von den eben erwähnten Brenngasen hat Azetylen die größte Verbrennungsgeschwindigkeit, und es wird daher gegenüber den anderen angeführten Brenngasen am meisten verwendet. In unserem Werk findet es beim Autogen-Schweißverfahren ausschließlich Verwendung. Azetylen, mit Sauerstoff verbrannt, ergibt Flammentemperaturen von etwa 3200° C.

Diese Flammentemperatur läßt das Erwärmen, Erhitzen und Schmelzen selbst von sehr dicken Werkstoffen zu. Der heutige Umfang der Gasschmelzschweißtechnik beruht im wesentlichen auf den besonderen Eigenschaften der Azetylen-Sauerstoff-Flamme. Azetylen wird in besonderen Apparaten, den Entwicklern (Bild 145) durch Einwirken von Wasser auf Kalziumkarbid in großen Mengen hergestellt (Bild 146). Das Azetyलगas kann direkt vom Entwickler über Rohrleitungen und Schläuche dem Brenner zugeführt werden (Bild 147), es kann aber auch in verdichteter Form als gelöstes Azetylen aufbewahrt und dem Brenner von hier aus zugeführt werden.

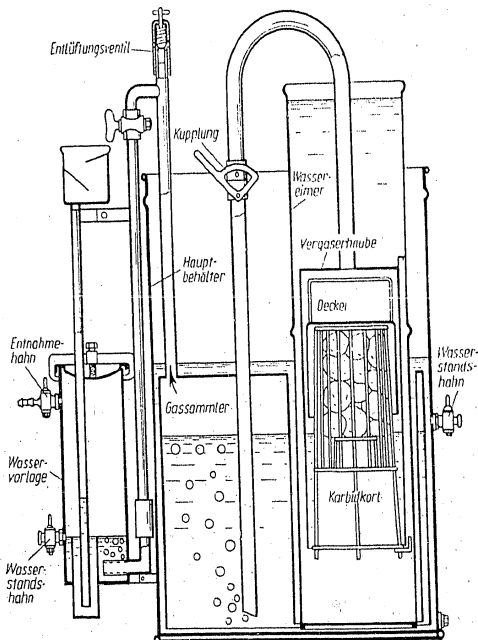


Bild 145: Azetylenentwickler

Gelöstes Azetylen

Bei einem Druck von 1,5 atü zerfällt Azetylen in Kohlenstoff und Wasserstoff und wird explosiv.

Es wird deshalb in Azeton unter Druck gelöst. Auch in dieser Form ist Azetylen nicht explosionsicher. Es werden deshalb zur Erhöhung der Sicherheit Stahlflaschen, die mit einer aufsaugenden Masse (poröser Körper) spundvoll gefüllt sind, als Gasspeicher verwendet (Bild 148). In dieser Flasche befindet sich, von der porösen Masse aufgesaugt, das Azeton. Ein Liter Azeton löst etwa 25 Liter Azetylen. Die gelöste Azetylenmenge steigt jedoch mit dem Fülldruck, so daß bei 10 atü Druck 1 Liter Azeton etwa 250 Liter Azetylen löst.

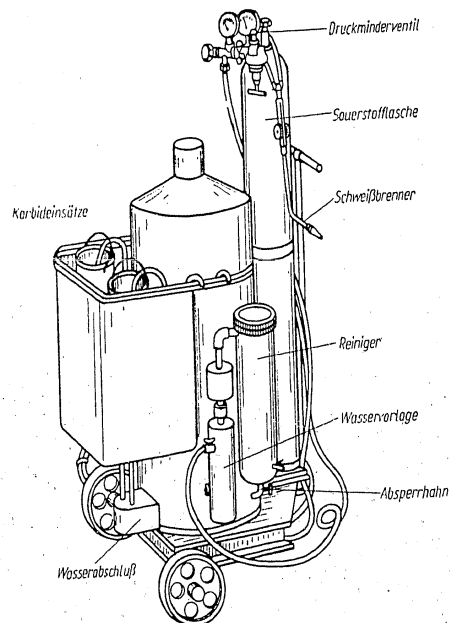


Bild 146: Fahrbare Azetylenentwickler-Schweißanlage

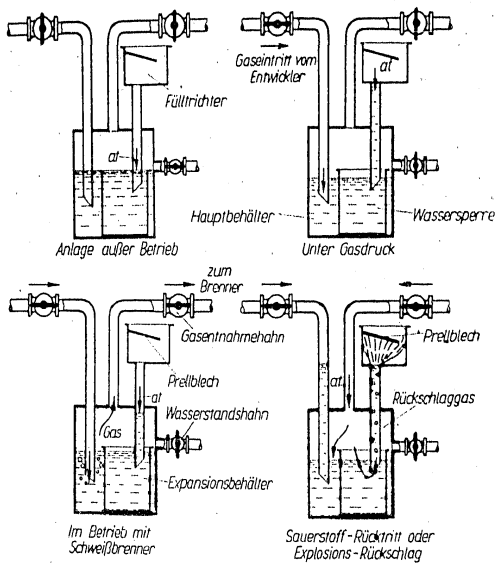


Bild 147: Wirkungsweise der Wasservorlage

10.312 Sauerstoff

Technisch reiner Sauerstoff wird aus atmosphärischer Luft gewonnen, die zu etwa 21% aus Sauerstoff und zu etwa 79% aus Stickstoff besteht. Die Trennung der in der Luft gemischten beiden Elemente erfolgt auf physikalischem Wege. Um diese Trennung durchzuführen, wird die Luft stark abgekühlt und dadurch verflüssigt. Diese Verflüssigung tritt unter atmosphärischem Druck bei einer Temperatur von -191°C ein. Die tiefe Temperatur wird durch Entspannungskühlung erzielt. Die Trennung des Sauerstoffs vom Stickstoff beruht auf den verschiedenen Siedepunkten beider Stoffe, die sich um etwa 8°C unterscheiden. Der so gewonnene Sauerstoff wird in einen Behälter geleitet, von dort mittels Abfüllverdichter abgesaugt und in Stahlflaschen gepreßt bzw. auf 150 atü verdichtet. Für die Be-

handlung von Sauerstoff-Flaschen gelten besondere Richtlinien, die unter allen Umständen eingehalten werden müssen. Gefüllte Sauerstoff-Flaschen dürfen nicht in der Nähe von Feuerstellen aufgestellt werden. Sie sind vor direkten Sonnenstrahlen und vor Frost zu schützen. Aufrechtstehende Sauerstoff-Flaschen müssen so befestigt sein, daß ein Umfallen unmöglich ist (Bild 149).

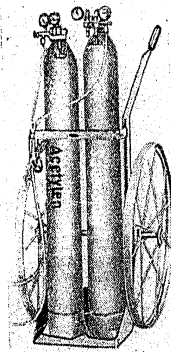


Bild 148: Fahrbare Azetylen-Sauerstoff-Schweißanlage

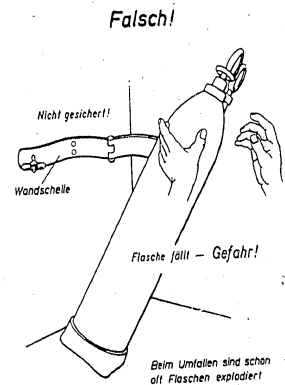


Bild 149: Stahlflaschen sind gegen Umfallen zu sichern

Gefüllte Sauerstoff-Flaschen dürfen nicht geworfen werden, besonders bei Kälte kann leicht ein Zerknall durch Erschütterung eintreten.

Nach Entfernen der Schutzkappe und der seitlichen Verschlußmutter öffne man kurze Zeit das Flaschenventil, damit anhaftende Schmutzteile ausgeblasen werden. Schutzkappen und Verschlußmutter sind immer an der gleichen bestimmten Stelle aufzubewahren. Ist der Dichtungsring am Stutzen in gutem Zustand, so kann der Druckminderer (Bild 150) angeschraubt werden. Undichtigkeiten sind durch Abpinseln mit Seifenwasser festzustellen.

Das Flaschenventil ist langsam zu öffnen und darauf die knebelartige Regelschraube am Druckminderer (Bild 151) langsam

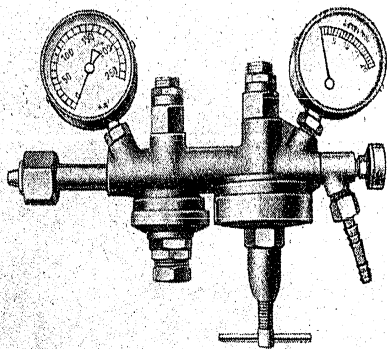


Bild 150: Druckminderer

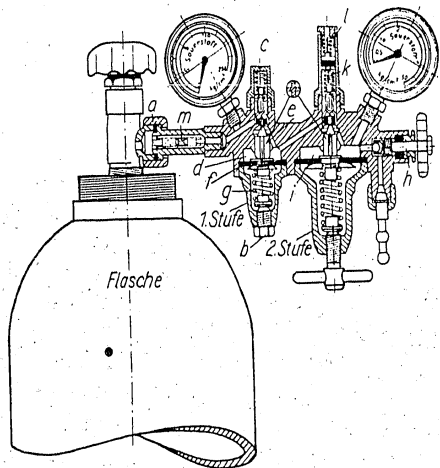


Bild 151: Druckminderer an der Sauerstoffflasche

auf den erforderlichen Druck bei geöffnetem Brennerhahn einzustellen (Bild 152).

Öle und Fette dürfen nicht an die Ventile und Stutzen kommen. Besonders an der Sauerstoff-Flasche können Öle und Fette zu gefährvollen Explosionen führen.

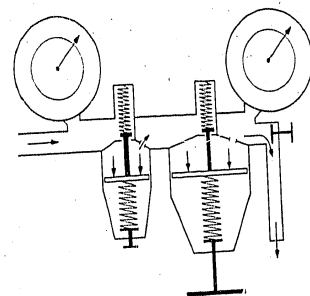


Bild 152: Schema der Wirkungsweise des Druckminderers

10.313 Schweißflamme

Die Güte einer Schweißnaht ist weitgehend von der richtigen Einstellung der Schweißflamme abhängig. Bei Inbetriebnahme des Schweißbrenners wird immer so verfahren, daß zunächst der Sauerstoffhahn geöffnet und dann der Arbeitsdruck am Druckminderer eingestellt wird.

Der Azetylenhahn wird halb geöffnet und die ausströmenden Gase werden an einer Zündflamme oder mittels eines Gasanzünders entzündet.

Bei ganz geöffnetem Azetylenhahn soll sich eine große, hell milchigweiß leuchtende Flamme ergeben, d. h. die Flamme soll mit Azetylenüberschuß brennen (Bild 153). Wird nun der Azetylenhahn gedrosselt, so verändert sich das Flammenbild so, daß der innere, weiß leuchtende Flammenkern gegenüber der übrigen Flamme scharf abgegrenzt ist. Diese Flammeneinstellung zeigt das richtige Mischungsverhältnis der Brenngase an und stellt die sogenannte neutrale Flamme dar. Drosselt man die Azetylenzufuhr weiter, so wird sich Azetylenmangel einstellen. Die Flamme

brennt dann mit Sauerstoffüberschuß. Dabei verkürzt sich der blendendweiße innere Flammenkern weiter und nimmt eine violette Farbe an. Fast alle Werkstoffe werden mit neutraler Flamme geschweißt. Sauerstoff steht zum Acetylen im richtigen Verhältnis bei einer Mischung von 1 : 1 bis 1,2 : 1.

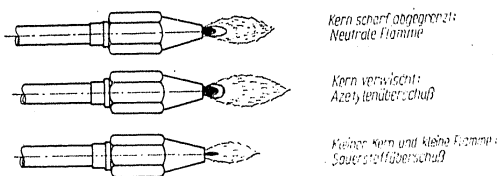


Bild 153: Schweißflammen

Der Anteil an Legierungselementen im Grundwerkstoff bleibt bei neutraler Flamme und bei Verwendung des richtigen Zusatzwerkstoffs nahezu unverändert. Eine Flamme mit Acetylenüberschuß kühlt die Schweißnähte auf, d. h. in der Schweißflamme wird infolge Sauerstoffmangels unverbrannter Kohlenstoff frei, der vom Schmelzbad aufgenommen wird. Der Kohlenstoff ist aber im Stahl ein Härtebildner; er macht die Schweißnaht hart, aber auch spröde, und führt zur Schweißnahttrissigkeit. Acetylenüberschuß ist also unbedingt zu vermeiden.

Sauerstoffüberschuß bringt bis zu einer gewissen Grenze eine scheinbare Mehrleistung. Er ist jedoch eine große Gefahrenquelle, weil im Schweißgefüge Verbrennungs- und Überhitzungserscheinungen auftreten. Eine solche Schweißflamme hat oxydierende Wirkung, d. h. der in der Schweißflamme noch freie Sauerstoff wird von dem schmelzflüssigen Metall als Metalloxyd gebunden. Es findet also eine zusätzliche Verbrennung von Werkstoff statt, die zu Verbrennungen und zu Überhitzungen führt. Auch Sauerstoffüberschuß ist also zu vermeiden.

Da der Wärmebedarf beim Schweißen vom Schmelzpunkt, der Dicke und Größe sowie vom Wärmeleitvermögen des zu schweißenden Werkstoffs abhängt, ist die Größe des benötigten Brenners ebenfalls unterschiedlich. Schweißbrenner und das zur Bedienung erforderliche Werkzeug bewahrt man sorgfältig in besonderen Kästen (Bild 154) auf.

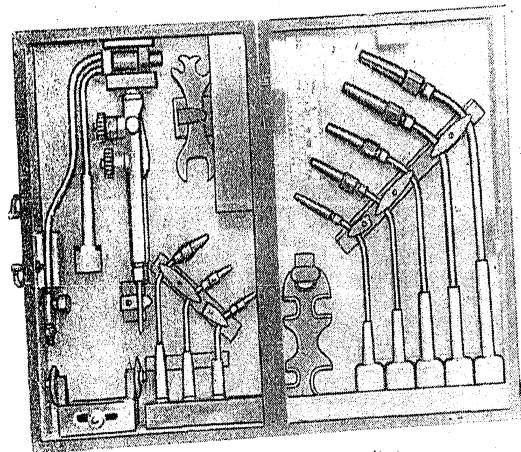


Bild 154: Schweißbrennergarnitur

10.314 Schweißarten

Es haben sich bei der Gasschmelzschweißung zwei Arten des Schweißens herausgebildet, und zwar die *Nachlinksschweißung* und die *Nachrechtsschweißung*.

Die *Nachlinksschweißung* (Bild 155) ist das ältere Verfahren und wurde bis ungefähr 1920 beinahe ausschließlich angewendet. Besondere Merkmale sind:

Sofern der Schweißer nicht Linkshänder ist, wird die Schweißnaht, vom Standort des Schweißers aus gesehen, von rechts begonnen und nach links fortgeführt, d. h. Schmelzbad und Zusatzdraht eilen vor dem Brenner her. Unter halbkreisförmigen Bewegungen der Schweißflamme wird ein Schmelzbad unterhalten, in dem der Zusatzdraht unter schürfender Bewegung abgeschmolzen wird.

Diese Schweißart ist teurer als die Nachrechtsschweißung, da sie höheren Zeitaufwand und Gasverbrauch erfordert. Sie wird nur noch an Blechen bis zu 4 mm Dicke wirtschaftlich angewendet. Beim *Nachrechtsschweißen* (Bild 156) beginnt der Schweißer die Schweißnaht von links und schweißt nach rechts. Die Schweißflamme wird in die Schweißfuge gehalten, beide zu verschwei-

henden Kanten werden aufgeschmolzen, und die Flamme wird ohne seitliche Bewegung in der Fuge nach rechts weitergeführt. Das Schweißbad und der Zusatzdraht bewegen sich hinter dem Brenner her. Der Zusatzdraht wird dabei unter halbkreisförmigen schürfenden Bewegungen im Schmelzbad abgeschmolzen. Bei Werkstoffdicken von 4 mm an aufwärts ist die Nachrechtschweißung wirtschaftlicher als die Nachlinksschweißung.

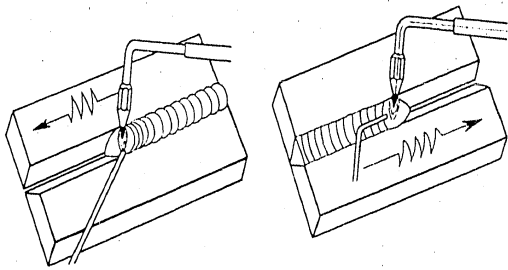


Bild 155: Nachlinksschweißung Bild 156: Nachrechtsschweißung

10.32 Elektrisches Lichtbogenschweißen

Die Wärmequelle ist der elektrisch erzeugte Lichtbogen. Dieser entsteht in einem elektrischen Stromkreis dort, wo der Strom über eine kurze Luftstrecke springen muß. Die Luft ist ein schlechter Leiter und setzt dem Durchgang des Stromes großen Widerstand entgegen, wobei sich im Lichtbogen Vorgänge abspielen, die das Freiwerden großer Wärmemengen zur Folge haben. An den Ansatzpunkten des Lichtbogens sind sie am größten und bringen das Metall an dieser Stelle schnell zum Schmelzen. Die Temperaturen können dabei auf 3500°C und noch höher ansteigen. Abgesehen von den Arcatom- und Argon-Arc-Verfahren unterscheiden wir beim Lichtbogenschweißen die drei Verfahren nach Slavianoff, Zerener und Bernardos (Bild 157). Da die beiden zuletzt genannten Verfahren im Flugzeugbau keine Anwendung finden, soll auf sie im Rahmen dieser Anleitung nicht weiter eingegangen werden. Beim Verfahren nach Slavianoff wird der Lichtbogen zwischen Werkstück und Metallelektrode gezogen, wobei die Metallelektrode gleichzeitig als Zusatzwerkstoff dient.

10.321 Der elektrische Lichtbogen

Während Metalle, die zu den Leitern erster Ordnung gehören, den Strom mehr oder weniger gut leiten, leiten Gase im allgemeinen überhaupt nicht; sie sind Nichtleiter. Man kann Gase aber elektrisch leitend machen, wenn man sie in geeigneter Weise beeinflusst.

Träger der Elektrizität sind dann elektrisch geladene Kleinstteilchen, die Ionen genannt werden. Man spricht von positiven und negativen Ionen, je nachdem, ob sie eine positive oder eine negative Ladung tragen. Bringt man in eine Gasstrecke Ionen hinein oder erzeugt man Ionen in dieser Gasstrecke, die sich zwischen den Polen einer Stromquelle befindet, so leitet die Gasstrecke den Strom, sie wurde leitend, sie ist ionisiert worden. Den Vorgang kann man sich etwa so vorstellen, daß man annimmt, die positiven Ionen werden gegen den negativen Pol der

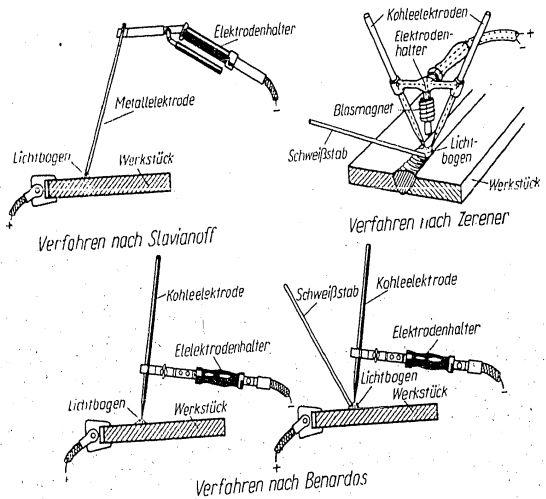


Bild 157: Verschiedene Verfahren der elektrischen Lichtbogenschweißung

Stromquelle, man nennt ihn Kathode, geschleudert, die negativen jedoch gegen den positiven Pol, die Anode. Diese Bewegung der Ionen gegen die Anode bzw. die Kathode geht mit großer Geschwindigkeit vor sich. Die Bewegungsgeschwindigkeit jedes Ions wird beim Auftreffen auf die Kathode bzw. Anode plötzlich abgebremst, und die Bewegungsenergie setzt sich größtenteils in Wärme um, die so groß ist, daß dabei auch Licht ausgestrahlt wird. Von den Lichtstrahlen, die eigentlich für den Ablauf des Verfahrens beim Schweißen nur wenig Bedeutung haben, hat die Erscheinung ihre Bezeichnung erhalten: *Lichtbogen*.

