

B-050 10

# Herstellung von Stahldraht

Teil 1



Stahleisen / 16 12 74 /

Bd. 1+2, 11 - 139 53

Institut für  
Bau- und Transportmaschinen  
EIDG. TECHN. HOCHSCHULE  
8006 ZÜRICH, Sonneggstr. 3

44-2 15  
I

# Herstellung von Stahldraht

Teil 1 B-05010

Herausgegeben vom

Verein Deutscher Eisenhüttenleute

Mit Beiträgen von

J. Delille, H. C. Flender, P. Funke, H.-J. Knoche,  
H. Krautmacher, H. Lepand, M. Martin, A. Montens, L. Nüsser

Mit 242 Bildern und 24 Tafeln

1969

VERLAG STAHLISEN M. B. H., DÜSSELDORF

DK 621.778  
621.79.02  
621.794.4  
621.924.9

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet, dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

In diesem Buch wiedergegebene Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen dürfen nicht als frei zur allgemeinen Benutzung im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung betrachtet werden.

© 1968 Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf  
Printed in Germany

Om-13-12 68e

## Vorwort

Als Anton Pomp im Jahre 1941 in der Reihe der Stahleisen-Bücher das Buch "Stahldraht" herausgab, war dieser Band der erste zusammenfassende Überblick über die Verfahrenstechnik bei der Herstellung von Stahldraht. Seit der letzten Auflage im Jahre 1952 sind die wissenschaftlichen Grundlagen vertieft und erweitert und die Maschinen und Anlagen weitgehend neu gestaltet worden. Es ist deshalb für einen einzigen Verfasser heute fast unmöglich geworden, das ganze Wissensgebiet vollständig zu übersehen. Um trotzdem eine umfassende Darstellung der Herstellung von Stahldraht in möglichst kurzer Zeit herauszugeben, wurden die einzelnen Kapitel dieses Buches von verschiedenen Verfassern ausgearbeitet, von denen jeder auf seinem Sachgebiet besonders eingehende Kenntnisse besitzt. Grundlage dafür war eine Vortragsreihe, die vor einiger Zeit vom Ausschuß für Drahtverarbeitung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute in Zusammenarbeit mit dem Haus der Technik in Essen durchgeführt wurde. Die Berichte dieser Reihe wurden anschließend von Dipl.-Ing. Peter Greis so überarbeitet und aufeinander abgestimmt, daß die Herstellung von Stahldraht möglichst lückenlos und dem Stand der Technik von 1968 entsprechend dargestellt wird.

Das Buch umfaßt die Vorgänge vom Beizen bis zum Verzinken des Drahtes und Ummanteln mit Kunststoff, behandelt jedoch nicht die Weiterverarbeitung des Drahtes zu Stahldraht, Stiften, Seilen usw., die in den beiden Büchern "Stahldrahterzeugnisse" beschrieben wird.

Während das Buch "Stahldraht" von A. Pomp seinerzeit in mancher Hinsicht nur eine Sammlung von empirisch ermittelten Zahlenangaben, Rezepten und Beschreibungen sein konnte, wird es in dem vorliegenden Werk auf manchen Gebieten der Stahldrahtfertigung erstmals möglich, auch die funktionalen Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten aufzuzeigen und die Brücke zu schlagen zwischen den betrieblichen Verfahren und ihrer wissenschaftlichen Deutung.

Trotz der schnellen Entwicklung der Wissenschaft und ihrer Auswertung im Betrieb sind auch heute noch viele Zusammenhänge nur qualitativ bekannt und entbehren einer genauen quantitativen Erfassung und wissenschaftlichen Erklärung. In diesen Fällen werden als Beispiele Zahlenangaben, Funktionen und Bilder aus verschiedenen Betrieben gebracht, die der Leser für sich nutzen kann, wenn er sich die Voraussetzungen für die Übertragbarkeit auf seinen Betrieb stets vergegenwärtigt.

Wird dieses Buch in diesem Sinne gelesen, so dürfte es seine Aufgaben erfüllen: Dem erfahrenen Praktiker soll es als Nachschlagewerk dienen und Anregungen für Verbesserungen in seinem Betrieb geben.

Dem jungen Ingenieur und Studenten soll es eine schnelle, gründliche Einarbeitung in die Probleme des Drahtziehens ermöglichen.