Die frei werdende Wärme ist so groß, daß beim Zünden des Lichtbogens Metalle sofort schmelzen. Die Temperatur beträgt 3000 ... 4200° C

10.33 Arcatom-Schweißen

Das Arcatom-Schweißen ist ein Schutzgasschweißverfahren (Bild 158). Zwischen zwei Wolframelektroden, die nur Lichtbogenssträger sind und nicht als Zusatzwerkstoff dienen, brennt ein Wechselstromlichtbogen, der von einem Spezialtransformator gespeist wird. Durch Wasserstoff, der am Elektrodenhalter aus einer Ringdüse austritt, werden sowohl die Wolframelektroden als auch die Schweißstelle in einen Schutzgasmantel eingehüllt, der dem Luftsauerstoff den Eintritt verwehrt.

Wasserstoff (chemisches Zeichen: H) tritt normalerweise nur in molekularer Form auf, d. h., zwei Wasserstoffatome (H) bilden

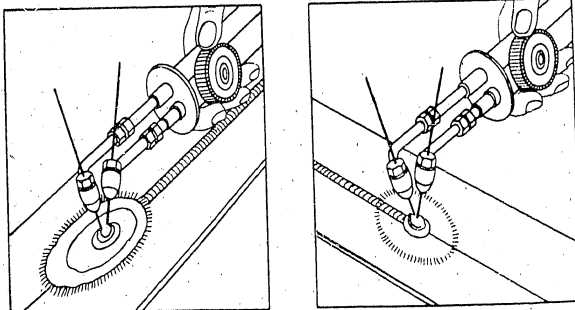


Bild 158: Arcatom-Schweißen

jeweils ein Wasserstoffmolekül (H_2). Im Lichtbogen werden solche Wasserstoffmoleküle unter der Einwirkung des elektrischen Stromes in jeweils zwei Wasserstoffatome gespalten ($H_2 \rightarrow 2 H$), wobei sie Energie aufnehmen.

Beim Austritt aus dem Lichtbogen bzw. beim Auftreffen auf das Werkstück vereinigen sich die Wasserstoffatome sofort wieder zu zweiatomigen Molekülen, wobei die aufgenommene Energie in Form erheblicher Wärmemengen, die den Werkstoff zum Schmelzen bringen, wieder frei wird. Dadurch ist es möglich, mit diesem Lichtbogen einwandfrei zu schweißen. Die erzielbare Schweißgeschwindigkeit nähert sich der des Metalllichtbogenverfahrens nach Slavianoff. Die Handhabung des Verfahrens kommt der beim Gasschmelzschweißen sehr nahe. Das Arcatom-Verfahren eignet sich hervorragend zum Schweißen von legierten und hochlegierten Stählen sowie für die meisten Nicht-eisenmetalle einschließlich der Leichtmetalle.

10.34 Weibel-Schweißverfahren

Dieses Verfahren kann nicht unter die Lichtbogenschweißung, aber auch nicht eindeutig unter die Widerstandsschweißverfahren eingeordnet werden, steht dem letzteren jedoch sehr nahe. Es ist anwendbar für das Verbinden von Blechen aus Aluminium und dessen Legierungen bis zu Dicken von 2 mm.

Das Schweißgerät besteht aus einem Transformator, an den mittels biegsamer Zuleitungen zwei in einem zangenförmigen Elektrodenhalter befestigte Kohlelektroden angeschlossen sind. Zur Einleitung des Schweißvorgangs werden die innen abgeflachten Enden der Kohlelektroden miteinander in Berührung gebracht (kurzgeschlossen), ohne daß ein Lichtbogen entsteht, wobei sie sich innerhalb von 10 ... 15 Sekunden auf helle Rotglut erhitzen. Hierauf wird die Zange geöffnet, die Elektroden

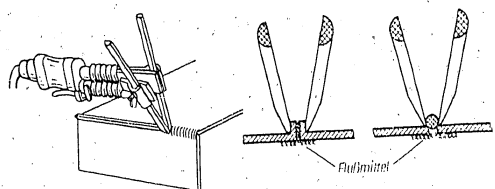


Bild 159: Weibel- (Fesa-) Schweißverfahren

werden beispielsweise um einen Bördelrand der zu verschweißen- den Bleche gelegt (Bild 159) und daran entlang gezogen. In der Wärme zwischen den beiden Elektroden schmilzt der Bördelrand, ähnlich wie bei der Gasschmelzschweißung, und füllt die Naht- fuge. Die Bördelnaht muß für das Schweißen sauber zugerichtet, sorgfältig gesäubert und mit einem Flußmittel bestrichen sein.

10.35 Argon-Arc-Schweißen

Das Argon-Schutzgasschweißverfahren ist ein verhältnismäßig neues Verfahren, das Vorteile gegenüber den bisher gebräuch- lichen Verfahren bringt. Bei diesem Verfahren wird der von einem Schutzgasmantel aus Argon umgebene Schweißlichtbogen zwischen der praktisch nicht abschmelzenden Wolfram-Elektrode und dem Werkstück gezogen (Bild 160). Zusatzdraht wird wie bei der Autogen- oder Arcatomschweißung von Hand zugeführt. Das Schutzgas Argon hüllt, aus der Düse des Elektrodenhalters strömend, die Wolframelektrode und das Schweißgut voll- kommen ein, wodurch jeder schädliche Einfluß des Luftsauer- stoffs und des Stickstoffs auf das Schmelzbad verhindert wird. Das Aussehen der Schweißnähte ist besonders sauber. Flußmittel (Schweißpulver) oder umhüllte Drähte werden nicht benötigt. Jede Nachreinigung, das Entfernen von Schlacken usw., fällt weg. Die starke Wärmekonzentration des Lichtbogens ermöglicht eine hohe Schweißgeschwindigkeit in allen Schweißpositionen. Infolge dieser hohen Schweißgeschwindigkeit bleibt die Erwärmung des Werkstücks in niedrigen Grenzen und ist gering.

Es können mit diesem Verfahren geschweißt werden: Aluminium und Magnesium sowie deren Legierungen, rost-,

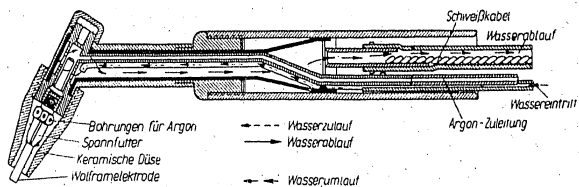


Bild 160: Argon-Arc-Schweißgerät

säure- und hitzebeständige Stähle, Kohlenstoffstähle, plattierte Stähle, Kupfer, Messing, Nickel und Blei. Aluminium-, Silizium- und Zinnbronzen sowie Edelmetalle.

10.36 Preßschweißverfahren

10.361 Die elektrische Widerstandsschweißung Alle Widerstandsschweißverfahren sind, da sowohl die Schweiß- maschine selbst als auch deren Einstellung dem jeweiligen Schweißgut genau angepaßt sein muß, vornehmlich Massen- fertigerungsverfahren. Mit entsprechend dem Werkstück geformten Elektroden wird Wechselstrom derart zugeführt, daß nur die Schweißstelle erwärmt wird (Bild 161). Die Vereinigung der zu schweißenden Teile erfolgt, nachdem ein teigiger, teilweise auch ein schmelzflüssiger Zustand erreicht ist, durch Zusammenpressen bzw. Stauchen, und zwar ohne Flußmittel und ohne Zusatzmetall.

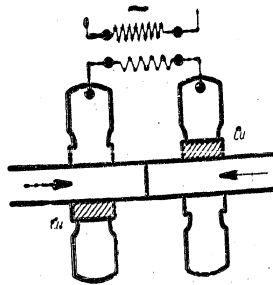


Bild 161: Elektrische Preßschweißung

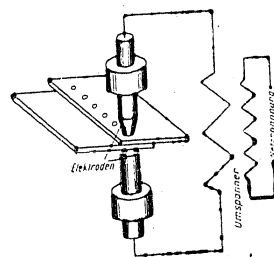


Bild 162: Elektrische Punktschweißung

10.362 Punktschweißung von Aluminium und dessen Legierungen (Bild 162)

Das hohe Wärmeleitvermögen und die hohe elektrische Leitfähig- keit von Aluminium und dessen Legierungen einerseits und die starke Abhängigkeit der mechanischen und chemischen Eigen- schaften vom Gefügebau des Werkstoffs andererseits zwingen

dazu, beim Widerstandsschweißen Stromstöße von hoher Stromstärke und geringer Dauer mit dem Werkstoff entsprechend genau einstellbarem Elektrodendruck anzuwenden (Bild 163). Ähnlich der Nietung wird die Punktschweißung für die überlappte Verbindung von Blechen und Formprofilen von etwa 0,1 ... 4,00 mm Dicke angewandt (Bild 164). Bei verschiedenen Werkstoffdicken gibt im wesentlichen das dünnere Teil den Ausschlag für die Bemessung der Maschinenwerte, so daß also ein Teil von beiden wesentlich dicker sein darf als das andere. Die Güte der Punktschweißung (statische und dynamische Festigkeit, chemische

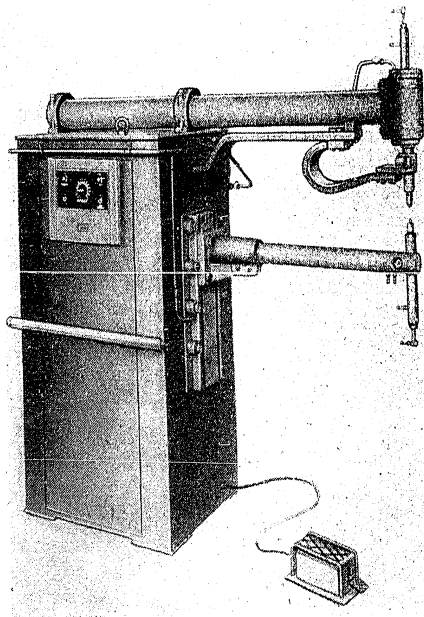


Bild 163: Elektrische Punktschweißmaschine (Ansicht)

Beständigkeit) wird durch Gefüge, Form und Größe des einzelnen Schweißpunkts beeinflusst, die ihrerseits von der Stromstärke (bis zu 45 000 A), der Schweißzeit (1/25 ... 1/4 s) und vom Elektrodendruck (Anpreßkraft 100 ... 250 kg) abhängen (Bild 165).

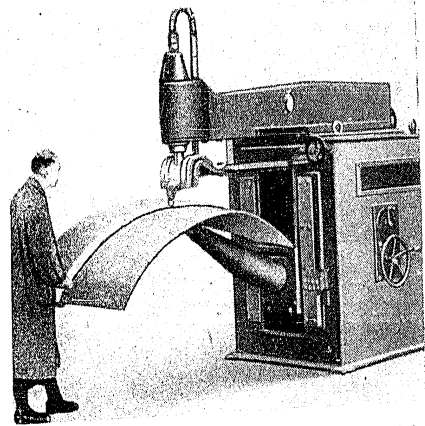


Bild 164: Elektrische Punktschweißmaschine in Tätigkeit

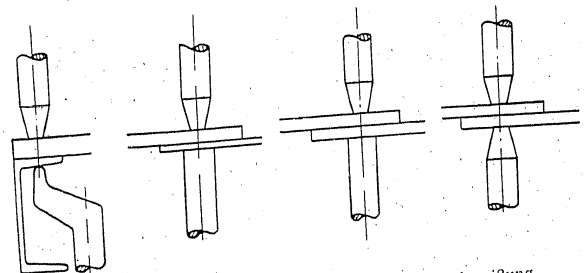


Bild 165: Elektrodenformen für elektrische Punktschweißung

Da diese Größen untereinander in recht verwickelter Weise voneinander abhängig sind, muß die Schweißmaschine mit empfindlichen und genau einstellbaren Schalt- und Steuerungseinrichtungen ausgestattet werden, um die durch Versuche ermittelten Bestwerte jederzeit wiederholen zu können.

Die elektrische Leistung der Maschine wird durch die größte zu schweißende Werkstoffdicke und durch die größte erreichbare Armausladung (bis zu 1200 mm) bestimmt, in geringerem Maße durch die schweißbare Legierungsgattung. Um unnötige Verluste vermeiden zu können, soll die Armausladung verstellbar sein und so klein eingestellt werden können, wie es die Werkstücke zulassen.

10.363 Rollennahtschweißung

Die Rollennahtschweißung (Bild 166) dient zur Herstellung überlappeter dichter Nähte an Blechen von etwa 0,1 bis 2,0 mm Einzelstärke. Die Überlappung muß wesentlich breiter sein, als die Auflagefläche der Schweißrollen (Bild 167). Bördelnähte finden Anwendung für Rohrlängsnähte, für Böden in Flaschen, für Behälter usw. (Bild 168). Die beim Schweißen von Stahl ununterbrochene Stromzufuhr ist bei der Nahtschweißung von Aluminium und dessen Legierungen nicht möglich. Die Naht entsteht vielmehr durch das Aneinanderreihen vieler einzelner Punkte, die durch kurze, nach Stromstärke und Schweißzeit genau dosierte Stromstöße erzeugt werden, zwischen denen entsprechende Strompausen liegen.

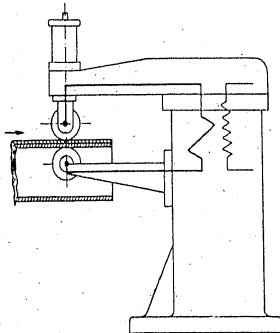


Bild 166: Elektrische Längsnahtschweißmaschine mit zwei Rollenelektroden (schematisch)

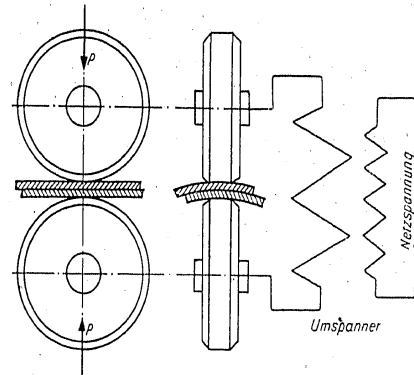


Bild 167: Elektrische Rollennahtschweißung (schematisch)

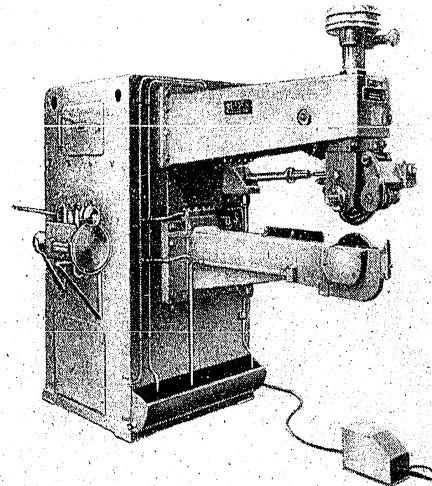


Bild 168: Elektrische Längsnahtschweißmaschine mit zwei Rollenelektroden (Ansicht)

10.4 Etwas über schweißbare Stähle

Die Verbindung von schweißbaren Metallen aller Art durch Schmelzschweißen erfolgt, wie schon der Name des Verfahrens sagt, im Schmelzfluß, so daß die Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Metallerzeugung, die ja ebenfalls über den Schmelzfluß erfolgt, im gewissen Sinne übertragen werden können.

Da die Güteeigenschaften von Metallen von deren innerem Aufbau (dem Gefüge) abhängig sind, gilt das gleiche auch für geschweißte Verbindungen. Die Einwirkung der hohen Schweißtemperaturen auf den Werkstoff und der Einfluß von gewollten oder ungewollten Beimengungen auf die Qualität müssen erkannt und in ihrem Ablauf verfolgt werden können, um sie schließlich in die gewünschte Richtung zu steuern. Das bedeutet, daß jeder Schweißfachmann sich gründlich mit der Metallurgie beschäftigen muß und Schweißmetallurge sein sollte.

10.41 Einteilung des Stahles

Die zur Verwendung kommenden Stähle werden nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt, und man unterscheidet sie in folgender Weise:

10.411 Herstellungsverfahren

- a) Bessemerstahl
- b) Thomasstahl
- c) Siemens-Martin-Stahl
- d) Tiegelstahl
- e) Elektrostahl

10.412 Zusammensetzung

- a) Unlegierte Stähle oder Kohlenstoffstähle
- b) legierte Stähle, die sich unterteilen:
 - b 1) nach der Art der Legierungsmetalle
 - b 2) nach der Menge der Legierungsmetalle in niedrig-, mittel- und hochlegierte Stähle.

10.413 Verwendungszweck

- a) Baustähle oder Konstruktionsstähle; sie gliedern sich in:
 - a 1) Handelsstähle, die ohne besondere Wärmebehandlung in gewalztem oder geschmiedetem Zustand verwendet werden.

- a 2) Vergütungsstähle, unlegiert und legiert.
- a 3) Einsatzstähle, unlegiert und legiert.

b) Werkzeugstähle

- c) Sonderstähle mit bestimmten physikalischen oder chemischen Eigenschaften.

10.414 Gefügeausbildung

- a) Ferritische Stähle
- b) Perlitische Stähle
- c) Martensitische Stähle
- d) Austenitische Stähle
- e) Ledeburitische Stähle

Durch die Einteilung in eine dieser fünf Gruppen ist ein Stahl noch keineswegs eindeutig bestimmt. Der Name „Chrom-Molybdän-Stahl“ oder Manganstahl sagt nichts über die Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck oder über die Einhaltung der Eigenschaften, die vom Stahl bzw. vom fertigen Bauteil gefordert werden, aus. Die Auswirkung der einzelnen Legierungszusätze ist recht unterschiedlich, je nach ihrer Menge und nach der Art der Behandlung des Werkstoffs. Deshalb ist sowohl die Art der Wärmebehandlung als auch die Menge der einzelnen Legierungselemente aus der sich die Eigenschaften und darüber hinaus die Gefügebildung ergeben, anzugeben. Die vom Werkstoff verlangten Eigenschaften richten sich nach den im Betrieb auftretenden Beanspruchungen. Die wichtigste Eigenschaft, die einen Schweißfachmann interessieren muß, ist die Schweißbarkeit.

10.42 Einfluß der Legierungselemente

Im folgenden wird der Einfluß der verschiedenen wichtigsten Legierungselemente auf die Eigenschaften von Stahl und ihre Wirkung beim Schweißen besprochen.

10.42.01 Schwefel (S)

macht die Schweißnaht brüchig (rotbrüchig), wenn der S-Gehalt im Schweißgut 0,04 %, im Stahl 0,06 % übersteigt. Seigert stark aus. Bei steigendem Kohlenstoffgehalt wird der Einfluß von S und P geringer. Abbildung des S durch Zusatz von Mangan. Einfluß von S wird zusammen mit Phosphorgehalt beurteilt. Höchstgehalt im Schweißgut zusammen 0,07 %, im Stahl 0,10 %.

10.42.02 Phosphor (P)

macht die Nähte brüchig (kaltbrüchig). P-Gehalt ist lästig bei Thomasstahl, der nach Kaltverformung altert und leicht neben der Naht bricht. Seigert stark. Höherer P-Gehalt macht das Schmelzbad dünnflüssiger. P-Gehalt unter 0,08 % meist unschädlich. Für Feibleche ist zur Verhinderung des „Klebens“ ein höherer P-Gehalt erforderlich.

10.42.03 Sauerstoff (O)

macht die Stähle porös und führt zu Oxydeinschlüssen. O-Gehalt setzt die Dauerfestigkeit herab und beeinträchtigt die Schmiedbarkeit. Führt zur Rotbrüchigkeit. Beim Arbeiten auf niedrigen P-Gehalt steigt der O-Gehalt.

10.42.04 Stickstoff (N)

macht Stahl spröde und alterungsempfindlich. Die Dehnung geht bei einem Gehalt von über 0,01 % N zurück. Nur geringer Einfluß auf die Schweißbarkeit. Wird auch als Legierungsbestandteil zur Erhöhung der Festigkeit verwendet.

10.42.05 Wasserstoff (H)

erhöht die Alterungsempfindlichkeit und führt zur Schweißrisigkeit durch Aufsprengen der Korngrenzen im Gefüge (Fischaugenbrüche). Gibt Anlaß zu Flockenbildung im Stahl. Setzt die Zähigkeit herab. H-Gehalt kann durch Glühen bei niedrigen Temperaturen ausgetrieben werden.

10.42.06 Arsen (As)

seigert wie P im unberuhigten Stahl, erhöht die Festigkeit, vermindert die Zähigkeit. As-Gehalt über 0,25 % ruft Neigung zu Schweißrisigkeit hervor.

10.42.07 Kohlenstoff (C)

Wichtigster Legierungsbestandteil des technischen Eisens. Bei unlegierten Stählen ist ein C-Gehalt unter 0,25 % ohne Einfluß; über 0,25 % C beginnt die Härbarkeit, besonders bei dicken Querschnitten. Sie ist abhängig von der Abkühlungsgeschwindigkeit.

Über 0,3 % wird die Grenze der Schweißbarkeit erreicht. Bei Stahl 52 und legierten Stählen C-Gehalt nicht über 0,2 %. Gegenwirkung gegen Härtung: möglichst geringe Wärmezufuhr, Herabsetzung der Abkühlungsgeschwindigkeit durch besondere Maßnahmen. Nachträgliche Wärmebehandlung.

10.42.08 Silizium (Si)

verhindert Seigerungen. Zu hoher Si-Gehalt macht die Schweißnähte porös, führt zu Schweißnahttrissigkeit (Grobkornbildung), vermindert den Einbrand. Über 0,8 % Si bei über 0,4 % C macht das Schweißen unmöglich. Mn hebt die ungünstigen Wirkungen von Si auf, wenn es im Verhältnis von etwa 3 Mn : 2 Si vorhanden ist.

10.42.09 Mangan (Mn)

verbessert die Schweißeigenschaften unlegierter Stähle. Begünstigt guten Einbrand. Erhöht die Reißfestigkeit der Schweißnaht, verhindert Rotbrüchigkeit, wirkt desoxydierend und schlackenbildend. Mn-Gehalt über 5 bzw. 12 % führt zu austenitischem Gefüge.

10.42.10 Aluminium (Al)

wird in niedrigen Prozentsätzen zur Desoxydation, Beruhigung und Verminderung der Alterungsempfindlichkeit von Stahl verwendet. Verhindert Seigerungen, wirkt kornverfeinernd. Als Legierungsbestandteil in höheren Prozentsätzen nur in hitzebeständigen Stählen. Ruft hier Kornvergrößerungen hervor, verschlechtert die Schweißbarkeit sehr.

10.42.11 Kupfer (Cu)

Cu-Gehalt bis 0,55 % erhöht besonders in Verbindung mit P die Korrosionsbeständigkeit. Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härbarkeit werden ebenfalls erhöht. Schweißbarkeit wird nicht beeinträchtigt.

10.42.12 Chrom (Cr)

wirkt zusammenballend und setzt dadurch den Einbrand herab. Niedrige Cr-Gehalte erhöhen Streckgrenze, Härbarkeit und absolute Härte. Hoher Cr-Gehalt bewirkt Hitzebeständigkeit und Korrosionsfestigkeit. Chromkarbidbildung führt allerdings dazu, daß der Stahl spröde und schlechter bearbeitbar wird.

Chromoxyde sind sehr schwer schmelzbar und bilden Oxydhäute. Bei austenitischem Gefüge wird durch Cr-Gehalt die Rißempfindlichkeit herabgesetzt.

10.42.13 Nickel (Ni)

erhöht die Zähigkeit und die Festigkeit des Stahles. Setzt Neigung zu Rißbildung erheblich herab. Kritische Abkühlungsgeschwindigkeit wird herabgesetzt. Bei Ni-Gehalt zwischen 5 und 8% ist die Schweißung sehr schwierig. Über 8% wird bei entsprechendem Cr-Gehalt oder Mn-Gehalt das Gefüge austenitisch. Ni wird in der Hauptsache zusammen mit Cr verwendet. Der C-Gehalt muß bei diesen Stählen niedrig gehalten werden.

10.42.14 Molybdän (Mo)

wirkt sehr günstig durch die Herabsetzung der Schweißrisigkeit bei Gehalten zwischen 0,1 und 0,5%. Erhöht die Warmfestigkeit und Dauerfestigkeit. Setzt die Anlaßsprödigkeit herab. Bildet sehr stabile Karbide. Wirkt etwa dreimal so stark wie Wolfram. Man verwendet Mo in Verbindung mit Cr, Cu oder Wolfram.

10.42.15 Wolfram (W)

setzt die Festigkeitseigenschaften des Stahles ohne Herabsetzung der Zähigkeit herauf. Bei W-Gehalten zwischen 0,4 und 0,8% wird die Anlaßsprödigkeit vermindert. W setzt die Warmfestigkeit herauf und vermindert Grobkornbildung. Neigt zu Karbidbildung und dadurch zur Härtesteigerung.

10.42.16 Vanadin (V),

auch Vanadium, unterdrückt Grobkornbildung und vermindert die Überhitzungsempfindlichkeit. Erhöht die Warmfestigkeit und die Dauerfestigkeit, in geringem Maße auch die Zugfestigkeit ohne Herabsetzung der Zähigkeit. Erhöht die Schweißbarkeit. Wird ebenso wie Niob (Nb) und Tantal (Ta) hauptsächlich Cr-Ni-Stählen zugesetzt, um Eisenkarbidausscheidung zu verhindern. Erhöhung des V-Gehalts über 0,8% übt keine Wirkung mehr aus.

10.42.17 Titan (Ti)

bewirkt Kornverfeinerung. Ti-Gehalt ist für die Schweißbarkeit sehr günstig. Wirkt desoxydierend, und zwar wesentlich stärker als Silizium (Si) und nur wenig geringer als Aluminium (Al).

10.5 Vorbereiten der Schweißnähte

Auf das gute Vorbereiten der Schweißnähte, d. h. das Zurichten und Zusammenpassen der Einzelteile, muß besonders im Flugzeugbau größter Wert gelegt werden. Der Schweißer ist verpflichtet, Teile, die nicht genau passen und größere Luftspalte aufweisen, zurückzugeben. Er muß wissen, daß durch das Überbrücken solcher Luftspalte das Einbringen größerer Mengen von Zusatzwerkstoffen notwendig wird und daß dadurch Spannungen und Verwerfungen erheblich begünstigt, die Nacharbeiten somit stark heraufgesetzt werden. Außerdem werden die Schweißnähte von vornherein durch hohe Schrumpf- und Richtspannungen stark beansprucht.

10.51 Schweißnahtformen

10.511 Bördelstoß (Bild 169)

Die Bördelnaht wird vorwiegend bei Aluminium und dessen Legierungen an Blechen bis zu 1,5 mm (zum Teil bis 2 mm) Dicke angewendet. Für das Schweißen von Stahl wird diese Nahtform seltener gewählt, und zwar kaum über 1 mm Blechdicke hinaus. Als Schweißverfahren kommen in Frage Gas-schmelzschweißen, Arcatom-, Argon-Arc- und Weibelfverfahren. Der angebogene Bördel wird abgeschmolzen und dient als Zusatzwerkstoff.

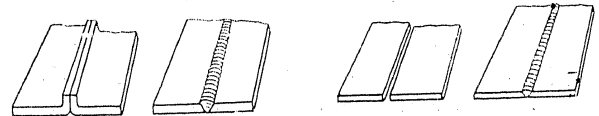


Bild 169: Bördelstoß

Bild 170: Stumpfstoß (mit Zusatzdraht)

10.512 Stumpfstoß (Bild 170)

Der Stumpfstoß ohne Abschrägung wird in der Regel bis zu 4 mm Blechdicke angewendet. Um gutes Durchschweißen unbedingt zu gewährleisten, werden im Flugzeugbau von 2 mm Blechdicke an aufwärts alle Schweißkanten abgeschragt. Zusatzwerkstoff wird in jedem Fall benötigt. Diese Hinweise gelten für Stahl ebenso wie für Leichtmetall.

10.513 V-Stoß (Bild 171)

Alle Werkstoffdicken über 2 mm, gleichgültig ob bei Stahl oder bei Leichtmetall, werden abgeschragt und so zusammengestoßen, daß eine V-förmige Vertiefung entsteht. Der Öffnungswinkel soll $60 \dots 70^\circ$ betragen. Die beiderseitigen Kanten werden abgeschmolzen und das V-förmige Tal mit Zusatzwerkstoff gefüllt. Diese Nahtform gilt für alle in diesem Merkbuch aufgeführten Schmelzschweißverfahren. Sollen zwei Bleche ungleicher Dicke miteinander verschweißt werden, so muß das dickere Blech im Bereich der Naht auf die Dicke des dünneren gebracht werden, und zwar so, daß ein allmählicher Übergang entsteht.

10.514 X-Stoß (Bild 172)

Der X-Stoß wird beim Schweißen von Stahl, Aluminium und dessen Legierungen im Flugzeugbau bei Blechdicken über 8 mm angewandt, wenn die Schweißstelle von beiden Seiten zugänglich ist. Die beiderseitigen Öffnungswinkel sollen auch hier $60 \dots 70^\circ$ betragen.

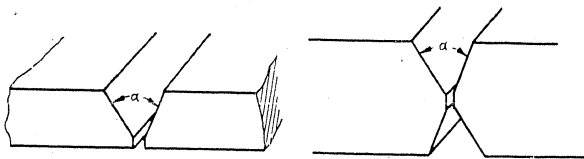


Bild 171: V-Stoß

Bild 172: X-Stoß

10.515 Kehlnaht (Bild 173)

Durch das Einschweißen von Versteifungs- bzw. Verstärkungsecken in Schweißbesläge, Knotenstücke usw. treten im Flugzeugbau sehr häufig Kehlnähte auf. Da diese in den meisten Fällen einseitig geschweißt werden, muß hier besonders auf gutes Durchschweißen bis zur Wurzel geachtet werden (Bilder 174, 175, 176). Entgegen den Regeln in anderen Industriezweigen müssen hier solche Versteifungsbleche bzw. -ecken, sofern sie über 2 mm dick sind, an den Stoßstellen bzw. Seiten abgeschragt werden, um gutes Durchschweißen zu gewährleisten (Abschrägungswinkel 35°).

10.516 Schweißnahtfolge und Schweißrichtung

Bei allen Schweißteilen, gleich an welchen Werkstoffen, ist unbedingt auf die vorgeschriebene Schweißnahtfolge, die in den technologischen Unterlagen angegeben sein soll, und auf die Schweißnahttrichtung (Bild 177) zu achten. Als Regel gilt, immer von innen nach außen zu schweißen, um Schweißspannungen aus dem Blech hinauszuleiten. Im Blech auslaufende Stegbleche müssen ungefähr 5 mm umschweißt (verriegelt) werden.

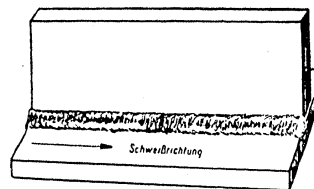


Bild 173: Kehlnaht (T-Stoß)

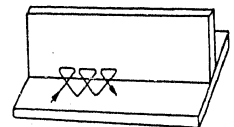


Bild 174: Dreieckführung für größere Kehlnahtdicke

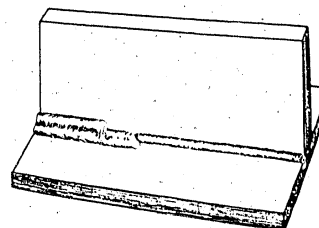


Bild 175: Kehlnaht-Mehrlagenschweißung

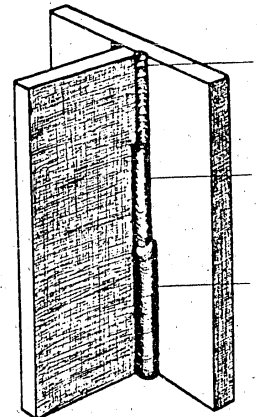


Bild 176: Senkrechte Kehlnaht

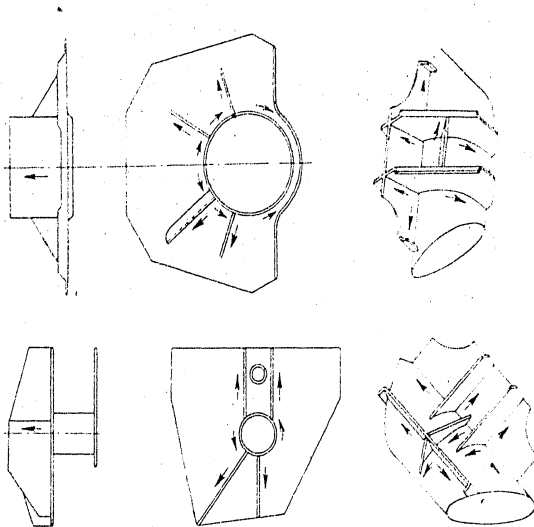


Bild 177: Schweißnahtrichtungen

10.6 Schweißen von Aluminium und dessen Legierungen

Die besonderen Eigenschaften des Aluminiums erfordern die Anwendung einer gegenüber der Stahlschweißung etwas abgeänderten Arbeitsweise. In erster Linie sind die Unterschiede durch die mehr oder weniger dicke, festhaftende Al-Oxyd-Schicht begründet, mit der sich das Aluminium, besonders aber das schmelzflüssige Metall, an der Luft überzieht und die sich nach mechanischer Entfernung bei Luftzutritt stets sofort wieder nachbildet. Im Gegensatz zu den meisten Schwermetalloxyden ist das Aluminiumoxyd in der Schweißhitze (Aluminium-Schmelzpunkt $\approx 650^\circ\text{C}$) nicht zu reinem Metall reduzierbar und bei der Schweißtemperatur wegen seines hohen Schmelzpunkts von 2060°C auch nicht schmelzbar.

Die Oxydhaut verhindert ein einwandfreies Zusammenfließen des niederschmelzenden Zusatzmaterials mit den schmelzenden Schweißkanten des Werkstücks. Für die Aluminiumschweißung

ist es daher notwendig, Flußmittel, sogenannte Schweißpulver oder Schweißmittel, zu verwenden, die beim Schweißen auf der Schweißstelle schmelzen und verfließen, die Oxydhaut lösen und das Metall vor erneuter Oxydation schützen.

10.61 Flußmittel

Die Rolle der Flußmittel wurde schon erwähnt. Sie bestehen im wesentlichen aus Fluoriden und Chloriden. Ein gutes Flußmittel soll bei einer Wirkungstemperatur, die etwa 50 bis 100°C unterhalb des Schmelzpunkts von Aluminium liegt, ein gutes Lösungsvermögen für Aluminiumoxyd aufweisen. Es soll genügend zähflüssig sein, gute Ausbreitfähigkeit und niedrige Wichte haben sowie am heißen Schweißstab gut haften. Es darf beim Arbeiten nicht spritzen und keine gesundheitsschädigenden Dämpfe entwickeln. Außerdem soll es genügend lagerfähig sein. Die normalen Flußmittel sind hygroskopisch, d. h., sie ziehen aus der Luft Feuchtigkeit an und greifen bei längerer Einwirkung das Metall an. Flußmittelreste müssen darum unmittelbar nach dem Schweißen durch Abwaschen mit heißem Wasser vom Werkstück entfernt werden.

10.62 Schweißdraht

Zum Schweißen von Reinaluminium wird im allgemeinen auch Schweißdraht aus Reinaluminium verwendet. Dieser soll garantiert rein und insbesondere frei von Kupfer sein. Wird eine Drahtprobe beim Eintauchen in heiße 10% ige Natronlauge (1 Minute Tauchzeit) schwarz, so ist der Draht unbedingt zu verwerfen. Beim Schweißen von Al-Legierungen gilt als Regel: Gleiches zu Gleichem. In Fällen, in denen die zu schweißende Legierung nicht bekannt ist, hilft die Tüpfelprobe.

10.63 Vorbereitung der Schweißkanten

Die Vorbereitung der Schweißkanten erfolgt ähnlich wie bei anderen Metallen. Unzugängliche Ecken sind zu vermeiden. Überlapptschweißen ist unzulässig. Kehlnähte sind möglichst zu vermeiden. Die Schweißkanten müssen sauber und vor allem frei von Öl und Fett sein. Wichtig für alle Schweißarbeiten ist die richtige Anordnung der Schweißnähte. Im Bild 178 sind die an einem Behälter vorkommenden Schweißverbindungen in richtiger und falscher Ausführung gezeigt.

Diese Anordnungen gelten analog selbstverständlich auch für ähnliche Konstruktionen.

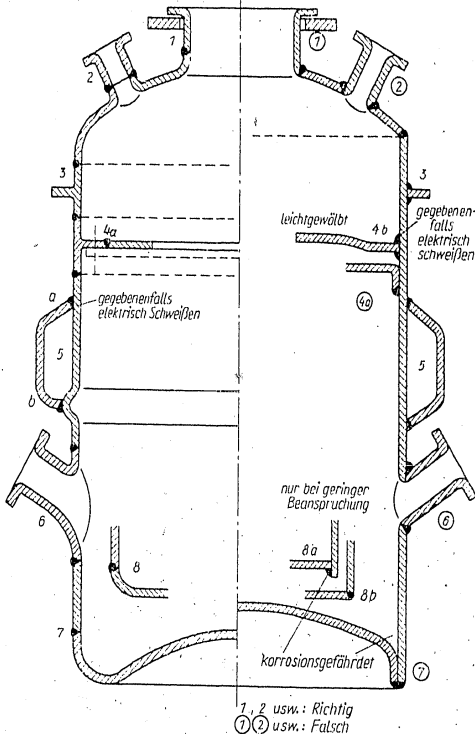
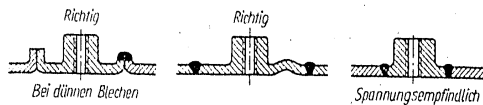


Bild 178: Schweißverbindungen, falsch und richtig

11 Löten

Unter Löten wird das Verbinden erwärmter, aber in festem Zustand verbleibender Metalle oder Legierungen durch geschmolzene Bindemittel, Lote genannt, verstanden.

Nach ihrer Schmelztemperatur unterscheidet man *Hart-* und *Weichlote*. Der Schmelzpunkt der Hartlote für Schwermetalle liegt zwischen 720 und 900°C, für Aluminium und seine Legierungen zwischen 540 und 620°C. Für Weichlote liegt der Schmelzpunkt in beiden Fällen unter 350°C.

11.1 Hartlöten von Schwermetallen

Als Lote finden in der Hauptsache Messing, Neusilberlegierungen und sogenannte Silberlote Anwendung. Die Festigkeitswerte einer Lötverbindung hängen vom Lot, von der Löttemperatur, vom verwendeten Flußmittel, von der Anordnung der Lötverbindung und schließlich auch von der Geschicklichkeit des Lötters ab. Aufgabe des Flußmittels ist es, die Lötstelle von Oxyden zu befreien und vor weiterer Oxydation zu schützen. Durch Versuche muß das geeignetste Flußmittel festgestellt werden. Die bekanntesten Flußmittel sind Borax und Borsäure. Flußmittelreste sind nach dem Löten sorgfältig zu entfernen. Die Vorgänge beim Löten sind physikalische Reaktions- und Diffusionsvorgänge zwischen dem Lot und den Oberflächenschichten des Werkstoffs. Von Einfluß für die Güte der Lötverbindung sind die Einhaltung der richtigen Löttemperatur und Lötzeit sowie die Legierungsfähigkeit des Lotes.

11.2 Hartlöten von Aluminium und dessen Legierungen

Wie bei den Schwermetallen, wie Kupfer, Stahl usw., bildet das Hartlötverfahren auch beim Aluminium und bei dessen Legierungen das Zwischenglied zwischen dem Schweißen und dem Weichlöten. Die Aluminium-Hartlote sind in Aussehen und Zusammensetzung dem Grundwerkstoff ähnlich; sie enthalten 70 ... 90% Aluminium. Um den Schmelzpunkt (540 ... 620°C) herabzusetzen, werden Kupfer, Zink, Zinn, Silizium usw. nach Bedarf zugesetzt. Die Oxydlösung geschieht auch hier durch Flußmittel, die den beim Schweißen verwendeten ähnlich sind. Das Anwendungsgebiet des Hartlötens liegt hauptsächlich bei Teilen von geringem Querschnitt, also bei dünnen Blechen oder kurzen Nähten. Als Faustregel fällen gelten, daß der Verbindungsquer-

schnitt 150 mm² nicht überschreiten soll. Die Hartlötstellen sind polierbar und eloxierbar, sie geben in mechanischer Festigkeit und chemischer Korrosions-Beständigkeit der Schweißung kaum nach. Außerdem gestattet das Hartlöten die Herstellung von manchen Verbindungen, die durch Schweißen nicht hergestellt werden können. Legierungen mit über 2% Mg scheiden für dieses Verbindungsverfahren aus, da ihr Schmelzpunkt bereits in den Grenzen der Hartlöttemperaturen liegt. Sie werden darum geschweißt.