Den Theoretiker soll es mit den Erfahrungen der Praxis bekanntmachen und zur weiteren wissenschaftlichen Durchdringung dieses Gebietes der Umformtechnik anregen.

Wir hoffen, den Ingenieuren der Drahtindustrie und der Zulieferindustrie sowie allen übrigen, die sich mit der Herstellung und Verarbeitung von Stahldraht befassen, auf diese Weise Unterlagen an die Hand zu geben, die einen Überblick über den neuesten Stand der wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Stahldrahtherstellung vermitteln.

Düsseldorf, im Juni 1968

VEREIN DEUTSCHER EISENHÜTTENLEUTE

Dipl.-Ing. H. Kegel

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	3
1. <u>Aufbau eines Drahtwerkes ohne Weiterverarbeitung</u> . . . . .	9
(Lothar N ü s s e r, Düsseldorf)	
2. <u>Die Einwirkung des Sauerstoffs auf Eisen</u> . . . . .	16
(Josef D e l i l l e, Köln-Mülheim, und Heinz L e p a n d, Hagen)	
2. 1. Zusammensetzung des Zunders . . . . .	16
2. 2. Das Zustandsschaubild Eisen-Sauerstoff . . . . .	17
2. 3. Aufbau der Oxydschichten . . . . .	19
2. 4. Gesetze der Zunderbildung . . . . .	20
2. 5. Einfluß des Kohlenstoffs auf die Zunderbildung . . . . .	21
2. 6. Einfluß der Legierungselemente auf die Zunderbildung . . . . .	22
2. 7. Zunderbildung beim Warmwalzen und bei Wärmebehandlungen . . . . .	23
2. 8. Unterschiede zwischen Rost und Zunder . . . . .	25
3. <u>Mechanisches Entzundern</u> . . . . .	29
(Heinz L e p a n d, Hagen)	
3. 1. Das Haften des Zunders am Stahl . . . . .	29
3. 2. Biegeentzunderung . . . . .	30
3. 2. 1. Der Entzunderungsvorgang . . . . .	30
3. 2. 2. Nachreinigen der Drähte . . . . .	31
3. 3. Strahlentzunderung . . . . .	31
3. 3. 1. Durchlauf-Querstrahlanlagen . . . . .	32
3. 3. 2. Durchlauf-Längsstrahlanlagen . . . . .	34
3. 3. 3. Durchlauf-Strahlanlagen mit schraubenförmiger Drahtführung . . . . .	37
3. 3. 4. Ringstrahlanlagen . . . . .	37
3. 3. 5. Nachreinigen der Drähte . . . . .	38
3. 4. Eigenschaften des mechanisch entzundernten Drahtes . . . . .	39
3. 4. 1. Einfluß der Biegeentzunderung auf die mechanischen Eigenschaften . . . . .	39
3. 4. 2. Einfluß des Strahlentzunderns auf die mechanischen Eigenschaften . . . . .	39
3. 4. 3. Einfluß der Entzunderung auf die Drahtoberfläche . . . . .	41
3. 5. Schmiermittel und Ziehsteinverschleiß . . . . .	42
3. 6. Wirtschaftlichkeit . . . . .	45
3. 7. Unfallverhütung . . . . .	46
4. <u>Grundlagen des Beizens</u> . . . . .	47
(Josef D e l i l l e, Köln-Mülheim)	
4. 1. Reaktionsvorgänge beim Beizen in Säuren . . . . .	47
4. 1. 1. Die verschiedenen Beizmittel . . . . .	47
4. 1. 2. Chemische und elektrochemische Grundlagen des Beizens in Säuren . . . . .	47
4. 1. 3. Löslichkeit des Stahles, der Oxydarten und des Zunders in Säuren . . . . .	51
4. 2. Das Beizen von Stahl in Schwefelsäure . . . . .	53
4. 2. 1. Einfluß von Säurekonzentration und -temperatur auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	53
4. 2. 2. Einfluß der Eisensalze auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	55
4. 3. Das Beizen von Stahl in Salzsäure . . . . .	60
4. 3. 1. Einfluß von Säurekonzentration und -temperatur auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	60