11.3 Weichlöten

Dem Weichlöten von Aluminium stehen zwei erhebliche Schwierigkeiten entgegen, die die Anwendung dieses Verfahrens behindern. Die erste Schwierigkeit besteht in der geringen Lötgeschwindigkeit, die dadurch verursacht wird, daß bis heute trotz eifriger Forschungen kein Flußmittel gefunden wurde, das bei den in Frage kommenden Temperaturen von 250 ... 350° C das Aluminiumoxyd zu lösen vermöchte. Man war bisher darauf angewiesen, dessen Beseitigung mechanisch vorzunehmen, was, um neue Oxydation zu verhüten, nur unter vollständiger Abdeckung durch geschmolzenes Lot vorgenommen werden konnte. In die Praxis hat dieses Reiblot-Verfahren einzig und allein für die Ausbesserung von Schönheitsfehlern und für ähnliche Reparaturen an Al-Gußteilen Eingang gefunden. Für die Fertigung kommt es so gut wie nirgends in Frage. Die Anwendung des Ultraschalls in der Technik brachte hier einen großen Fortschritt; denn unter der Einwirkung von Ultraschallwellen verschwindet die Oxydschicht sofort von der Metalloberfläche, und die Herstellung einwandfreier Weichlötverbindungen wird so leicht ermöglicht. Ultraschall-Lötkolben und Ultraschall-Lötgeräte für diesen Zweck stehen neuerdings zur Verfügung. Als Lote verwendet man reinstes Zinn oder, zwecks Vermeidung elektrolytischer Rekristallisation, eine Zinn-Zink-Legierung.

Der zweite wichtige Nachteil des Weichlötverfahrens ist die geringe chemische Beständigkeit der fertigen Lötstelle. Weichlötstellen bedürfen daher eines Schutzes gegen Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit. In den meisten Fällen ist ein solcher Schutz nicht oder nicht dauerhaft genug zu erreichen. Bei Kabeln hingegen ist dieser Schutz ohnehin vorhanden, weshalb also der Anwendung des Verfahrens hier kein Hindernis entgegensteht.

12 Typengebundene Fertigungsmittel im Flugzeugbau

12.1 Allgemeines über Fertigungsmittel

Unter typengebundenen Fertigungsmitteln im Flugzeugbau versteht man Arbeitsmittel, die speziell für die Fertigung eines bestimmten Flugzeugtyps notwendig sind. Im Gegensatz zu anderen Industriezweigen, in denen Fertigungsmittel hauptsächlich zur Steigerung der Arbeitsproduktivität und der Qualität eingesetzt werden, ist im Flugzeugbau das typengebundene Fertigungsmittel auch bei kleinsten Stückzahlen eines zu bauenden Flugzeugtyps erforderlich. Die aerodynamische Form des Flugzeugs, auch Strak genannt, ist ohne diese Fertigungsmittel nicht zu erreichen. Daher ist im Flugzeugbau ein verhältnismäßig großer Aufwand an Fertigungsmitteln erforderlich, um Einzelteile, Baugruppenteile und Flugzeuge herzustellen.

12.2 Zusammenhang zwischen Bauteil und Fertigungsmittel

Entsprechend ihrem Verwendungszweck werden Fertigungsmittel in eine enge Beziehung zum zugehörigen Bauteil gebracht. Jedes Fertigungsmittel erhält daher eine bestimmte Kennzeichnung.

12.2.1 Benennung und Benummerung

Aus dieser Bezeichnung geht hervor, zu welchem Flugzeugteil und zu welchem Arbeitsprozeß das jeweilige Fertigungsmittel gehört.

Die Benennung und Benummerung der Fertigungsmittel besteht daher aus der

Bauteil-Zeichnungsnummer und einer Fertigungsmittel-Kennnummer je nach Fertigungsmittelart.

12.3 Planung der Fertigungsmittel

Die für die Herstellung der Fertigungsmittel erforderlichen Kosten müssen vorher geplant und in den Betriebsplan übernommen werden. Diese Aufgabe wird von der Fertigungsmittelplanung durchgeführt, und ihre Erfüllung ist eine wesentliche Voraussetzung für den ordnungsgemäßen betrieblichen Ablauf. Um die wirtschaftlichsten Fertigungsmethoden anzuwenden zu

können, werden in der Technologischen Vorplanung rechtzeitig genaue Festlegungen getroffen, damit die erforderlichen Investmittel eingeplant und beantragt werden. Die Planung und Anforderung der Fertigungsmittel im einzelnen erfolgt dann in Verbindung zwischen Technologie und Fertigungsmittelplanung unter Berücksichtigung der vorhandenen betrieblichen Einrichtungen. Wichtige Fertigungsmittel werden mit der betreffenden Produktionsabteilung besprochen und festgelegt.

12.4 Fertigungsmittelarten und deren Besonderheiten

Nach dem unter 12.21 erwähnten Benennungs- und Nummerierungssystem werden die Fertigungsmittelarten festgelegt. Nach ihren wichtigsten Merkmalen sind sie in die nachstehend aufgeführten Fertigungsmittelgruppen einzuordnen:

12.41 Gruppe Lehren

Die genau einzuhaltende aerodynamische Form der Flugzeugteile macht es notwendig, durch ein entsprechendes Lehrensystem die Form strakgebundener Teile eindeutig festzulegen. Die benötigten Lehrentypen sind folgende:

12.411 Vorrichtungsform-Urlehren und Vorrichtungsform-Lehren

Während die Vorrichtungsform-Urlehren aus dem Strak abgenommen werden und nur zur genauen Festlegung der Formlehren dienen, werden Vorrichtungsform-Lehren von den Urlehren abgenommen und dienen zur Anfertigung der strakgebundenen Vorrichtungen. Erst das Vorhandensein der Vorrichtungsformlehren ermöglicht es, die Fertigungsmittel herzustellen. Sie werden sowohl zur Herstellung von Großbau- und Bauvorrichtungen verwendet als auch für Kleinbauvorrichtungen und Einzelteil-Vorrichtungen.

12.412 Vorrichtungs-Anschlußlehren

Die Stellen, an denen die einzelnen Großbauteile des Flugzeugs zusammenstoßen, werden als Trennstellen bezeichnet. Um das Zueinanderpassen der Bauteile an den Trennstellen zu garantieren, sind Vorrichtungs-Anschlußlehren notwendig. Diese gewährleisten gleichzeitig die Austauschbarkeit der Bauteile untereinander.

12.42 Gruppe Schablonen

Bei der Herstellung der Einzelteile für ein Flugzeug werden Schablonen als Fertigungsmittel verwandt. Es handelt sich bei diesen um einfache Fertigungsmittel aus Blech oder Plaste, die der Produktion die Möglichkeit geben, Zuschnitte und Beschnitte anzufertigen, ohne die Bauteilzeichnungen dazu zu benötigen. Am gesamten Fertigungsmittelsatz eines Flugzeugs haben die Schablonen einen wesentlichen Anteil.

Für die Bezeichnung der Schablonen sind einheitliche Begriffe festgelegt worden, die allgemein in der Flugzeugindustrie verwendet werden. Es sind dies:

Anreißschablone (Bild 179), Beschneideschablone, Schneideschablone für Gummi, Oberfrässhablone, Bohrschablone (Bild 180), Knabberschablone, Lochschablone, Formschablone (Bild 181), Beschneideform, Anpaßform, Nachformschablone u. a.

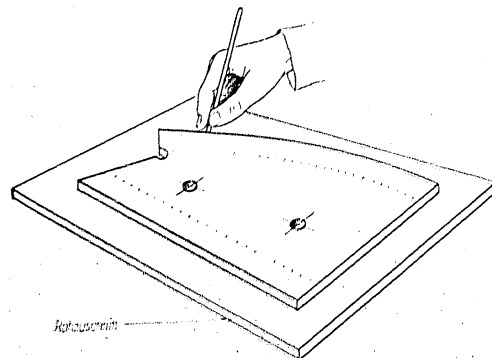


Bild 179: Anreißschablone

12.43 Gruppe Verformungsmittel

(siehe auch Abschnitte 7 und 8)

Auf die Herstellung der für Flugzeugteile erforderlichen Zuschnitte folgt als weiterer wichtiger Arbeitsvorgang das Verformen. Unter den Sammelbegriff „spanlose Formung“ fallen

u. a. die Arbeitsgänge Schneiden, Formstanzen, Ziehen, Drücken und Handverformen. Zu diesen Arbeitsgängen gehören sinngemäß entsprechende Fertigungsmittel, die als Schnittwerkzeuge, Formstanzen, Biegestanzen, Ziehwerkzeuge, Streckziehwerkzeuge, Drückwerkzeuge, Umschlagformen und Treibformen bezeichnet werden. Diese Fertigungsmittel dienen dem Zweck, maßgerechte Einzelteile herzustellen. Während diese Fertigungsmittel für maschinelle Arbeitsprozesse ganz allgemein bekannt und ge-
läufig sind, stellen die Handverformungswerkzeuge eine Besonderheit in der Flugzeugfertigung dar. Dabei wird unter Berücksichtigung der jeweiligen besonderen Werkstatteigenschaften mittels einer Umschlagform oder Treibform ein maßgerechtes Bauteil hergestellt.

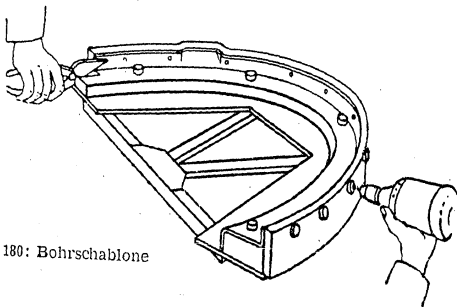


Bild 180: Bohrerschablone

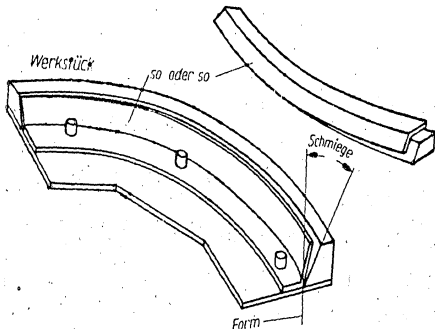


Bild 181: Formschablone

Bei den maschinellen Formungsarbeiten nehmen zwei Formgebungsarten ebenfalls eine Sonderstellung ein. Es sind diese das Streckziehen und das Formen mittels Gummi. Beide Verfahren bedürfen des Einsatzes von Spezialeinrichtungen, wozu beim Streckziehen eine Streckziehpresse (Bild 182) gehört. Dabei wird das Material über eine Streckziehform (Bild 183) in seine endgültige Form gezogen. Bei Formen mittels Gummi wird auf einer hydraulischen Presse unter Verwendung eines nach dem Werkstück zu offenen Stahlkoffers (Bild 184), der mit Gummi geeigneter Qualität ausgefüllt ist, das Material in einer auf dem Pressentisch liegenden Form geformt.

Eine weitere billige und einfache Formungsart besteht in der Verwendung von Fallhämmern. Dabei befindet sich ebenfalls auf dem Pressentisch ein Formgebungswerkzeug, in das der Werkstoff durch den Fallhammer, meist unter Zuhilfenahme von Gummiplatten, geschlagen wird.

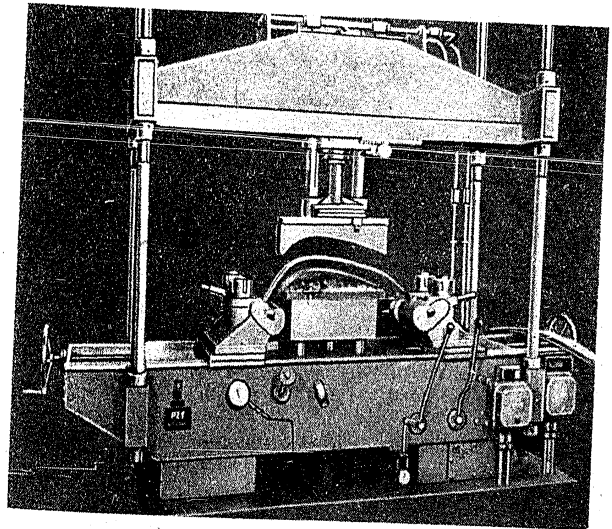


Bild 182: Streckziehpresse mit Portal und Oberstempel

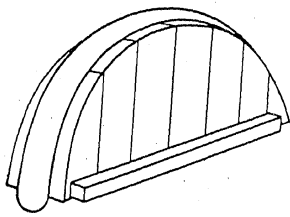


Bild 183: Streckziehklotz

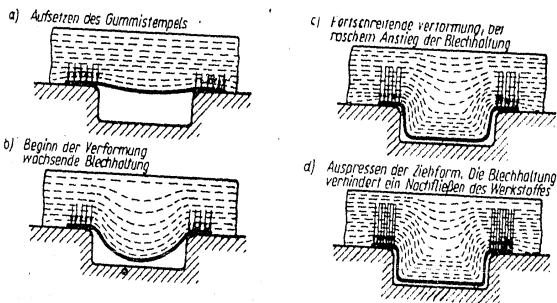


Bild 184: Gummipresse

12.44 Gruppe Zerspanungsmittel.

Fertigungsmittel für Zerspanungsvorgänge sind in anderen Industriezweigen zur wirtschaftlichen Fertigung von Einzelteilen bekannt und geläufig. Bei vielen normalen Bauteilen werden im Flugzeugbau dieselben Forderungen an die Zerspanungswerkzeuge gestellt und werden durch die zum Einsatz kommenden Fertigungsmittel gewährleistet. Die besondere Art der Bauteile im Flugzeugbau führt jedoch zu höheren Anforderungen an das Fertigungsmittel, weil die herzustellenden Bauteile kompliziertere Formen haben.

Eine Besonderheit bei der im Flugzeugbau üblichen Zerspanung stellt die Verwendung von Oberfräsmaschinen dar. Diese Ma-

schinen sind aus der Holzbearbeitung in die Bearbeitung von Leichtmetallen übernommen worden und geben die Möglichkeit, die speziellen Teile des Flugzeugbaus schnell und billig mit Hilfe der dazugehörigen Oberfräsvorrichtungen herzustellen.

12.45 Gruppe Bauvorrichtungen

Zur Einhaltung der erforderlichen aerodynamischen Form des Flugzeugs ist zur Herstellung der Großbauteile wie Rumpf, Fläche, Leitwerk das Vorhandensein von Bauvorrichtungen notwendig, die überhaupt erst die Voraussetzungen für die Herstellung der Großbauteile geben. Erst durch das Fertigungsmittel ist es möglich, für die Herstellung dieser Teile die Einhaltung der aerodynamischen Form zu garantieren. Die dadurch verursachten Kosten müssen aufgewendet werden, und sie lassen sich auch bei kleineren Serien nur geringfügig herabsetzen. Bauvorrichtungen sind notwendig, weil sie durch ihre eigene Starrheit die Gewähr dafür geben müssen, daß die Flugzeugteile formgerecht hergestellt und montiert werden.

In den Bauvorrichtungen sind die Werkstücke durch Halterungen und Anschläge festzulegen, und die richtige Lage aller Anschlußpunkte und Trennstellen ist durch feste, genau abgestimmte Aufnahmen zu gewährleisten (Bild 185). Da von der Genauigkeit der Fertigungsmittel auch die Qualität des Flugzeugbauteils abhängig ist, muß der Flugzeugbauer die unbedingte Forderung auf schonende und sachgemäße Behandlung der Fertigungsmittel beachten.

Man unterscheidet Großbauvorrichtungen für Großbauteile wie Rumpf, Fläche, Leitwerke (Bild 186) und Bauvorrichtungen für die Fertigung von Untergruppenbauteilen wie Nasenkappen, Endkappen, Träger, Spanten usw.

Grundsätzlich bestehen die Großbauvorrichtungen aus einem starren Rahmen, an dem die notwendigen Einbauten und Halterungen angebracht werden (Bild 187), um Lagerpunkte, Anschlußpunkte und Trennstellen genau zu fixieren. Es werden außerdem Halterungen als Formbrillen für strakgebundene Teile angebracht, um die Außenform des Bauteils festzulegen. Vom Vorrichtungskonstrukteur muß gefordert werden, daß das von ihm entworfene Fertigungsmittel die Zugänglichkeit beim Arbeiten nicht behindert (Bild 188).

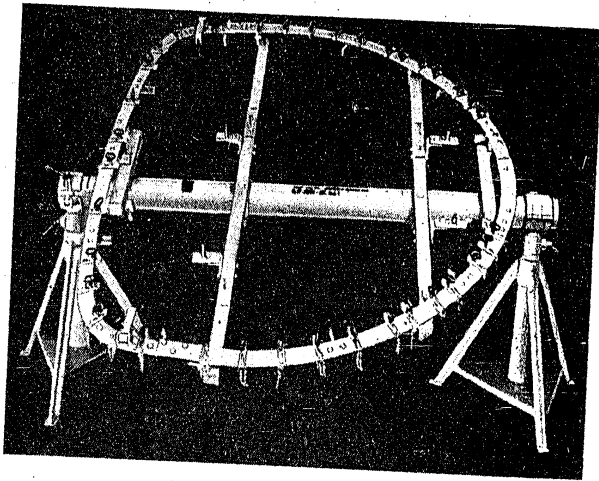


Bild 185: Spant-Bauvorrichtung

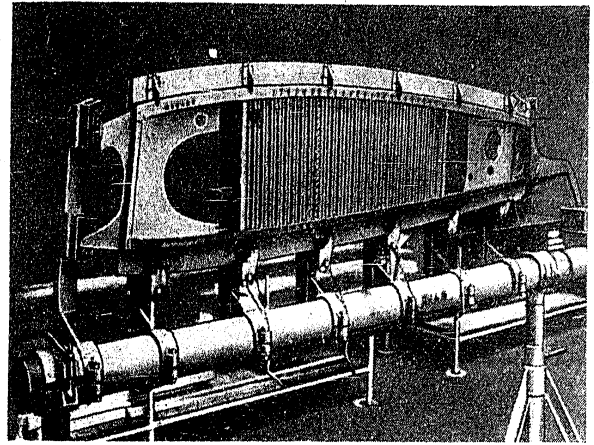


Bild 187: Rippen-Bauvorrichtung

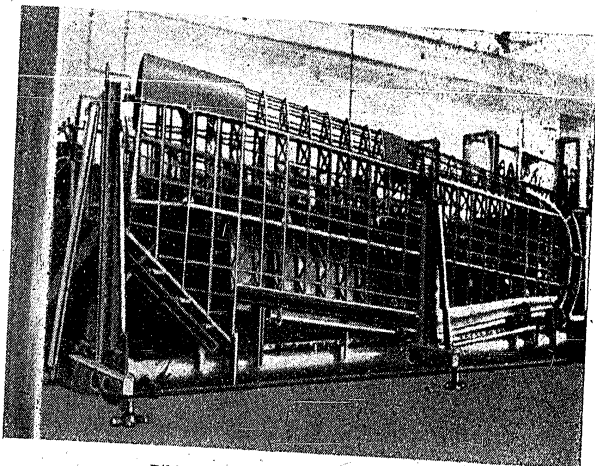


Bild 186: Tragflächen-Bauvorrichtung

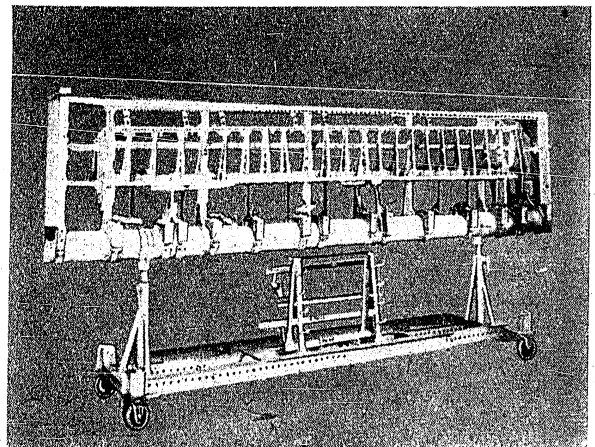


Bild 188: Ruder-Bauvorrichtung

Die leichte Herausnehmbarkeit des fertigen Bauteils aus der Vorrichtung ist ebenfalls eine wichtige Forderung der Flugzeugfertigung. Zur Gewährleistung der Passungsgenauigkeit der Bauteile zueinander ist über die Verwendung des eingangs beschriebenen Lehrensystems hinaus noch eine Abstimmung der Vorrichtungen, besonders der Bauvorrichtungen, untereinander, erforderlich, die in bestimmten Zeitabständen wiederholt werden muß, um die Paßgenauigkeit der Bauteile untereinander zu garantieren.

12.46 Gruppe Preßwerkzeuge und Modelle

Diese Fertigungsmittel umfassen Preßgesenke, Schmiedegesenke, Preßformen, Strangpreß-Matrizen, Guß- und Druckgußmodelle. Diese Fertigungsmittel sind aus anderen Industriezweigen bekannt. Sie werden meist bei Unterlieferanten für den Flugzeugbau angefertigt und auch dort eingesetzt.

12.47 Gruppe Bauhilfsmittel

Da ganz besonders die Großbauvorrichtungen räumliche Ausmaße erreichen, die durch die Größe der darin zu fertigenden Flugzeugteile bestimmt sind, müssen Hilfsmittel zum Einsatz kommen, die das Arbeiten in derart großen Fertigungsmitteln ermöglichen. Dazu gehören Arbeitsbühnen und Podeste, die sogar z. T. mehretagig sein müssen, um an bestimmten Stellen arbeiten zu können. Diese Bauhilfsmittel haben überwiegend die gleiche Bedeutung wie die Bauvorrichtungen selbst, da erst durch diese der Einsatz der Bauvorrichtungen möglich wird. Zu diesen Bauhilfsmitteln gehören außerdem Aufbock- und Feststelleinrichtungen, Auflage- und Ablagestellen sowie Transporteinrichtungen.

12.5 Herstellung und Prüfung der Fertigungsmittel

So wie der Aufbau des Flugzeugs und dessen Vermaßung auf der Basis von Bezugsebenen und Systemlinien erfolgt, muß das gleiche System auch der Konstruktion und der Fertigung der dazugehörigen Fertigungsmittel zugrunde gelegt werden. Das setzt voraus, daß nicht nur der Fertigungsmittelkonstrukteur, sondern auch der Fertigungsmittelbauer genaue Kenntnis vom maßlichen Aufbau des Flugzeugs haben muß. Diese Kenntnis ist notwendig, um die Maßlinien beim Aufbau des Fertigungsmittels räumlich anlegen und um unter Zuhilfenahme des Lehrensatzes

die aerodynamische Form der Flugzeugteile in das Fertigungsmittel übertragen zu können.

Eine wichtige Aufgabe ergibt sich daraus auch für die Technische Prüfung, weil durch die Zusammenarbeit des Fertigungsmittelkonstruktors, des Fertigungsmittelbauers und des Prüfers die maßgerechte Herstellung aller Fertigungsmittel gewährleistet werden muß.

12.6 Austauschbau

Für die Serienfertigung von Flugzeugen ist es notwendig, Voraussetzungen dafür zu schaffen, daß bestimmte Flugzeugteile austauschbar, d. h. ohne Nachbearbeitung zueinander passend, hergestellt werden. Diese Forderung folgt außerdem daraus, daß für die später in größeren Stückzahlen im Einsatz befindlichen Flugzeuge passende Ersatzteile geliefert werden müssen. Diese Forderung kann nur erfüllt werden, wenn, z. B. durch das eingangs beschriebene Lehrensysteem und die ständige Abstimmung der Bauvorrichtungen aufeinander und mit den Lehren, ein gewisser Aufwand getrieben wird. Erst durch diesen werden die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß immer gleiche, zueinander passende Bauteile hergestellt werden. Dazu ist es notwendig, den Austauschumfang und die Forderungen an die Austauschbarkeit genauestens festzulegen. Diese Festlegung erfolgt in Austauschlisten, in denen die Austauschforderungen und Austauschmittel festgehalten sind. Es ist die besondere Aufgabe der Technischen Prüfung, die Austauschbarkeit durch zeitlich genau festgelegte Abstimmungen zu garantieren.

12.7 Behandlung der Fertigungsmittel

Aus der Feststellung, daß die Fertigungsmittel die Voraussetzungen für die Fertigung brauchbarer Flugzeugteile geben, resultiert, daß Fertigungsmittel entsprechend behandelt werden. Es ergeben sich daher folgende Forderungen an die Produktionsarbeiter, die die Fertigungsmittel benutzen:

Behandle die Fertigungsmittel schonend; denn sie sind das wichtigste Arbeitsmittel, um verwendbare Flugzeugteile herstellen zu können!

Prüfe vor Arbeitsbeginn die Femi-Nummer daraufhin, ob sie mit den Angaben der Auftragsunterlagen und Zeichnungen übereinstimmt!

Gib die Fertigungsmittel nach Abschluß der Arbeit sofort an das zuständige Femi-Lager zurück!

Hat das Fertigungsmittel Mängel, melde diese sofort deinem Meister!

Es ist verboten, Femi selbständig, ohne Wissen des Meisters und der Femi-Fertigung zu ändern oder Teile davon zu entfernen. Benutze Femi nie als Unterlage zum Richten, Nacharbeiten, Nietenziehen usw.!

Lege oder wirf lose Teile von Femi, wie Formbrillen, Halterungen usw., nicht auf den Fußboden, sondern stelle diese Teile an den dafür vorgesehenen Platz.

Setze *schlechtpassende Teile nicht mit Gewalt in das Fertigungsmittel ein, sondern stelle die Ursache dafür fest und lasse, je nachdem, das Fertigungsmittel oder das Bauteil berichtigen.*

Stecker in Femi dürfen nicht mit dem Stahlhammer ein- und ausgetrieben werden. Es dürfen nur Holz- oder Gummihammer verwendet werden.

12.71 Benutzung von Meßmitteln

Gehe schonend mit den Meßmitteln um, damit sie nicht vorzeitig abgenutzt oder ungenau werden!

Fasse sie an den vorgesehenen Griffelementen an!

Laß Lehren nicht fallen, damit Beschädigungen vermieden werden!

Lege Lehren nicht auf harten Unterlagen ab (Drehmaschinenbetten, Schlittenführung), sonst beschädigst du sie und die Maschinen!

Benutze entsprechende Ablegemöglichkeiten und Aufbewahrungsbehälter!

Lehren dürfen nicht starken Temperaturschwankungen (Sonnenbestrahlung, Heizkörper usw.) ausgesetzt werden, sonst verändern sich die Meßwerte!

Durch Federn bewegte Meßelemente oder Meßwertanzeiger (Meßuhren) laß nur langsam in ihre Ruhelage zurückgehen. Die zu prüfenden Teile sind vor dem Messen zu säubern. Meßmittel haben immer sauber zu sein!

Bei längerem Nichtgebrauch fette die Meßflächen mit säurefreiem Fett ein!

13 Die Technische Prüfung im Flugzeugbau

Im Flugzeugbau sind die ordnungsgemäße Ausführung der Bauteile, ihr richtiger Einbau, die zuverlässige Funktion des gesamten Geräts und damit die Gewährleistung größter Sicherheit für die Fluggäste, das fliegende Personal und für das Gerät selbst von außerordentlich großer Bedeutung. Die im Flugzeug zum Einsatz kommenden Bauteile haben im Hinblick auf die Forderung geringsten Gewichts keine Übermaße und müssen unter äußerster Ausnutzung der Werkstoff-Festigkeit sicher und einwandfrei arbeiten. Die Erfüllung dieser Forderungen setzt bei allen Beteiligten am Arbeitsprozeß, von der Lagerhaltung bis zum Flugbetrieb, hohes Verantwortungsbewußtsein und strengste Einhaltung der gegebenen Bearbeitungs- und Behandlungsvorschriften voraus. Übersehene oder gar verheimlichte Fehler können die schwersten Folgen für Gut und Leben haben.

Die Technische Prüfung hat die Aufgabe, alle zum Flugzeug gehörenden Teile sowohl in bezug auf die Übereinstimmung der Werkstücke mit den Zeichnungen als auch hinsichtlich der Einhaltung der Fertigungsvorschriften der richtigen Werkstoffbearbeitung und Oberflächenbehandlung zu überwachen. Ferner umfaßt ihr Arbeitsgebiet die Qualitätsbeurteilung am Einzelteil, Halbzeug und Endprodukt. Die Mitarbeiter der Technischen Prüfung tragen die Verantwortung dafür, daß die von ihnen geprüften Erzeugnisse den Konstruktionsunterlagen und den technischen Bedingungen entsprechen. Jeder Prüfer zeichnet für die von ihm abgenommenen Werkstattaufträge und Teile voll verantwortlich. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, daß ein mit viel Erfahrung und darauf gegründetem Beurteilungsvermögen sowie mit umfassenden technischen Kenntnissen ausgerüstetes Personal für derartige Aufgaben entwickelt und eingesetzt wird. Prüfer dürfen nicht nur die sichtbaren Fehler feststellen, sondern sie müssen darüber hinaus auf Grund ihrer Erfahrungen versteckte Fehler, die die Betriebssicherheit gefährden, erkennen. Die Mitarbeiter der Technischen Prüfung müssen in der Lage sein, über den gesamten Aufbau der Zelle und über das Funktionieren der Triebwerks-, Funk- und Navigationsanlage und ebenso der Steuerungsorgane ein klares und sicheres Urteil abzugeben. Von ihrer Fertigmeldung hängt es ab, ob das Flugzeug zum Einflug und zur Übergabe an den Kunden freigegeben werden kann. Um die Unabhängigkeit der Arbeit

der Technischen Prüfung zu sichern, wurde diese Abteilung aus der Organisation des Betriebs herausgenommen und direkt dem Werkleiter unterstellt.

Die gesetzliche Grundlage für ihre Arbeit ist die Verordnung über die Durchführung der Gütekontrolle und Verbesserung der Qualität der industriellen Erzeugnisse in den Betrieben des Ministeriums für Maschinenbau vom 30. September 1954, veröffentlicht im Gesetzblatt der DDR Nr. 93 vom 11. November 1954.

14 Bauweisen im Flugzeugbau

Im Flugzeugbau haben sich drei verschiedene Bauweisen entwickelt, deren Eigenheiten auf die jeweils gewählten Baustoffe zurückgehen.

14.1 Holzbauweise

Flügel, Rumpf und Leitwerk bestehen aus Holz und sind ganz oder teilweise mit Stoff bespannt. Kleinere Flugzeuge können in Holzbauweise besonders leicht gebaut werden (Sportflugzeuge). Die Herstellung ist verhältnismäßig einfach, Reparaturen sind mit einfachen Werkzeugen möglich. Nachteilig sind die geringe Wetterfestigkeit von Holz und Stoff und die große Splittergefahr bei Bruchlandungen.

14.2 Gemischtbauweise

Die Flügel werden meist aus Holz hergestellt, die Rümpfe und Leitwerke bestehen aus einem Stahlrohrgitterwerk und sind mit Stoff bespannt. Auch größere Flugzeuge sind in dieser Bauweise noch verhältnismäßig leicht. Das Stahlrohrgerüst des Rumpfes bietet bei Bruchlandungen größere Sicherheit.

14.3 Metallbauweise

Metall als Baustoff hat eine hohe Festigkeit, dafür aber größeres Gewicht; trotzdem sind aber größere Flugzeuge in Metallbauweise leichter als in Holzbauweise. Metallflugzeuge sind weitgehend witterungsbeständig und unempfindlicher gegen Beschädigungen. Nachteilig sind die hohen Herstellungskosten.

15 Kurze Flugzeugkunde

15.1 Der Aufbau des Flugzeugs

15.1.1 Die Flugzeugzelle

Als die Zelle eines Flugzeugs bezeichnet man den gesamten äußeren und inneren Aufbau von Rumpf, Tragflächen und Leitwerken. Die räumlichen Abmessungen der Zelle sind durch die sogenannten „Systemvermaßungen“ festgelegt. In diesen sind die festen Anschlußpunkte, die Konturen (d. h. Abmessungen und Form der Außenhaut), die Lage von Trägern, Holmen, Spanten, Querverbänden maßlich festgelegt. Diese einzelnen Bauteile bestehen aus Profilen und Blechen, die durch Pfetten, Rippen und Haut zu einem Ganzen verbunden sind.

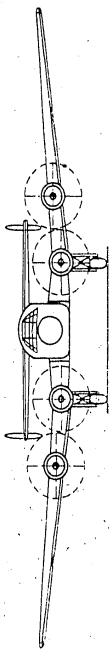
Alle Teile der Zelle sind hinsichtlich ihrer Festigkeit genau berechnet, wobei der vorgeschriebene Sicherheitsfaktor Berücksichtigung findet. Sie genügen also den im Fluge sowie bei Start und Landung auftretenden Kräften.

Die für den Bau von Flugzeugen verwendeten Profile und Bleche, ihre Bearbeitung und Montage, besonders die Nietung, müssen deshalb genau den Vorschriften der Zeichnung und der Stückliste entsprechen. Unterschreitung vorgeschriebener Werte, wie der Blech- oder Profilmaterial-Abmessungen, führt dazu, daß die Festigkeitsbedingungen nicht erfüllt werden. Überschreitung führt dazu, daß das Flugzeug unnötiges Gewicht auf Kosten der Nutzlast oder Reichweite enthält.

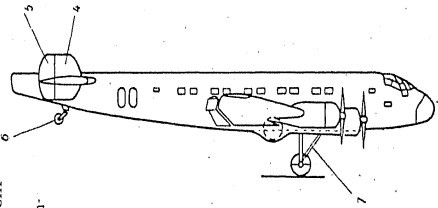
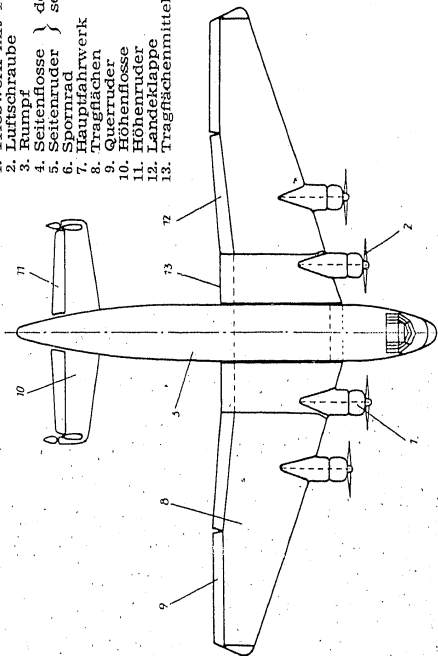
15.1.2 Bezeichnungen am Flugzeug

Hinsichtlich der Antriebsart unterscheidet man Flugzeuge mit Kolbenmotoren (Bild 189 a) und solche mit Strahltriebwerken (Bild 189 b). Die einzelnen Bauteile heißen:

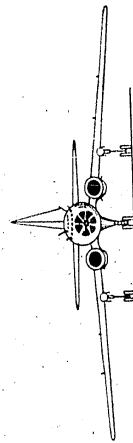
Rumpf	Hauptfahrwerk
Tragfläche	Sporn- oder Bugrad
Tragflächenmittelstück	Triebwerksanlage mit Triebwerksaufhängung
Höhenflosse	Triebwerk (Motor oder Turbine)
Höhenruder	Ausrüstung
Seitenflosse	Sonderausrüstung
Seitenruder	elektrische Anlage
Querruder	Hydraulik-Anlage
Land- und Verstellklappe	
Steuerung	



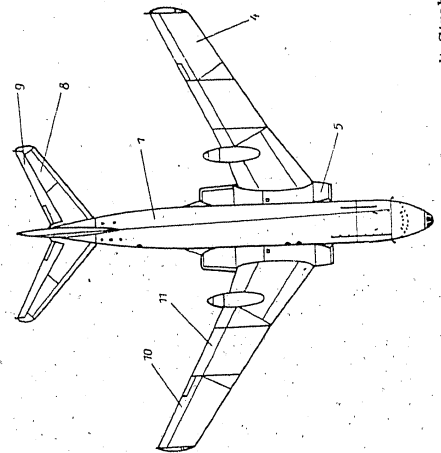
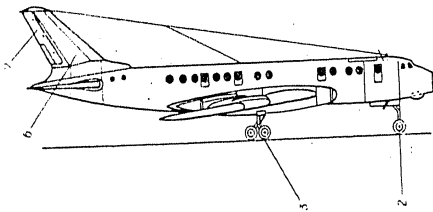
1. Triebwerk mit Triebwerksgondeln
2. Propellerrabe
3. Rumpf
4. Seitenflosse } des Endscheiben-
5. Seitenruder } seitenteilwerkes
6. Spornrad
7. Hauptfahrwerk
8. Tragflächen
9. Querruder
10. Höhenruder
11. Höhenruder
12. Landeklappen
13. Tragflächenmittelstück



Bld 189a: Flugzeug mit Kolbenmotoren



1. Rumpf
2. Bugfahrwerk
3. Hauptfahrwerk
4. Tragflächen mit
Grenzschichtzäunen
5. Strahltriebwerke (TL)
6. Seitenflosse
7. Seitenruder mit
Seitenruderrinnklappe
8. Höhenflosse
9. Höhenruder mit
Höhenruderrinnklappe
10. Querruder mit
Querruderrinnklappe
11. Landeklappen



Bld 189b: Flugzeug mit Strahltriebwerk

15.2 Einiges aus der Strömungslehre (Niedrige Flugeschwindigkeiten)

Für ein Flugzeug werden folgende Flugeigenschaften gefordert:
 großer Auftrieb,
 kleiner Widerstand,
 gute Flugtüchtigkeit und somit Sicherheit.

Diese Eigenschaften werden an kleinen Modellen im Windkanal untersucht, und dabei werden die Wirkungen der Luftströmung auf das Flugzeugmodell oder auf seine einzelnen Teile gemessen. Die Meßergebnisse werden von der aerodynamischen Abteilung ausgewertet und dem Konstruktionsbüro als Lastannahmen für die Dimensionierung der Flugzeugteile zugeleitet.

Von großer Bedeutung ist die Form des Querschnitts der Tragfläche, das sogenannte „Flügelprofil“ (Bild 190). Die Wirkungen der umströmenden Luft am Flügelprofil werden im Windkanal bei verschiedenen Anstellwinkeln sehr genau gemessen, und dabei werden die Auftriebs-, Widerstands- und Momentenbeiwerte gewonnen und im Polardiagramm (s. Bild 201) bildlich dargestellt.

15.21 Auftrieb

Das Tragflügelprofil hat zwecks Verringerung des Luftwiderstands sogenannte Stromlinienform (s. Bild 190). Die besten

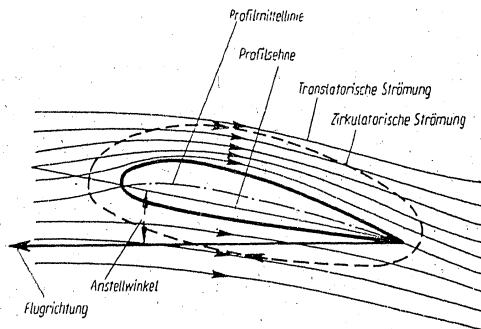


Bild 190: Tragflügelprofil

Auftriebswerte ergeben Profile mit nach oben gekrümmter Profilmittellinie. Profile sind an der Oberseite stärker gekrümmt als an der Unterseite.

Die Profilsehne dient zur Kennzeichnung der Lage des Profils zur Anblasrichtung. Der Winkel zwischen Profilsehne und Anblasrichtung (Bewegungsrichtung des Flugzeugs) heißt „Anstellwinkel“. Der Anstellwinkel verändert sich mit der Bewegungsrichtung des Flugzeugs.

Der Flügel ist gegenüber der Rumpfbezugsachse von vornherein um einen gewissen Winkel angestellt, der konstruktiv festliegt. Dieser Winkel zwischen Profilsehne und Rumpfbezugsachse heißt „Einstellwinkel“ und ist unveränderlich. Im Horizontalflug ist also theoretisch der Einstellwinkel gleich dem Anstellwinkel.

Die Form und die Anstellung des Profils zur Anblasrichtung bewirken, daß die Luftströmung entlang der Oberseite des Profils eine größere Geschwindigkeit haben muß als entlang der Unterseite. Das rührt daher, daß die Strömung um ein Tragflügelprofil sich aus der translatorischen und zirkulatorischen Strömung zusammensetzt (s. Bild 190). Die Zirkulationsströmung addiert sich auf der Oberseite des Flügels der translatorischen Strömung und beschleunigt die Luftteilchen; auf der Unterseite subtrahieren sich beide Strömungen, es tritt also eine Verzögerung ein. Die Geschwindigkeitsunterschiede der Ober- und Unterseite des Flügels ergeben in umgekehrtem Verhältnis Druckunterschiede.

Die Vergrößerung der Luftgeschwindigkeit auf der Oberseite hat also dort eine Abnahme des Luftdrucks zur Folge: Es entsteht

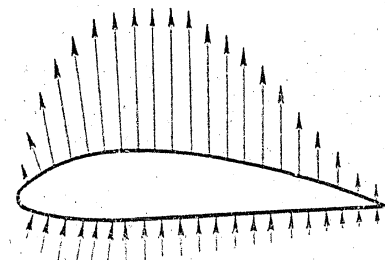


Bild 191: Luftkräfte am Tragflügel

ein nach oben gerichteter Sog (Unterdruck). Analog ergibt die Verkleinerung der Luftgeschwindigkeit auf der Unterseite dort einen Überdruck, der ebenfalls nach oben gerichtet ist. Sog auf der Oberseite und Überdruck auf der Unterseite ergeben zusammen den „Auftrieb“ (Bild 191), wobei im Horizontalflug der Sog den weit größeren Anteil am Gesamtauftrieb liefert.