4. 3. 2. Einfluß der Eisensalze auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	62
4. 4. Besondere Einflüsse auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	66
4. 4. 1. Einfluß der Vorbehandlung und des Zustandes des Stahles auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	66
4. 4. 2. Einfluß des Kohlenstoffs sowie der Begleit- und Legierungselemente des Stahles auf die Beizgeschwindigkeit in Säuren . . . . .	67
4. 4. 3. Einfluß von Sauerstoff und Oxydationsmitteln auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	67
4. 4. 4. Einfluß der Bewegung des Beizbades auf die Beizgeschwindigkeit . . . . .	69
4. 5. Das Beizen mit Säuren, außer Salz- und Schwefelsäure . . . . .	69
4. 5. 1. Das Beizen mit Phosphorsäure . . . . .	69
4. 5. 2. Das Beizen mit Salpetersäure . . . . .	71
4. 5. 3. Das Beizen mit Flußsäure . . . . .	72
4. 5. 4. Das Beizen mit Mischsäuren . . . . .	72
4. 5. 5. Das Beizen von Edelstählen mit Mischsäuren . . . . .	73
4. 6. Zusätze zu Beizbädern . . . . .	75
4. 6. 1. Beizbeschleunigende Stoffe . . . . .	76
4. 6. 2. Inhibitoren . . . . .	77
4. 7. Das Beizen mit wäßrigen Salzlösungen . . . . .	83
4. 8. Elektrolytisches Beizen . . . . .	84
4. 8. 1. Grundlagen des Beizens mit Strom . . . . .	84
4. 8. 2. Das kathodische Beizen . . . . .	86
4. 8. 3. Das anodische Beizen . . . . .	87
4. 8. 4. Indirekte elektrolytische Verfahren . . . . .	88
4. 9. Das Entfernen des Zunders in Salzschnmelzen . . . . .	89
4. 9. 1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	89
4. 9. 2. Verfahren zum Beizen in Salzschnmelzen . . . . .	91
4. 10. Zunderentfernung durch gasförmige Beizmittel . . . . .	93
4. 11. Beizrückstände auf der Stahloberfläche . . . . .	94
4. 12. Die Wasserstoffaufnahme des Stahles beim Beizen . . . . .	96
4. 12. 1. Vorgang der Wasserstoffaufnahme . . . . .	96
4. 12. 2. Einfluß von Temperatur und Säurekonzentration auf die Wasserstoffaufnahme . . . . .	97
4. 12. 3. Einfluß der Legierungselemente und des Zustandes des Stahles auf die Wasserstoffaufnahme . . . . .	99
4. 12. 4. Beseitigung des beim Beizen aufgenommenen Wasserstoffs . . . . .	102
4. 13. Beizschäden und Beizfehler . . . . .	102
4. 13. 1. Anätzungen und Lochfraß . . . . .	103
4. 13. 2. Beizsprödigkeit durch Wasserstoffaufnahme . . . . .	104
4. 13. 3. Beizblasen . . . . .	106
5. <u>Einrichtungen der Beizerei</u> . . . . .	113
(Manfred M a r t i n, Köln-Mülheim)	
5. 1. Die Bedeutung der Beizerei im Drahtwerk . . . . .	113
5. 2. Beizanlagen . . . . .	114
5. 2. 1. Rundbeize . . . . .	114
5. 2. 2. Geradeausbeize . . . . .	114
5. 2. 3. Durchziehbeize . . . . .	116
5. 2. 4. Durchziehbeize mit mechanischer Vorentzunderung . . . . .	119
5. 2. 5. Spiralbeize . . . . .	119
5. 2. 6. Loopro-Beize . . . . .	120
5. 3. Beizereinrichtungen . . . . .	120
5. 3. 1. Das Beizereigebäude . . . . .	120
5. 3. 2. Die Beizbehälter . . . . .	121
5. 3. 3. Säuretransport und -lagerung . . . . .	123
5. 3. 4. Pumpen und Rohrleitungen . . . . .	123
5. 3. 5. Bewegung des Beizgutes im Beizbad . . . . .	125