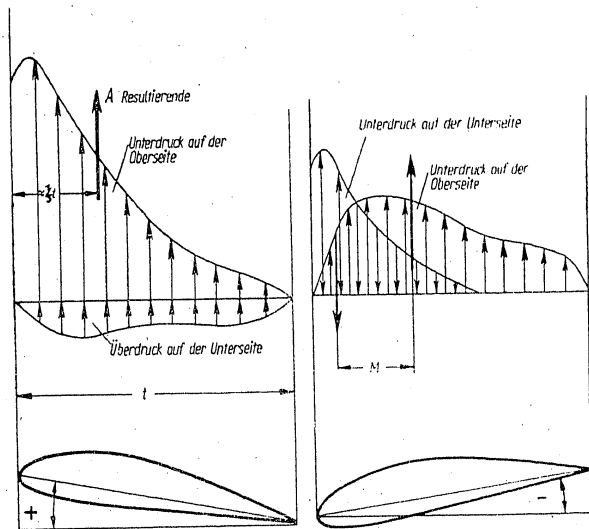


Bild 192: Auftriebsverteilung bei positiver Anstellung des Tragflügels

Bild 193: Auftriebsverteilung bei negativer Anstellung des Tragflügels

Der Auftrieb ist über die Profiltiefe nicht gleichmäßig verteilt. Die Verteilung ist dabei abhängig von der Anstellung des Profils. In den Bildern 192 und 193 werden zwei Auftriebsverteilungen über die Profiltiefe bei positiver und negativer Anstellung des Profils gezeigt.

15.211 Mittel zur Auftriebsverbesserung

Eingangs wurde schon erwähnt, daß Profile mit starker Wölbung die besten Auftriebswerte ergeben. Dünne, wenig gewölbte Profile haben zwar geringeren Widerstand, aber auch geringeren Auftrieb. Um höhere Geschwindigkeiten zu erzielen, ist es aber zweckmäßig, dünnere Profile mit geringerem Widerstand zu wählen, was jedoch wegen des geringeren Auftriebs große Start- und Landegeschwindigkeiten zur Folge hat. Zum Starten, vor allem aber zum Landen ist ein Profil mit hohem Auftrieb günstig, um die Start- und Landestrecken kurz halten zu können. Beide Forderungen können bis zu einem gewissen Grad dadurch vereint werden, daß die Flügelwölbung durch schwenkbare Klappen usw. (sogenannte Start- und Landehilfen) veränderlich gestaltet wird (s. Bilder 194 bis 199).

Im folgenden werden einige bewährte Konstruktionen und ihre Wirkungen beschrieben.

Landeklappe (Bild 194)

Vergrößerung der Profilwölbung, größerer Auftrieb. Durch Abreißen der Strömung auf der Klappenoberseite entsteht eine Bremswirkung.

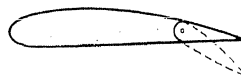


Bild 194: Landeklappe

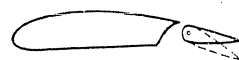


Bild 195: Schlitzklappe

Schlitzklappe (Spaltklappe) (Bild 195)

Vergrößerung der Wölbung. Durch den Spalt strömt Luft von der Unterseite auf die Klappenoberseite, wodurch die Strömung auf der Profloberseite angesaugt wird und später abreißt (Injektorwirkung). Das bewirkt ebenfalls eine Vergrößerung des Auftriebs.

Spreizklappe (Bild 196)

Bewirkt eine Vergrößerung des Überdruckbereichs auf der Unterseite. Gleichzeitig wird eine Erhöhung der Bremswirkung erzielt.

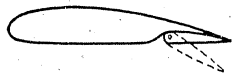


Bild 196: Spreizklappe



Bild 197: Junkers-Doppelflügel

Junkers-Doppelflügel (Bild 197)

Hierdurch erreicht man eine Vergrößerung der Wölbung. Der Doppelflügel liegt stets in gerichteter Strömung und ist daher besonders wirksam.

Vorflügel (Spaltflügel) (Bild 198)

Es wird eine Vergrößerung der Profiltiefe und damit eine Vergrößerung der Flügelfläche erzielt. Durch den Spalt strömt Luft von der Unterseite auf die Oberseite und verzögert das Abreißen der Strömung auf der Oberseite, d. h., daß auch durch den Spaltflügel eine Vergrößerung des Auftriebs bewirkt werden kann.

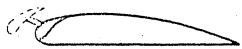


Bild 198: Vorflügel (Spaltflügel)



Bild 199: Fowler-Flügel

Fowler-Flügel (Bild 199)

Diese Konstruktion bewirkt eine Vergrößerung der Wölbung und gleichzeitig eine Vergrößerung der Profiltiefe. Dadurch wird auch die Flügelfläche und damit die Auftriebskraft vergrößert.

15.22 Widerstand

Der Luftwiderstand hängt von der Größe der Stirnfläche des Flugzeugs, die sich der anströmenden Luft entgegenstellt, vom Staudruck der anströmenden Luft, von der Form des Flugzeugs, und, auf das Tragwerk bezogen, von der Form des Flügelprofils ab. Dieser Widerstand soll möglichst gering sein, um mit der jeweils vorhandenen Triebwerkleistung die größtmögliche Geschwindigkeit zu erreichen. Die Stirnfläche muß also möglichst klein gehalten werden, d. h., die Bauteile, die nicht zur Auftriebs-erzeugung herangezogen werden können, müssen möglichst in

den Flügel oder in den Rumpf hinein verlegt oder wenigstens einziehbar angeordnet werden (z. B. Kühler, Fahrwerk).

Der absolute Luftwiderstand ist um so größer, je schneller das Flugzeug fliegt, d. h. je größer der Staudruck ist, der im Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Der Leistungsbedarf für die Überwindung des Luftwiderstands wächst aber sogar in der dritten Potenz der Geschwindigkeit. Der Luftwiderstand ist, außer von der Stirnfläche und vom Staudruck, weitgehend abhängig von der Form des Körpers. Die einzelnen Luftteilchen umströmen den Körper in „Stromlinie“. Je ungestörter der Verlauf der Stromlinie ist, um so geringer ist der Widerstand, den die Körperform bietet. Derjenige Körper hat den kleinsten Widerstand, hinter dem das kleinste Störungsgebiet (Luftwirbel) entsteht. Um zu geringen Widerständen zu kommen, müssen also sämtliche dem Luftstrom ausgesetzten Teile Stromlinienform haben; denn es wurde festgestellt, daß die Wirbelbildung hinter dem Flugzeug ein Maß für die Größe des Luftwiderstands des umströmten Körpers ist.

Ein zusätzlicher Widerstand entsteht an den Flügelenden, der Randwiderstand, der auch den Auftrieb an den Flügelenden abbaut.

Zwischen dem Unterdruck auf der Flügeloberseite und dem Überdruck auf der Unterseite entsteht ein Druckausgleich über die seitlichen Flügelränder hinweg (Bild 200). Es entstehen dadurch Randwirbel, die den Randwiderstand (induzierter Widerstand) bewirken. Sein absoluter Wert hängt von der Flügeltiefe und Spannweite, d. h. vom Flügelseitenverhältnis, ab. Je kleiner die Flügeltiefe und je größer die Spannweite des Flügels ist, desto geringer ist der induzierte Widerstand.

15.221 Mittel zur Verringerung des Widerstands

Der Widerstand kann durch zweckmäßige Form des Flugzeugs und seiner Hauptteile verringert werden. Alle luftumströmten Teile müssen Stromlinienquerschnitt haben. Die Übergänge von einem Teil zum anderen (Flügel — Rumpf, Leitwerk — Rumpf usw.) müssen so verkleidet sein, daß die Strömung möglichst ungestört, d. h. ohne größere Wirbelbildung abfließen kann. Die gesamte Oberfläche des Flugzeugs muß glatt sein, d. h. ohne Beulen, hervortretende Nieten, hervorstehende Hautstöße usw. Von besonderer Wichtigkeit ist die Einhaltung der theoretischen

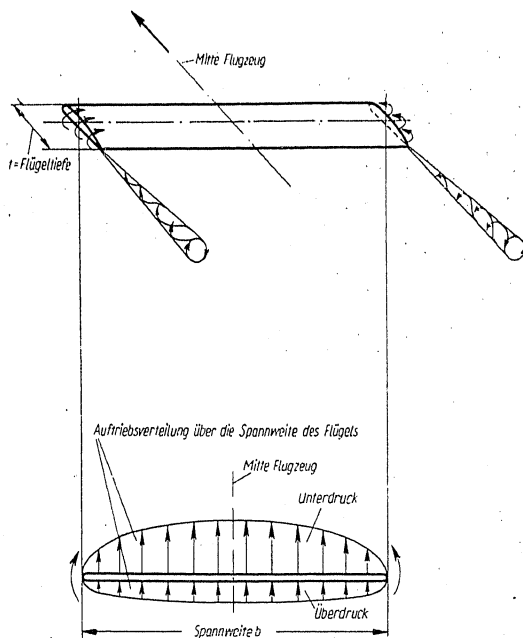


Bild 200: Druckausgleich am Tragflügel (Randwirbel)

Profilkontur des Tragwerks und der Leitwerke beim Bau des Flugzeugs und besonders eine sehr gute Oberflächenbeschaffenheit. Das bedeutet, daß die Verringerung des Widerstands nicht nur von der guten konstruktiven Durchbildung, sondern in hohem Maße auch von der Qualität der Arbeit in der Werkstatt abhängt.

15.222 Polardiagramm

Auftrieb und Widerstand stehen in einem gewissen Verhältnis zueinander und ändern sich mit der Fluglage, d. h. mit dem Anstellwinkel.

Jedes Profil hat seine ihm eigentümliche Charakteristik, die sogenannte Polare. Im Windkanal wird das Profil angeblasen und

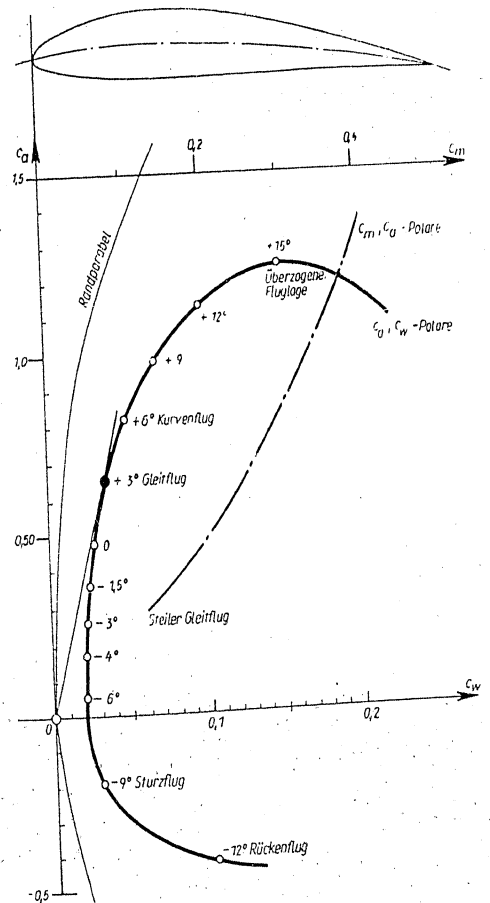


Bild 201: Polardiagramm

mittels der Komponentenwaagen bei verschiedenen Anstellwinkeln die

- Auftriebsbeiwerte c_a ,
- Widerstandsbeiwerte c_w und
- Momentenbeiwerte c_m

ermittelt und graphisch im Polardiagramm (Bild 201) dargestellt.

Die graphische Darstellung zeigt das Verhältnis von Auftrieb und Widerstand des Profils oder des Flugzeugs bei verschiedenen Anstellwinkeln. Aus der Polare kann man viele Flugeigenschaften ablesen:

1. Die Randparabel läßt die Größe des induzierten Widerstands erkennen.
2. Die vom Nullpunkt des Achsenkreuzes an die Polare gelegte Tangente gibt im Berührungspunkt den günstigsten Gleitwinkel des Flugzeuges an.
3. Der höchste Punkt der Polaren kennzeichnet den höchstmöglichen Auftrieb und gleichzeitig den Anstellwinkel, bis zu dem der Flügel angestellt werden darf. Weiteres Anstellen ergibt den überzogenen Flug. Im Schaubild sieht man auch, daß dabei der Auftrieb sinkt, der Widerstand aber weiter anwächst.
4. Aus der Form der Polaren kann man allgemein auf schnellfliegende, tragfähige oder steilsteigende Flugzeuge schließen.

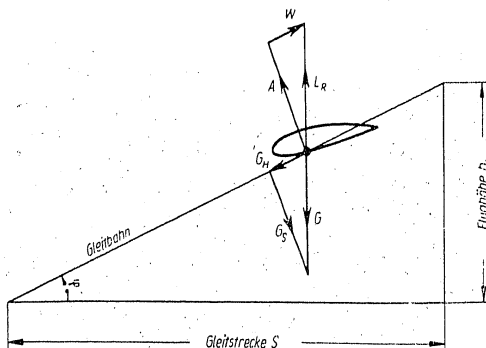


Bild 202: Gleitwinkel

15.223 Gleitwinkel

Der Winkel, unter dem ein Flugzeug ohne Motorantrieb zu Boden gleitet, heißt Gleitwinkel (Bild 202); er läßt sich aus dem Gleitverhältnis

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{c_w}{c_a}$$

errechnen. Der günstigste Gleitwinkel kann aus der Flugzeugpolaren entnommen werden. Das Verhältnis der Höhe h zur Gleitstrecke s wird als Gleitzahl eines Flugzeugs bezeichnet. Die Gewichtskomponente G_s senkrecht zur Gleitbahn wird durch den Auftrieb A gehalten, und zur Überwindung des Widerstands W sorgt die Gewichtskomponente G_w in Richtung der Gleitbahn.

15.3 Flugtüchtigkeit

Die Flugtüchtigkeit eines Flugzeugs hat zur Bedingung, daß das Flugzeug stabil ist und seine Steuerbarkeit um alle drei Achsen in jeder Fluglage ohne Störungen gewährleistet ist.

Stabil ist ein Flugzeug, das beim horizontalen Flug stets von selbst die richtige Fluglage einnimmt und Störungen, z. B. bei Böen, ohne Ruderbetätigung durch den Piloten selbsttätig ausgleicht.

Man unterscheidet:

15.31 Längsstabilität

Sie bezieht sich auf Drehungen um die Querachse, die parallel zur Flügelachse liegt (Bild 203). Bei der normalen (horizontalen) Fluglage (Bild 203 a) ist der Anstellwinkel dem unveränderten Einstellwinkel des Flügels gleich.

Der Einstellwinkel ist so gewählt, daß im Horizontalflug der Druckpunkt D etwa mit dem Schwerpunkt S zusammenfällt. Auftrieb A und das Flugzeuggewicht G haben eine gemeinsame Wirkungslinie, sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.

Wird ein Flugzeug z. B. durch eine aufwärts gerichtete Bö aufgerichtet (Bild 203 b), so entsteht eine andere Anblasrichtung. Das Flugzeug erhält nicht nur einen erhöhten Auftrieb, sondern auch der Druckpunkt D wandert nach vorn, d. h., das Flugzeug dreht sich (kippt) um den Schwerpunkt S nach oben (Hebelarm a).

Durch die neue Anblasrichtung erhält auch das Höhenleitwerk eine Auftriebskraft P_{II} , die am Hebelarm b angreift, d. h., das

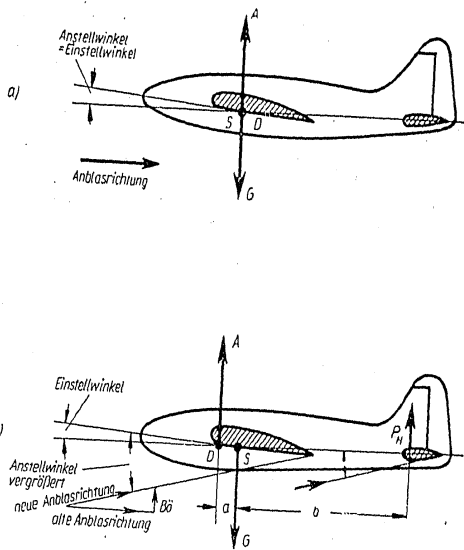


Bild 203: Längsstabilisierung, a) im Horizontalflug, b) bei geänderter Anblasrichtung

Flugzeug wird um den Schwerpunkt S wieder zurückgedreht, die alte Fluglage spielt sich wieder ein: Das Flugzeug ist längsstabil.

15.32 Querstabilität

Sie bezieht sich auf Drehungen um die Flugzeuglängsachse. Die Querstabilität wird durch die V-Stellung der Tragflügel erreicht. Wirkt eine senkrechte Bö nur auf einen Flügel, z. B. nach oben (Bild 204), dann wird das Flugzeug um die Längsachse gedreht. Dadurch wird die wirksame Fläche des gehobenen Flügels (ihre Projektion auf die Waagerechte) kleiner als die des gesenkten. Der Auftrieb des gesenkten Flügels wird größer und dreht das Flugzeug wieder zurück (Hebelarm c) in die Normallage: Das Flugzeug ist also querstabil.

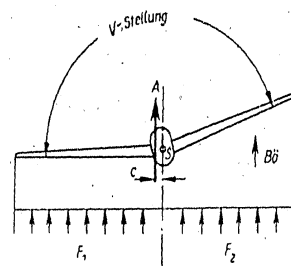


Bild 204: Querstabilisierung durch V-Form des Tragflügels

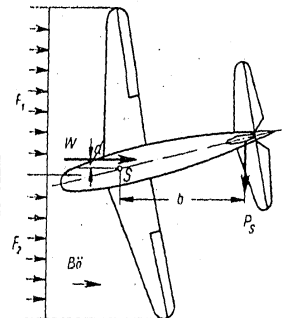


Bild 205: Kursstabilisierung durch Seitenflosse und Pfeilform des Tragflügels

15.33 Kursstabilität

Sie bezieht sich auf Drehungen um die Hochachse des Flugzeugs. Trifft eine waagerechte Bö einseitig von vorn auf das Flugzeug (Bild 205), so wird es um die Hochachse, also aus dem Kurs gedreht. Durch diese Drehung um den Schwerpunkt S wird das Seitenruder einseitig angeblasen. Es entsteht die am Hebelarm b angreifende Luftkraft P_s , die das Flugzeug um den Schwerpunkt wieder in die Normallage zurückdreht.

Auch die Pfeilung der Flügel wirkt, analog der V-Stellung hinsichtlich der Querstabilität, kursstabilisierend. Hierbei wird die wirksame Stirnfläche des einen Flügels größer als die des anderen (s. Bild 205), und die am Hebelarm d angreifende Widerstandskraft des wirksamer angeströmten Flügels dreht das Flugzeug wieder in die Normallage zurück.

15.34 Flugzeugtyp und Stabilität

Das Maß der geforderten Stabilität ist je nach dem Verwendungszweck des Flugzeuges unterschiedlich. Für Verkehrsflugzeuge wird hohe Stabilität verlangt, weil bei ihnen die Sicherheit im Vordergrund steht.

Sportflugzeuge haben geringere Stabilität, sie müssen wendig sein.

15.4 Steuerung des Flugzeugs (Bild 206)

Durch Ruderausschläge entstehen an den Leitwerken Luftkräfte, die den Ausschlägen entgegengesetzt gerichtet sind. Diese Kräfte üben mit ihren Hebelarmen um den Flugzeugschwerpunkt Momente aus, die das Flugzeug um seine Achsen drehen. Von äußerster Wichtigkeit ist es, alle Leitwerke so anzuordnen, daß die Ruder in allen möglichen Fluglagen wirksam bleiben, d. h., daß sie in jeder Lage einer möglichst ungestörten Luftströmung ausgesetzt sein müssen.

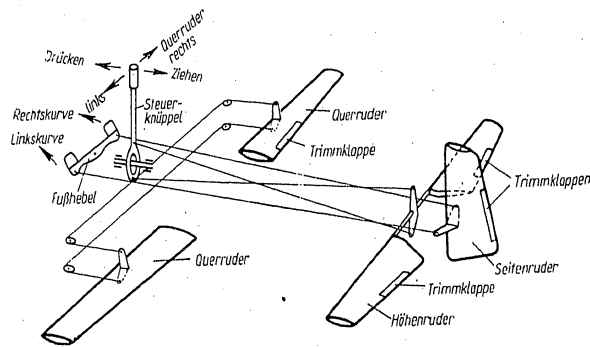


Bild 206: Steuerung des Flugzeugs (schematisch)

15.41 Höhenruder

Das Höhenruder löst Drehbewegungen um die Flugzeug-Querachse aus. Durch Ziehen des Steuerknüppels oder der Steuersäule wird das Ruder nach oben ausgeschlagen. Die dabei entstehende Ruderkraft wirkt nach unten, drückt also das Rumpfeende nach unten, das Flugzeug steigt. Drücken am Knüppel zwingt dagegen dem Flugzeug eine Abwärtsbewegung auf. Das Höhenleitwerk muß so angeordnet sein, daß Lastverschiebungen während des Fluges (z. B. leergeflogene Brennstoffbehälter, Bewegungen der

Menschen im Passagierraum) durch stetigen Ausschlag des Ruders ausgeglichen werden können, ohne daß die Manövrierfähigkeit leidet. Damit der Pilot diese stetigen Ausschläge nicht halten muß, sind an den Rudern Trimmklappen angeordnet, mit deren Hilfe er jegliche Abweichung korrigieren kann. Bei älteren Flugzeugen waren die Leitwerkflossen zur Austrimmung der Flugzeuge verstellbar angeordnet.

15.42 Seitenruder

Das Seitenruder löst eine Drehbewegung des Flugzeugs um seine Hochachse aus, so daß durch Ausschläge ein Richtungswechsel bewirkt werden kann. Ausschläge des Seitenruders erfolgen meist in Verbindung mit entsprechenden Ausschlägen der Querruder.

15.43 Querruder

Die Querruder lösen eine Drehbewegung um die Flugzeuglängsachse aus. Sie schlagen gegenläufig aus. Wenn also das eine Querruder nach unten ausschlägt, schlägt das andere nach oben aus. Diese Ausschläge legen das Flugzeug für den Kurvenflug in die notwendige Schräglage.

15.5 Strömungsverhältnisse bei Hochgeschwindigkeiten

Die Entwicklung im Flugzeugbau machte in kurzer Zeit beträchtliche Fortschritte. Es ist noch kein Menschenalter her, daß das Flugzeug in Erscheinung trat, und doch wurden die anfangs recht primitiven Flugzeuge schon im Laufe dieser kurzen Zeit zu formschönen Hochleistungsmaschinen entwickelt.

Die Leistungen der Triebwerke sind so gesteigert worden, daß die Fluggeschwindigkeiten sprunghaft in die Höhe gingen. Aber die Erhöhung der Fluggeschwindigkeiten war nicht nur eine Folge der Triebwerkentwicklung, sie war in mindest gleichem Maße das Resultat der wissenschaftlichen Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Aerodynamik. Beide Gebiete ergänzten sich. Der Drang nach immer größeren Geschwindigkeiten erforderte eine enorme Vergrößerung der Triebwerksleistungen. Mit Kolbenmotoren und Luftschrauben waren diese nicht mehr aufzubringen. Erst die Gasturbine mit Rückstoßantrieb brachte die Lösung.

Mit der Betrachtung der Hochgeschwindigkeit rücken Begriffe, wie „Mach-Zahl“ oder „Schallmauer“, stärker als bisher in den Vordergrund. Diese Begriffe führen in ein Forschungsgebiet, das in unserer Zeit zu einem der interessantesten und wichtigsten der Technik gehört: die Wissenschaft von der Strömung der Gase, vor allem der Luft, bei Unterschall-, Schall- und Überschallgeschwindigkeit.

15.51 Unter- und Überschallströmung

Die Luft verhält sich gegenüber dem fliegenden Körper entsprechend ihrem Aggregatzustand als ein Gas und unterliegt also den für diese geltenden physikalischen Gesetzen. Im Unterschallgebiet, d. h. also bei Geschwindigkeiten, die unter der Schallgeschwindigkeit liegen, verhält sich die Strömung so, wie es in den Abschnitten 15.21 und 15.22 geschildert wurde. Die Luft umströmt den Körper in Stromlinienform. Schon bei Annäherung an die Schallgeschwindigkeit, also bereits bei 950 km/h, ist die Geschwindigkeit erreicht, von der ab ein übliches Stromlinienprofil von der Luft nicht mehr in gewohnter Weise umströmt wird. Die Luftmassen stauen sich vor der Vorderkante und fließen nicht mehr in der bei niedrigen Geschwindigkeiten üblichen Art um das Profil ab. Sie beginnen, sich mehr wie eine Flüssigkeit als wie ein Gas zu verhalten. Damit steigt natürlich der Luftwiderstand gegen den fliegenden Körper gewaltig an. Wenn das Flugzeug für das Unterschallgebiet dem Vogel nachgebildet erscheint, so ähnelt es für das Schallgebiet mehr einem Fisch. Bei weiterer Steigerung der Geschwindigkeit, etwa ab 1100 km/h, stemmt die Luft sich immer stärker gegen den fliegenden Körper, weil ihr Gefüge vor dem Bug und vor der Flügelvorderkante immer dichter wird. Bei rund 1200 km/h, d. h. also, etwa bei Schallgeschwindigkeit in Bodennähe, ist der Höhepunkt erreicht. Die Luft verhält sich dann fast wie ein fester Körper, das Flugzeug muß sie förmlich durchschlagen. Man spricht darum von einer Schallmauer. Der Widerstandsbeiwert erreicht hier seinen höchsten Wert. Die kritische Geschwindigkeit liegt also bei rund 1200 km/h.

Oberhalb der Schallgeschwindigkeit nimmt der Widerstandsbeiwert gleichmäßig wieder ab, ohne allerdings wieder die Unterschallwerte zu erreichen (Bild 207).

Das Maß der Hochgeschwindigkeit drückt man in der Strömungslehre durch Mach-Zahlen aus. Statt der Geschwindigkeitsangaben in km/h sagt man „Mach“ = 1,0 oder 2,0 usw.

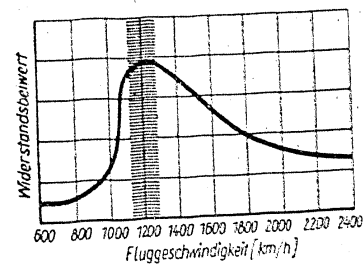


Bild 207: Schallmauer

Die Mach-Zahl M — genannt nach dem österreichischen Physiker Ernst Mach, der von 1838 bis 1916 lebte — ist also das Verhältnis der Fluggeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit. Das heißt, bei $M = 1,0$ ist die Fluggeschwindigkeit gleich der Schallgeschwindigkeit; bei $M = 2,0$ ist die Fluggeschwindigkeit doppelt so groß wie die Schallgeschwindigkeit.

Die Schallgeschwindigkeit ist für den Flugzeugbau eine kritische Geschwindigkeit und von sehr großer Wichtigkeit. Sie ist über die Flughöhe nicht konstant. Je niedriger die Temperatur, um so kleiner die Schallgeschwindigkeit. Die Geschwindigkeit in Mach-Zahlen ausgedrückt, ist für die Wissenschaft bequemer.

Schon lange, bevor ein Flugzeug an diese kritischen Geschwindigkeitsbereiche herankam, wußte man von dem absonderlichen Verhalten der Luft in diesem Gebiet und dem steilen Anstieg des dabei auftretenden Widerstands. Beim Schießen spielte $M = 1,0$ auch schon eine Rolle, doch bedeutete dies kein so schwer zu überwindendes Hindernis wie beim Flugzeug, da der Durchgang durch die Schallgeschwindigkeitsschranke sich beim Schuß noch im Lauf der Waffe abspielt.

Die ersten praktischen Auswirkungen der Annäherung an die Schallgeschwindigkeit machten sich bei Flugzeugen an den Propellerblattspitzen bemerkbar. Wenn die Resultierende aus der Umfangsgeschwindigkeit der Luftschraube und der Flugzeuggeschwindigkeit an den Blattspitzen sich der Schallgeschwindigkeit näherte, fiel es auf, daß der Wirkungsgrad der Luftschraube stark abfallende Tendenz zeigte. Das Drehmoment wurde als Folge des steilen Widerstandsanstiegs größer, und die Schubkraft wurde kleiner.

Wenn man nun bedenkt, daß bei der Profilmströmung an verschiedenen Stellen auch verschieden große Geschwindigkeiten auftreten (s. Abschnitt 15.21), so ist klar, daß die kritische Geschwindigkeit $M = 1,0$ zuerst an örtlich begrenzten Stellen erreicht wird. Der erwähnte Wirkungsgradabfall trat immer dann auf, wenn die Schallgeschwindigkeit örtlich bereits überschritten wurde. Mit steigender Fluggeschwindigkeit kamen um das Jahr 1940 auch die Tragflügel an Mach-Zahlen heran, bei denen der Widerstandsbeiwert steil anstieg und die Leistungen der Flugzeuge ihre Grenze erreicht zu haben schienen.

Für die Strömungswissenschaftler bot das Verhalten der Luft bei Schallgeschwindigkeit keine Überraschung. Hier setzte die Forschung ein. Durch systematische Versuche wurden Erkenntnisse gesammelt. Die bisherigen Windkanäle reichten nicht mehr aus. Es waren Hochgeschwindigkeitskanäle notwendig geworden, in denen man Modelle bei Geschwindigkeiten von $M = 1,0$ und mehr untersuchen konnte. Dabei suchte man einmal nach der günstigsten Formgebung für den Flugkörper, also die Form, bei der der Luftwiderstand am geringsten ist, und zum anderen untersuchte man, bei welcher Geschwindigkeit das Modell zu schwingen anfängt oder gar zu Bruch geht. Man setzt alles daran, um Möglichkeiten zu finden, diese kritische Mach-Zahl hinauszuschieben.

Untersuchungen im Windkanal haben den Vorteil, daß man kurzzeitig die Strömungsbedingungen nach Belieben verändern kann. So kann man das Flugzeugmodell mit kleiner oder großer Geschwindigkeit anblasen und so jede Fluggeschwindigkeit darstellen. Man kann die Luft verdünnen und so ähnliche Verhältnisse wie bei einem Höhenflug schaffen. Man kann die Luft abkühlen, trockener oder feuchter machen. Schließlich kann der Versuch im Windkanal sogar unter Bedingungen ablaufen, wie man sie in der Natur im bemannten Flugzeug vorläufig und auch

in nächster Zukunft überhaupt noch nicht erreichen kann, z. B. bei Überschallgeschwindigkeiten bis $M \approx 10 \dots 15$, und dabei ist zu bedenken, daß das Ganze ohne Gefahr für Menschenleben abläuft.

15.52 Windkanäle

Im folgenden soll einiges über Windkanäle, ihre Größe und Wirkungsweise berichtet werden. Es gibt solche Kanäle in verschiedenen Größen. In den größten davon können sogar ganze Kleinflugzeuge aerodynamisch vermessen werden. Diese großen Kanäle reichen aber nur für mittlere Geschwindigkeiten aus, weil dabei außerordentlich große Luftmengen in der Zeiteinheit hindurchgedrückt werden müssen und weil auch die Kompressoren nicht beliebig vergrößert werden können. Aus diesem Grunde müssen Hochgeschwindigkeitskanäle in dem Maß, in dem die Geschwindigkeit gesteigert werden soll, verkleinert werden.

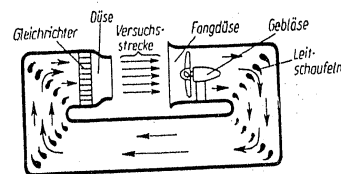


Bild 208: Windkanal mit geschlossenem Kreislauf

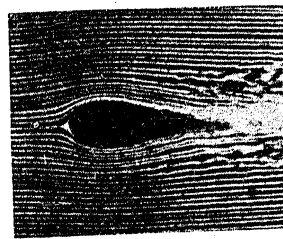
Meist arbeiten Windkanäle mit geschlossenem Kreislauf (Bild 208). Das bedeutet, daß die durch den Kanal gepreßte Luft nicht ins Freie gelangt, sondern im Kreislauf verbleibt. Das hat den Vorteil, daß die verwendete Luft nicht laufend gereinigt und getrocknet werden muß und daß sie während des Betriebes in Bewegung bleibt, und somit nicht aus der Ruhe auf die benötigte hohe Geschwindigkeit beschleunigt werden muß. Das Modell wird im Kanal fest auf ein Gestell montiert, und die verschiede-

sten Meßinstrumente werden mit ihm in Verbindung gebracht. Das Modell wird dann durch den Luftstrom angeblasen und die aerodynamischen Werte dabei durch Messungen mit Mehrkomponentenwaagen ermittelt.

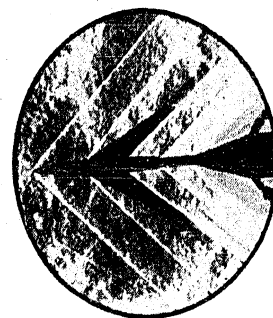
Für sehr hohe Mach-Zahlen reichen Kompressoren nicht mehr aus, um die Luft auf so hohe Geschwindigkeiten zu beschleunigen. Unser größter Strömungsforscher, Prof. Prandtl, Göttingen, hat für diesen Zweck ein Verfahren entwickelt, bei dem kein luftstromerzeugendes Aggregat erforderlich ist. Ein gewaltiger Luftspeicher, in dem getrocknete und gereinigte, hoch verdichtete Luft enthalten ist, wird durch einen Kanal, in dem das Modell befestigt wird, mit einer riesigen Stahlkugel als Vakuumkammer verbunden. In dieser Kugel, die mehrere Hundert Kubikmeter Inhalt hat, wird also vor Beginn des Versuchs ein Vakuum geschaffen, indem die darin befindliche Luft abgesaugt wird. Durch einen Schalter wird die Verbindung zwischen Überdruckgefäß und Vakuumkammer hergestellt und so ein gewaltiger Orkan entfesselt. Die komprimierte Luft rast am Modell vorbei in die Vakuumkammer und erreicht dabei Geschwindigkeiten bis zu $M \approx 5,0$. Der Vorgang dauert nur wenige Sekunden. Das Modell ist allerdings sehr klein. Sein Verhalten wird durch Spezialinstrumente festgestellt. Gleichzeitig wird der Ablauf des Vorgangs gefilmt und photographiert, und die erforderliche Messungen werden angestellt. Um den Strömungsverlauf gut beobachten zu können, verwandte man im Unterschallgebiet Rauchwindkanäle. Dabei konnte man sehen, wo sich die laminare (glatte) Strömung vom Modell ablöste und turbulent wurde, d. h. in eine Wirbelströmung überging (Bild 209 a). Im Überschallgebiet wendet man ein optisches Verfahren, die Schlierenmethode, an. Mit Hilfe einer Spezialeinrichtung kann die Strömungsstruktur der Luft genau beobachtet werden. Sie sieht der Strömungsstruktur des Wassers sehr ähnlich. Bild 209 b zeigt eine auf diese Weise hergestellte photographische Aufnahme der Strömung von Luft mit Überschallgeschwindigkeit. Sie wurde nach dem Schlierenverfahren sichtbar gemacht. Man erkennt gut den wellenartigen Verlauf der Strömung.

Es gibt jetzt Überschallwindkanäle, die noch weiter entwickelt wurden. Bei diesen wird das kleine Modell der Strömung außerdem entgegengeschossen. Dabei werden noch erheblich größere Mach-Zahlen erreicht. So schufen Wissenschaftler und Ingenieure

in langer und zäher Arbeit die Möglichkeit zur Erforschung der Grundlagen, nach denen moderne Flugzeuge konstruiert und gebaut werden, mit denen man dann ohne Gefahr für Menschenleben unter den verschiedensten Einsatzbedingungen fliegen kann.



a) Rauchstromfäden um ein symmetrisches Profil (Unterschall)



b) Schlierenaufnahme (Überschall)

Bild 209: Sichtbarmachen des Strömungsverlaufs

Es wurde schon erwähnt, daß die Strömungsforscher sich bemühten, die günstigste Formgebung für den fliegenden Körper zu finden. In jüngerer Zeit besonders solche Formen, die für das Schall- und Überschallgebiet geeigneter sind als die Profile für Unterschallgeschwindigkeit. Dabei wurde festgestellt, daß die Widerstandsbeiwerte für dünne Profile kleiner sind als die für dicke Profile. Die in Bild 207 zu erkennende starke Widerstandserhöhung wird also bei dünnen Profilen erst bei etwas höherer Anblasegeschwindigkeit eintreten. Das bedeutet, daß durch Verringerung der Profildicke die kritische Geschwindigkeit heraufgesetzt werden kann. Auch durch die Verlagerung der größten Profildicke gegen das Profilende zu, kann sinngemäß eine Verbesserung erreicht werden. Weiterhin ist bereits bekannt, daß Hochleistungsflugzeuge starke Pfeilung der Flügel und Leitwerke aufweisen. Der Zweck dieser Bauweise ist der, an der Flügelvorderkante die Anblasegeschwindigkeit V in eine Komponente senkrecht zur Vorderkante V_N und eine parallel dazu

liegende V_T (Bild 210) zu zerlegen. Die Geschwindigkeitskomponente V_N ist kleiner als V . Wie eingangs festgestellt wurde, ist die Strömungsgeschwindigkeit um den Flügel an verschiedenen Stellen verschieden groß. Das bedeutet, daß dort, wo Übergeschwindigkeiten gegenüber der Anblasegeschwindigkeit auftreten, natürlich auch die Schallgeschwindigkeit früher erreicht wird. Durch die Pfeilung des Flügels ist die Geschwindigkeit der Verdrängungsströmung dann nicht V , sondern V_N , und V_N ist kleiner als V . Demzufolge sind beim Pfeilflügel auch die Übergeschwindigkeiten geringer, was zeigt, daß durch den Pfeilungseffekt die kritische Geschwindigkeit ebenfalls hinausgeschoben

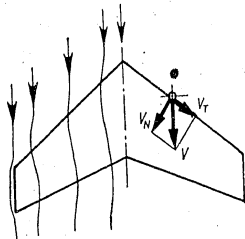


Bild 210: Pfeilungseffekt bei Überschallgeschwindigkeit

werden kann. Einfacher heißt das: Ein normaler Flügel, der bereits seine kritische Mach-Zahl überschritten hat, kann durch Pfeilung bei gleicher Anblasegeschwindigkeit wieder in den unterkritischen Bereich gebracht werden. Der Konstrukteur muß beachten, daß beim Entwurf die Form des Flugzeugs so durchgebildet wird, daß bei den Bauteilen und deren Übergängen, z. B. bei der Flügel-Rumpf-Verbindung, durch die Form keine erheblichen Übergeschwindigkeiten verursacht werden können. Die Realisierung des dünnen Profils ist am besten beim Deltaflügel (Bild 211) möglich, weil diese Form die günstigsten Festigkeitswerte ergibt. Der gepfeilte Flügel (Bild 212) ist aerodynamisch besser. Er ist aber festigkeitsmäßig ungünstiger. Das heißt, es treten bei ihm große Biegemomente und besonders große Drehmomente an den Flügelwurzeln auf. Beide Momente sind aber am Deltaflügel relativ klein.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß im Gebiet der Schallgeschwindigkeit der Widerstand sehr groß wird. Außerdem wird in diesem Gebiet der Auftrieb beeinflusst, und zwar wird er geringer. Schwierigkeiten bereiten auch die Erhaltung der Stabilität und die Steuerbarkeit des Flugzeugs, da die Ruderwirksamkeit nachläßt.

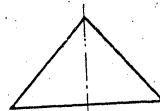


Bild 211: Deltaflügel

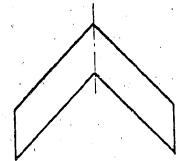


Bild 212: Gepfeilter Tragflügel

16 Flugerprobung

Vom ersten Startversuch Lilienthals mit seinem selbst gebauten Hängegleiter bis zum Flugzeug-Typ der Gegenwart ist kaum ein halbes Jahrhundert vergangen. Während dieser Zeit war man ununterbrochen bestrebt, die Leistungsfähigkeit und Flugsicherheit der Flugzeuge zu steigern und ihre Eigenschaften zu verbessern.

Bevor heute ein fertiges Flugzeug in die Flugerprobung geht, sind noch am Boden umfangreiche Prüfungen und Messungen erforderlich. Diese „flugvorbereitenden Arbeiten“ erstrecken sich auf den Triebwerksteil genauso wie auf all die elektrischen und hydraulischen Geräte sowie auf die Flugzeugzelle selbst mit ihren feststehenden und beweglichen Teilen, einschließlich des Fahrwerks. Erst dann, wenn das Gewicht des Flugzeugs und die richtige Lage des Schwerpunkts festgestellt sind, beginnt nach dem Überprüfen des Rollverhaltens die Flugerprobung in der Luft.