5.3.6. Beheizung der Beizbäder . . . . .	126
5.3.7. Absaugung der Dünste . . . . .	127
5.4. Die betriebliche Anwendung der Beizmittel . . . . .	128
5.4.1. Die Auswahl der Beizsäure . . . . .	128
5.4.2. Führung der Beizbäder . . . . .	131
5.4.3. Überwachung der Beizbäder . . . . .	133
5.4.4. Das Beizen von Edeltählen . . . . .	135
5.5. Das Spülen der Drähte . . . . .	138
5.5.1. Das Spülen von Drahringen . . . . .	138
5.5.2. Spülen im Durchlaufverfahren . . . . .	138
5.6. Das Aufbringen von Schmiermittelträgern und Schmiermitteln . . . . .	140
5.6.1. Kalk als Schmiermittelträger . . . . .	140
5.6.2. Eisenhydroxyd als Schmiermittelträger . . . . .	140
5.6.3. Phosphatüberzüge als Schmiermittelträger . . . . .	141
5.6.4. Kupfer als Schmiermittelträger . . . . .	141
5.6.5. Borax als Schmiermittelträger . . . . .	142
5.6.6. Schmiermittelträger für legierte Stahlrähte . . . . .	142
5.6.7. Das Aufbringen von Schmiermitteln . . . . .	142
5.7. Das Trocknen des Drahtes . . . . .	142
5.7.1. Trockenöfen für Drahringe . . . . .	143
5.7.2. Trockenöfen für durchlaufende Drähte . . . . .	143
6. <u>Behandlung der Beizereiabwässer</u> . . . . .	146
(Anton M o n t e n s, Essen)	
6.1. Eigenschaften der Beizereiabwässer . . . . .	146
6.2. Auswirkungen un behandelter Beizereiabwässer auf Kanalisation und Vorfluter . . . . .	146
6.3. Verwertung oder Vernichtung von Beizereiabwässern . . . . .	147
6.4. Verringerung des Spülwasseranfalles . . . . .	148
6.4.1. Verbesserungen an Beiz- und Spülanlagen . . . . .	148
6.4.2. Verdampfen der Spülwässer . . . . .	150
6.4.3. Spülwasserkreislauf . . . . .	151
6.5. Die Neutralisation der Abwässer . . . . .	151
6.5.1. Die Wahl des Neutralisationsmittels . . . . .	151
6.5.2. Aufbau, Betriebsweise und Überwachung von Neutralisationsanlagen . . . . .	153
6.5.3. Die Schlammbehandlung . . . . .	157
6.5.4. Verfahren zur kombinierten Abwasserneutralisation und Schlammwässerung . . . . .	158
6.6. Ionenaustauscher . . . . .	160
6.7. Die Aufbereitung schwefelsaurer Beizlösungen . . . . .	162
6.7.1. Luftgekühlte Aufbereitungsanlagen . . . . .	163
6.7.2. Flüssigkeitsgekühlte Aufbereitungsanlagen . . . . .	164
6.7.3. Die Vakuumkristallisation . . . . .	166
6.7.4. Vergleich verschiedener Aufbereitungsverfahren . . . . .	167
6.8. Die Salzsäureregeneration . . . . .	168
6.9. Die Verwertung der anfallenden Reststoffe . . . . .	171
6.10. Die Abwasserfrage bei der Verwendung neuer Beizmittel . . . . .	171
7. <u>Grundlagen des Drahtziehens</u> . . . . .	175
(Paul F u n k e, Clausthal-Zellerfeld)	
7.1. Bedeutung der Grundlagen des Drahtziehens . . . . .	175
7.2. Der bildsame Zustand der Metalle . . . . .	176
7.2.1. Die metallkundliche Plastizitätstheorie . . . . .	176
7.2.2. Die mechanische Plastizitätstheorie . . . . .	178
7.3. Verteilung der Formänderungen und Spannungen im Ziehwerkzeug . . . . .	181
7.4. Theoretischer Kraft- und Arbeitsbedarf beim Drahtziehen . . . . .	188

7.4.1. Berechnung des Kraft- und Arbeitsbedarfes nach der elementaren Plastizitätstheorie . . . . .	188
7.4.2. Berechnung des Kraft- und Arbeitsbedarfs aus den Gleitlinienfeldern . . . . .	193
7.5. Formänderungswirkungsgrad und Formänderungsverluste . . . . .	196
7.6. Reibung zwischen Draht und Ziehwerkzeug . . . . .	202
7.7. Bedeutung und Auswahl von Schmierstoffträgern und Schmiermitteln . . . . .	204
7.8. Einfluß von Ziehholgeometrie, Ziehgeschwindigkeit und Querschnitts- abnahme auf den Kraft- und Arbeitsbedarf . . . . .	210
7.9. Grenzformänderung beim Drahtziehen . . . . .	213
8. <u>Änderungen der Eigenschaften des Drahtes durch das Ziehen</u> . . . . .	219
(Hans K r a u t m a c h e r, Dortmund)	
8.1. Die Aufgaben des Ziehens . . . . .	219
8.2. Grundlegende Zusammenhänge zwischen der Verformung beim Ziehen und den Drahteigenschaften . . . . .	220
8.3. Einfluß der Walzdrahteigenschaften auf die Eigenschaften des gezogenen Drahtes . . . . .	225
8.3.1. Einfluß des Walzdrahtdurchmessers . . . . .	225
8.3.2. Einfluß von Rauheit und Verzunderung der Walzdrahtoberfläche . . . . .	227
8.3.3. Einfluß der chemischen Zusammensetzung . . . . .	228
8.3.4. Einfluß der Erschmelzungs- und Vergießungsart . . . . .	233
8.3.5. Einfluß des Gefügestandes . . . . .	235
8.4. Einfluß des Ziehens auf die Eigenschaften des gezogenen Drahtes . . . . .	235
8.4.1. Einfluß der Querschnittsabnahme . . . . .	235
8.4.2. Einfluß der Ziehtemperatur . . . . .	239
8.4.3. Einfluß der Ziehholgeometrie und des Ziehsteinwerkstoffes . . . . .	242
8.4.4. Einfluß des Schmiermittelträgers und des Schmiermittels . . . . .	246
8.4.5. Einfluß von Ziehgeschwindigkeit, Ziehsteinkühlung und Zieh- scheibenkühlung . . . . .	247
8.4.6. Einfluß eines Gegenzuges . . . . .	254
8.5. Einfluß des Richtens auf die Eigenschaften des gezogenen Drahtes . . . . .	257
8.6. Einfluß der Alterung beim Lagern auf die Eigenschaften des gezogenen Drahtes . . . . .	260
9. <u>Ziehmaschinen</u> . . . . .	265
(Hans Carl F l e n d e r, Hamm)	
9.1. Konstruktion der Ziehmaschinen . . . . .	265
9.1.1. Einzelzüge . . . . .	265
9.1.2. Gleitlos arbeitende Mehrfachziehmaschinen . . . . .	268
9.1.3. Gleitend arbeitende Mehrfachziehmaschinen . . . . .	274
9.2. Kraftübertragung an Ziehmaschinen . . . . .	276
9.2.1. Getriebe . . . . .	276
9.2.2. Kupplungen . . . . .	277
9.3. Antriebsmotoren für Ziehmaschinen . . . . .	278
9.3.1. Drehstrommotoren . . . . .	278
9.3.2. Gleichstrommotoren . . . . .	281
9.3.3. Antrieb von Einzelzügen . . . . .	282
9.3.4. Antrieb von gleitlosen Ansammlungsmaschinen . . . . .	283
9.3.5. Antrieb von gleitlosen Geradeausziehmaschinen . . . . .	284
9.3.6. Antrieb gleitend arbeitender Mehrfachziehmaschinen . . . . .	286
9.4. Anwendungsbereiche der verschiedenen Ziehmaschinen . . . . .	286
9.5. Ziehsteinhalter . . . . .	289
9.6. Zieh scheiben und Zieh scheibenkühlung . . . . .	290
9.7. Unfallschutz . . . . .	293

10. Ziehwerkzeuge und Einrichtungen für Handhabung, Transport und Lagerung des Drahtes . . . . . 297  
 (Hans-Joachim Knoche, Düsseldorf)