Zweck der Flugerprobung ist es nachzuweisen, daß das Flugzeug lufttüchtig, also verkehrssicher ist. Nur dann, wenn alle geforderten Bedingungen erfüllt sind, erhält das Flugzeug die amtliche Zulassung und kann in den Luftverkehr übernommen werden.

Die Freigabe eines Flugzeugs für den Luftverkehr ist von vielen Bedingungen abhängig, deren Erfüllung hohes fachliches Können sowohl im Konstruktionsbüro als auch in den Werkstätten voraussetzt; denn dort wird das in die Praxis umgesetzt, was in Forschungsanstalten und Instituten auf Grund umfassender theoretischer Überlegungen und exakter Versuche erarbeitet wurde. Nur dann, wenn Theorie und Praxis bis zum letzten aufeinander abgestimmt sind, wenn die technische Kontrolle auch die scheinbar unbedeutenden Mängel rechtzeitig erkannte und deren Beseitigung überwacht, wird die Flugerprobung von neu gefertigten Flugzeugen ordnungsmäßig verlaufen.

In den Ergebnissen der Flugerprobung drücken sich in letzter Konsequenz nicht nur die technischen Leistungen eines Flugzeugs aus, sondern man erkennt aus ihnen auch das technische Niveau eines Volkes.

17 Schlußbemerkung

Mit diesem Buch soll dir ein Mittel in die Hand gegeben werden, dein Wissen um die Arbeit in unserem Betrieb zu erweitern, die Bedeutung gerade deiner Arbeit im Rahmen des Kollektivs zu erkennen und dir über deine Verantwortung gegenüber der Gemeinschaft volle Klarheit zu verschaffen.

Hast du einen Fehler gemacht, so versuche nicht, dies zu verbergen, sondern melde ihn sofort deinem Meister, damit der Fehler beseitigt werden kann und größeres Unheil vermieden wird.

Entdeckst du Fehler am Werkstoff oder andere Fehler, ganz gleich, welcher Art, so melde das ebenfalls sofort deinen Vorgesetzten!

Durch Ehrlichkeit und Verantwortungsbewußtsein zeigst du dein Interesse am Gelingen unserer gemeinsamen Arbeit. Merke vor allem:

Qualität bedeutet Sicherheit!

18 Verzeichnis der Bilder

Bild	Seite
1 Arbeitsplanstammkarte	17
2 Auftragskarte	18
3 Begleitkarte	19
4 Terminkarte	21
5 Kostenrechnungskarte	22
6 Materialentnahmeschein für Einzelentnahme	23
7 Materialrückgabeschein	23
8 Leistungslohnschein	24
9 Zeitlohnschein	26
10 Mehrlohnschein	27
11 Lohnschein für Hilfslohn, Zuschläge und Zusatzlohn	28
12 Ausschufmeldung	30
13 Nacharbeitsmeldung	31
14 Zugversuch (schematische Darstellung)	34
15 Scherfestigkeit (einschnittig, zweiseitig)	35
16 Vergleich verschiedener Wichten	36
17 Aluminium-Knetlegierungen	40
18 Aluminium-Gußlegierungen	41
19 Duralumin plattiert (Duralplat)	42
20 Weg des Duralumins (Bleche) durch den Betrieb	45
21 Diagramm des Anstieges der Festigkeit von Duralumin nach dem Vergütungsglühen	50
22 Festigkeitsdiagramm von Duralumin nach der Glühung mit nachfolgendem Abschrecken	59
23 Schematische Darstellung des Eloxalbad und Schaltbild	64
24 Vergleich der Oxydschicht-Dicken verschiedener Schutzverfahren mit der natürlichen Oxydschicht	65
25 Handblechscherer	68
26 Winkelscherer	68
27 Hebelblechscherer	69
28 Elektro-Handblechscherer	69
29 Kreisscherer	70
30 Schlagscherer	70
31 Parallel-Maschinenscherer	71
32 Kraftscherer	71
33 Maschinenscherer (Kraftscherer)	72
34 Streifenscherer	73
35 Vielmesser-Anordnung an der Streifenscherer	73
36 Aushauscherer (Knabberscherer)	74
37a Messeranordnung bei der Aushauscherer	74
37b Lochstempel zum Knabbern	75
38 Umgrenzungsschnitt	75
39 Lochschnitt	76
40 Folgeschnitt	76

Bild		Seite
41	Gesamtschnitt	76
42	Gummischneiden	77
43	Gummi-Rahmenschneiden	78
44	Maschinensäge	79
45	Nachformfräsmaschine	80
46	Abbohr-Durchmesser für verschiedene Blechdicken	81
47	Entgraten	81
48	Abkanten von Hand	81
49	Abkanten mit der Abkantpresse	81
50	Abkanten mit der Maschine	82
51	Abkantmaschine	83
52	Abkantpresse	85
53	Biegestanzen	86
54	Biegestanzen eines einfachen Winkels	86
55	Biegestanzen einer komplizierten Form in einem Arbeitsgang	86
56	Biegestanzen verwickelter Formen, Verwendung des Federauswerfers	87
57	Biegestanzen mit Vorbiegekanten	87
58	Handspindelpresse	89
59	Einständiger-Exzenterpresse	89
60	Schwere Kurbelpresse	89
61	Runden von Hand	90
62	Runden mit der Rundmaschine	90
63	Runden mit der Abkantpresse	91
64	Biegemaschine	92
65	Dreiwalzen-Blechbiegemaschine	93
66	Bördeln von Hand	93
67	Beim Einbördeln wird der Werkstoff am Rand gestaucht	94
68	Stufenweise Umformung beim Bördeln	94
69	Bördeln mit der Maschine	95
70	Schweifen von Hand	96
71	Schweifen eines Winkelprofils von Hand	96
72	Haltung der Hammerflanke	96
73	Verkanten des Hammers beim Schweifen	96
74	Schweifen mit der Maschine	97
75	Stauchchen und Einziehen von Hand	97
76	Wellenlegen	98
77	Stauchchen (Einziehen) der Wellen von Hand	98
78	Stauchchen (Einziehen) mit der Stauchzange	98
79	Stauchvorrichtung (stationär)	99
80	Stauchmaschine	100
81	Schematische Darstellung des Stauchens mit der Maschine	100
82	Treiben von Hand	101
83	Treiben auf besonders geformter Unterlage	101
84	Treiben über Holz- oder Eisenformen	101
85	Glättmaschine	102
86	Innendrücker	103
87	Außendrücker	103
88	Drückbank	104
89	Drückstähle	105
90	Vorzieh-Futter	105
91	Fertigfutter	105

Bild		Seite
92	Einziehfutter	106
93	Hohlfutter	106
94	Hebelrollen zum Drücken	106
95	Sicken von Hand	109
96	Sicken mit der Sickenmaschine	109
97	Werkstoffbeanspruchung beim Sicken	109
98	Wirkung versetzter Walzen beim Sicken	109
99	Sicken mit Anschlagführung	110
100	Absetzen von Hand	110
101	Absetzen mit der Maschine	110
102	Falzverbindungen	111
	einfacher Falz;	
	durchgesetzter Falz;	
	durchgesetzter Doppelfalz;	
	doppelter Stehfalz	
103	Verschiedene Falzarten	112
104	Verschiedene Umschlagarten	112
105	Formstanzen	113
106	Fertigform einer Formschlagstanze	113
107	Reibspindelpresse (ältere Ausführung)	114
108	Reibspindelpresse (neuere Ausführung)	114
109	Hydraulische Presse	115
110	Gummipreßverfahren	116
111	Diagramm des Anwendungsbereiches der Gummiverformung	118
112	Fließbedingungen des Werkstoffes beim Gummipressen	119
113	Kombiniertes Gummi-Preß- und -Schnittwerkzeug mit Auswerfer	119
114	Tiefziehen ohne Faltenhalter	122
115	Tiefziehen mit Faltenhalter	122
116	Streckziehen	123
117	Nietkopfformen	126
118	Kennzeichnung der Niete	127
119	Niet-Sonderformen	127
120	Bohren, Anziehen und Schlagen des Flachschießkopfes	129
121	Flachsenknietung	130
122	Nietzieher	130
123	Schließkopf-Schlagen	131
124	Nietverfahren:	132
	a) Handniethammer mit Vorhaltemasse	
	b) Handhebelzange mit Nieteinsätzen (Einmannwerkzeug)	
	c) Druckluft-Niethammer mit Döpfer und Vorhaltemasse	
	d) Druckluft-Nietschlagmaschine mit Nieteinsätzen (Einmannwerkzeug)	
	e) Druckluft-Nietpresse, stationär, mit Nieteinsätzen (Einmannwerkzeug)	
125	Druckluftniethammer	133
126	Prüflehre für Schließköpfe	133
127	Ausführungsarten von Handnietpressen	133
128	Rohrnietwerkzeug	134
129	Schlagstärken-Einstellung	135
130	Nietkeulenständer	136
131	Schlecht gebohrt; abgesetzter Nietschaft	137
132	Schief gebohrt; versetzter Schließkopf	137

	Seite
Bild	
133 Zu groß gebohrt; krummer Nietschaft	137
134 Bohrung zu nahe an Abbiegung; Werkstück eingekerbt	138
135 Schief gehaltener Döpper; schiefer Schließkopf	138
136 Vorhaltemasse schlecht gehalten; schlechter Schließkopf	139
137 Schlecht angezogen; Schaft zwischen den Flächen gestauch	139
138 Zu stark angezogen; Blech wölbt sich	139
139 Zu kräftiger Schlag; zu flacher Schließkopf	139
140 Zu leichter Schlag; ungenügender Schließkopf	139
141 Zu leichte Vorhaltemasse; Blech setzt sich durch	139
142 Mit zu leichtem Hammer genietet; Schließkopf wird hart und reißt an den Kanten ein	139
143 Stauchkraft-Diagramm für Niets aus W 65	140
144 Ausbohren fehlerhafter Niets	141
145 Azetylenentwickler	144
146 Fahrbare Azetylenentwickler-Schweißanlage	145
147 Wirkungsweise der Wasservorlage	146
148 Fahrbare Azetylen-Sauerstoff-Schweißanlage	147
149 Stahlflaschen sind gegen Umfallen zu sichern	148
150 Druckminderer	148
151 Druckminderer an der Sauerstoffflasche	149
152 Schema der Wirkungsweise des Druckminderers	150
153 Schweißflammen	151
154 Schweißbrennergarnitur	152
155 Nachlinksschweißung	152
156 Nachrechtsschweißung	153
157 Verschiedene Verfahren der elektrischen Lichtbogenschweißung	154
158 Arcatom-Schweißen	155
159 Weibel- (Fesa-) Schweißverfahren	156
160 Argon-Arc-Schweißgerät	157
161 Elektrische Preßschweißung	157
162 Elektrische Punktschweißung	158
163 Elektrische Punktschweißmaschine (Ansicht)	159
164 Elektrische Punktschweißmaschine in Tätigkeit	159
165 Elektrodenformen für elektrische Punktschweißung	159
166 Elektrische Längsnahtschweißmaschine mit zwei Rollenelektroden (schematisch)	160
167 Elektrische Rollennahtschweißung (schematisch)	161
168 Elektrische Längsnahtschweißmaschine mit zwei Rollenelektroden (Ansicht)	161
169 Bördelstoß	167
170 Stumpstoß (mit Zusatzdraht)	168
171 V-Stoß	168
172 X-Stoß	169
173 Kehlnaht (T-Stoß)	169
174 Dreieckführung für größere Kehlnahtdicke	169
175 Kehlnaht-Mehrlagenschweißung	169
176 Senkrechte Kehlnaht	170
177 Schweißnahrichtungen	172
178 Schweißverbindungen, falsch und richtig	177
179 Anreißschablone	178
180 Bohrschablone	178
181 Formschablone	178

	Seite
Bild	
182 Streckziehpresse mit Portal und Oberstempel	179
183 Streckziehklotz	180
184 Gummipresse	180
185 Spant-Bauvorrichtung	182
186 Tragflächen-Bauvorrichtung	182
187 Rippen-Bauvorrichtung	183
188 Ruder-Bauvorrichtung	183
189 Antriebsarten	
a) mit Kolbenmotoren	190
b) mit Strahltriebwerken	191
190 Tragflügelprofil	192
191 Luftkräfte am Tragflügel	193
192 Auftriebsverteilung bei positiver Anstellung des Tragflügels	194
193 Auftriebsverteilung bei negativer Anstellung des Tragflügels	194
194 Landeklappen	195
195 Schlitzklappen	195
196 Spreizklappen	196
197 Junkers-Doppelflügel	196
198 Vorflügel (Spaltflügel)	196
199 Fowler-Flügel	198
200 Druckausgleich am Tragflügel (Randwirbel)	198
201 Polardiagramm	199
202 Gleitwinkel	200
203 Längsstabilisierung	202
a) im Horizontalflug	202
b) bei geänderter Anblasrichtung	203
204 Querstabilisierung durch V-Form des Tragflügels	203
205 Kurstabilisierung durch Seitenflosse und	203
Pfeilform des Tragflügels	204
206 Steuerung des Flugzeuges (schematisch)	207
207 Schallmauer	207
208 Windkanal mit geschlossenem Kreislauf	209
209 Sichtbarmachen des Strömungsverlaufs	
a) Rauchstromfäden um ein symmetrisches Profil (Unterschall)	211
b) Schlierenaufnahme (Überschall)	211
210 Pfeilungseffekt bei Überschallgeschwindigkeit	212
211 Deltaflügel	213
212 Gepfeilter Tragflügel	213

19 Verzeichnis der Tabellen

	Seite:
Tabelle:	
1 Halbzeuge aus Leichtmetall und Leichtmetalllegierungen, die z. Z. hauptsächlich im Zellenbau verwendet werden	46/47
2 Halbzeuge aus Leichtmetalllegierungen, die z. Z. hauptsächlich im Zellenbau verwendet werden	48/49
3 Halbzeuge aus Stählen, die z. Z. hauptsächlich im Zellenbau verwendet werden	50/51
4 Halbzeuge aus Stählen, die z. Z. hauptsächlich im Zellenbau verwendet werden	52/53
5 Halbzeuge aus Stählen, die z. Z. hauptsächlich im Zellenbau verwendet werden	54/55
6 Wärmebehandlung von Leichtmetalllegierungen: „Aushärten“	56/57
7 Wärmebehandlung der Leichtmetalle und Leichtmetalllegierungen: „Weichglühen“	58
8 Verhältnis der Hubhöhe zur Blechdicke beim Knabbern	74
9 Biegeradien für Bleche	83
10 Bördelhöhen	84
11 Biegeradien für das Biegestanzen	88
12 Rondendurchmesser und Bördelhöhe	120
13 Schließkopffmaße	128
14 Hammergewichte für Handnietung	129
15 Nietdöpper	134
16 Nieteinsätze	134

BILDQUELLENNACHWEIS

- Maaß, Die allgemeine Blechbearbeitung in der metallbearbeitenden Industrie und im Handwerk, Fachbuchverlag Leipzig, 1954. Bilder: 32, 38, 39, 40, 41, 42, 48, 49, 54, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 81, 82, 85, 86, 87, 95, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 114, 115, 116.
- Kropf, Der junge Schweißer, Fachbuchverlag Leipzig, 1955. Bilder: 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 160, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 173, 174, 175, 176.
- Krist, Werkstatt-Tabellen für die Metallindustrie, Band II. Fachbuchverlag Leipzig, 1954. Bilder: 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 37.
- Glässer, Berufskunde für die Metallindustrie. Stanzen und Ziehen. Fachbuchverlag Leipzig, 1955. Bilder: 50, 53, 60, 88, 89, 104, 107, 108.
- Glässer, Berufskunde für die Metallindustrie. Schweißen und Löten. Fachbuchverlag Leipzig, 1953. Bilder: 161, 171, 172.
- Volkseigene Betriebe Maschinenbau — WMW

Im gleichen Verlag erscheint:

Der junge Schweißer

Von Ing. Johannes Kropf

2., erweiterte und verbesserte Auflage
200 Seiten mit 286 Bildern · DIN C 5 · Hw. 7.80 DM

Das Schweißen hat gegenüber den älteren Verfahren der Metallverbindung mancherlei Vorzüge. . . Es ist in vielen Fällen nicht bloß einfacher, erreicht meist nicht nur eine dichtere oder festere Verbindung und bahnt neue Wege der technischen Entwicklung an, sondern es gestattet auch sehr beträchtliche Einsparungen von Material, Arbeitskraft, Arbeitszeit und damit von Produktionskosten. Es gewinnt daher im Bauwesen, in der Schwermaschinenindustrie, im Bau von Hebezeugen und Verkehrsanlagen, in der Fertigung von Gebrauchsgegenständen und in vielen anderen Zweigen der Metallverarbeitung immer größere Bedeutung. Deshalb gilt es, die Ausbildung für diesen Beruf mit allen Kräften zu fördern und zugleich Angehörige verwandter Berufe mit dem Schweißen vertraut zu machen. Das vorliegende Fachbuch wird dabei ausgezeichnet mithelfen. Es vermittelt dem angehenden Schweißer jenes theoretische Wissen, das er als Grundlage für die Entwicklung seines praktischen Könnens braucht, wenn er später in der Produktion die nötige Sicherheit gewinnen soll. Auch dem Ausbilder ist das Buch ein guter Ratgeber.

(Aus einer Besprechung der Zeitschrift
„Technik und Betrieb“, Wien)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

Im gleichen Verlag erscheint:

Werkstatt-Tabellen für die Metallindustrie

Von Dipl.-Ing. Thomas Krist

Band II

792 Seiten mit über 4 800 Bildern · DIN C 5 · Halbkunstleder 16.- DM

In den Tabellen des ersten Bandes werden die theoretischen Grundlagen wiedergegeben. Der zweite Band enthält die technischen Angaben und die Zahlenwerte der Grundtechniken der Werkstatt, der Warm- und Wärmebehandlung von Stahl und Nichteisenmetallen und der spanlosen Formung. Jedem Abschnitt sind ferner Arbeitsregeln, ausführliche Literaturhinweise, Zusammenstellungen der entsprechenden DIN-Blätter und Regeln für die Unfallverhütung angefügt. Jeder Werk tätige kann anhand der in den Tabellen zusammengefaßten Hinweise schon bei der Vorbereitung, besonders jedoch bei der Durchführung seiner Arbeiten sofort erkennen, wie er Verzögerungen in der Fertigung, unnötigen Verschleiß der Produktionsmittel und häufig vorkommende Produktionsfehler vermeidet.

Auch dieser Band enthält zahlreiche Abbildungen, die den Text wirkungsvoll unterstützen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

Im gleichen Verlag erscheint:

Elementare Aerodynamik und Flugphysik

Von Günter Meyer

166 Seiten mit 212 Bildern · DIN C 5 · Hlw. 12.- DM

„Der Flieger“, München, schreibt über dieses Buch:

Das Werk gibt eine Einführung in die Flugphysik und Aerodynamik und vermittelt eine exakte wissenschaftliche Grundlage über diese Gebiete. Bei der Erfassung der mathematisch-physikalischen Vorgänge ist ganz besonders Wert darauf gelegt worden, die höheren Rechnungsarten zu vermeiden, um dem Buch nicht den allgemeinbildenden Charakter zu nehmen. Die Gliederung des Stoffes wurde nach methodischen Gesichtspunkten vorgenommen, so daß die Lehrenden das Buch als Leitfaden verwenden können.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

Übersetzungen aus der

Großen Sowjet-Enzyklopädie - Reihe Technik

Heft 10

Flugwesen I

146 Seiten mit 46 Bildern · DIN A 5 · kart. 4,30 DM

Heft 17

Flugwesen II

134 Seiten mit 74 Bildern · DIN A 5 · kart. 3,90 DM

Die Broschüren geben einen ausgezeichneten Überblick über die Entwicklung des Luftfahrtwesens unter Einbeziehung technischer Einzelheiten. Sämtliche Gebiete der Luftfahrt werden behandelt. Die Ausführungen sind für alle an der Luftfahrt Interessierten wertvoll.

Heft 4

Aeromechanik

71 Seiten mit 25 Bildern · DIN A 5 · kart. 2,- DM

In dieser Broschüre werden die Resultate der theoretischen und praktischen Untersuchungen sowjetischer Forscher und Ingenieure auf den einzelnen Teilgebieten besprochen. Die Verfasser gehen von den grundlegenden Erkenntnissen und Experimenten aus. Sie teilen in geschichtlicher Reihenfolge die Ergebnisse der Arbeiten auf den betreffenden Gebieten und deren Anwendung mit. Die Broschüre gewährt Einblick in den Anteil, den russische und sowjetische Forscher an der Gesamtentwicklung der Aeromechanik haben.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

FACHBUCHVERLAG LEIPZIG