10.1. Anspitz- und Einzieheinrichtungen . . . . . 297

10.1.1. Anspitzwalzen . . . . . 297

10.1.2. Anspitzfräsmaschinen . . . . . 299

10.1.3. Anspitzhämmermaschinen . . . . . 300

10.1.4. Einstoß-Vorrichtungen . . . . . 301

10.1.5. Einziehhilfsmittel . . . . . 302

10.2. Ablaufvorrichtungen . . . . . 303

10.2.1. Drehender Ablauf . . . . . 303

10.2.2. Stehender Überkopf-Ablauf . . . . . 306

10.3. Drahtverbindungen . . . . . 307

10.3.1. Widerstands-Stumpfschweißen . . . . . 309

10.3.2. Abbrein-Stumpfschweißen . . . . . 311

10.3.3. Vorbereitung der Schweißstelle . . . . . 312

10.3.4. Nachbehandlung der Schweißstelle . . . . . 313

10.4. Die Werkzeuge zum Drahtziehen . . . . . 315

10.5. Das Aufwickeln des Fertigdrahtes . . . . . 324

10.5.1. Aufschollen . . . . . 324

10.5.2. Wickler . . . . . 326

10.5.3. Spuler . . . . . 332

10.6. Richt- und Abscheidemaschinen . . . . . 336

10.7. Bindeeinrichtungen . . . . . 341

10.8. Verpackungsmaschinen . . . . . 344

10.9. Transport und Lagerung des Drahtes . . . . . 346

# 1. Aufbau eines Drahtwerkes ohne Weiterverarbeitung

Von Lothar Nüsser in Düsseldorf

In diesem Buch wird die Herstellung von Stahldraht ohne die Weiterverarbeitung zu Stacheldraht, Stiften, Seilen usw. behandelt.

Bild 1 zeigt schematisch den Ablauf der Fertigung in einer Drahtzieherei für kohlenstoffarme Stahldrähte, im Betrieb Eisendrähte genannt, mit einigen typischen Verarbeitungsvorgängen häufig vorkommender Drahtsorten.

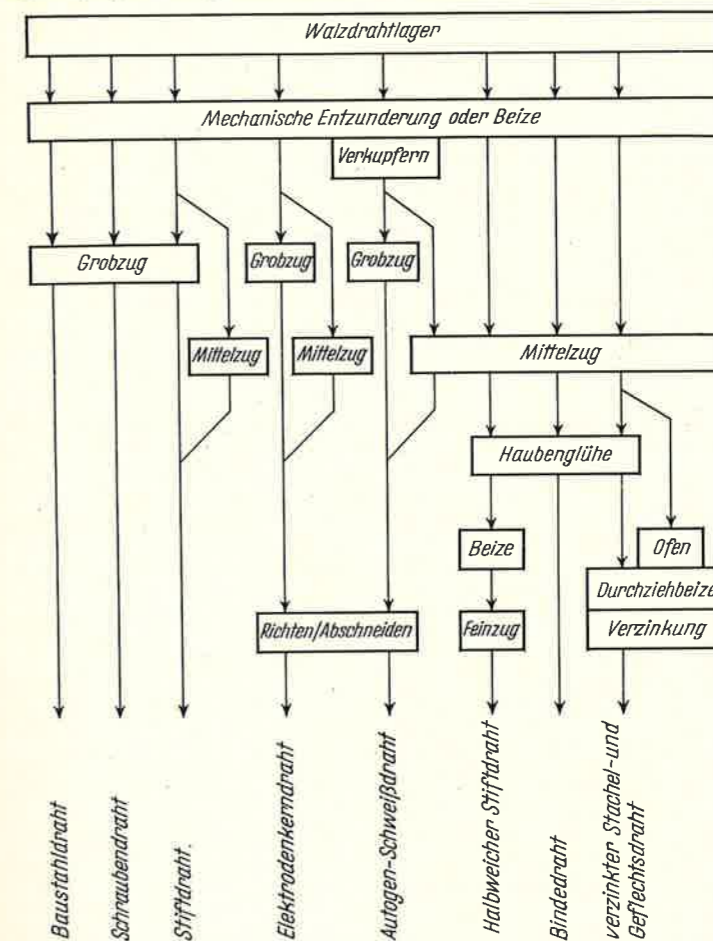


Bild 1: Drahtzieherei für kohlenstoffarme Stahldrähte (Eisendrähte)



# Ansicht Bücher

Die Bücher liegen zur Ansicht in der Bibliothek vom Ausbildungszentrum SBS für Sie bereit.

Gerne können Sie sich für einen Besuch unter Tel. 033 972 40 00 oder per Mail an [ausbildungszentrum@seilbahnen.org](mailto:ausbildungszentrum@seilbahnen.org) anmelden.

