

# STAHL UND EISEN

## ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute im NS.-Bund Deutscher Technik

Geleitet von Dr.-Ing. Dr. mont. E. h. O. Petersen

unter Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. W. Steinberg für den wirtschaftlichen Teil

Heft 37

16. September 1943

63. Jahrgang

	Seite		Seite
Wirtschaftlicher Arbeitseinsatz in Drahtziehereien. Von Erich Jaenichen in Köln-Mülheim . . . . .	669	Umschau . . . . .	685
Einfluß der Gefügeausbildung in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung und Legierung auf die Dauerstandfestigkeit von Stahl. Von Hubert Bennek und Gerhard Bandel in Essen (Fortsetzung) .	673	Gummi als Federungselement für Kranlaufräder mit großen Radrücken. — Wärmewirtschaft und Betriebsblindheit (Teil I).	
		Patentbericht . . . . .	686
		Wirtschaftliche Rundschau . . . . .	687
		Vereinsnachrichten . . . . .	688

### Wirtschaftlicher Arbeitseinsatz in Drahtziehereien

Von Erich Jaenichen in Köln-Mülheim

[Bericht Nr. 15 des Ausschusses für Drahtverarbeitung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NSBDT.\*.]

*(Arbeitseinsatz im Rahmen der Wirtschaftlichkeit. Unmittelbare und mittelbare Wege zur Erreichung der höchsten Leistungsfähigkeit menschlicher Arbeit und Wege zur Ersparnis menschlicher Arbeit. Berufliche Ausbildung und Erziehung der Drahtzieher. Gerechte LohnEinstufung. Fertigungsgliederung und Fertigungslenkung. Rohstoffvorbehandlung.)*

Wie auf vielen Fertigungsgebieten, so lagen auch zu Beginn des Krieges im Drahtgewerbe hohe Auftragsbestände vor. Die durch die Einberufung zur Wehrmacht bedingten Verknappungen an Arbeitskräften hatten zunächst zwangsläufig eine Verlängerung der Lieferzeiten zur Folge. Gleichzeitig damit setzte auch die Bewirtschaftung des Eisen- und Stahlbedarfs durch die Reichsstelle für Eisen und Stahl ein.

Um bei dem großen Bedarf zu einer schnelleren Auftragsabwicklung zu kommen, wurde eine Reihe von Maßnahmen mit gutem Erfolg durchgeführt. So wurde u. a. durch verschiedene Ueberprüfungen eine wesentliche Zusammenlegung der Güteunterschiede in den Drahterzeugnissen erreicht. Zweckentsprechende andere Vereinfachungs- und Normungsarbeiten schlossen sich wirkungsvoll an.

Im Rahmen der umfangreichen Aufgaben, die auf allen Gebieten zur Leistungssteigerung eingeleitet wurden, erschien es angebracht, über die obigen Maßnahmen hinaus auch bei den Drahterzeugnissen eine eingehende allgemeine Prüfung der Arbeitseinsatzlage durchzuführen.

Wirtschaftlich arbeitet allgemein nur der Betrieb, der mit dem geringsten Aufwand an Rohstoff-, Umwandlungs- und Verwaltungskosten auskommt. Der Betrieb ist also dann auf die niedrigsten Kostenanteile ausgerichtet. Da der Lohnanteil bei der gewerblichen Fertigung mit zu den Hauptgrößen der Umwandlungskosten und damit der Wirtschaftlichkeit gehört, geht das Bestreben zwangsläufig dahin, den Betrieb weitgehend maschinenmäßig zu vereinfachen und zu verbessern.

Betrachtet man nunmehr den Arbeitseinsatz für sich allein im Rahmen der Wirtschaftlichkeit, prüft also das Verhältnis des Arbeitseinsatzes zur Auftragslage, d. h. den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz, so sind für diese Betrachtungen grundlegend:

- a) die Fertigungsgliederung des Betriebes und
- b) die Fertigungslenkung,

wobei diese wiederum ihre Hauptausrichtung nach den geforderten Gütebedingungen für das Fertigerzeugnis zu nehmen hat.

Fertigungsgliederung und Fertigungslenkung haben zusammen mit den jeweilig vorhandenen betrieblichen Einrichtungen den Arbeitseinsatz aufzuteilen. Von den betrieblichen Einrichtungen und den Fertigkeitseigenschaften der Arbeiter ausgehend den Arbeitseinsatz regeln zu wollen, d. h. also in umgekehrter Richtung, dürfte zumindest unwirtschaftlich, wenn nicht sogar falsch sein.

Die Betriebsprüfungen ließen eindeutig erkennen, daß der in dieser umgekehrten Richtung angesetzte Arbeitseinsatz während eines längeren Zeitraumes zu einer irrümlichen Preisgestaltung mancher Fertigerzeugnisse geführt hat und gleichzeitig auch die gütemäßige Entwicklung der Drahtfertigung allgemein und ihre Leistungsfähigkeit sehr stark nachteilig beeinflusste. Stellenweise hatte sich diese nachteilige Beeinflussung sogar so ausgewirkt, daß einige Betriebe trotz höchstmöglicher Durchschnittserlöse infolge übersetzten Arbeitseinsatzes und falscher Fertigungslenkung nicht in der Lage waren, ihre betrieblichen Einrichtungen neuzeitlich auszugestalten. Gleichzeitig wurden aber auch durch diese Zustände Betriebe mit zeitgemäßen Betriebseinrichtungen von ihrer sich durchaus fortschrittlich entwickelnden Fertigungsrichtung abgedrängt, obgleich gerade diese Anlagen wegen ihrer neuzeitlichen Betriebseinrichtungen eher als jene in der Lage waren, hochwertige Erzeugnisse herzustellen. Gerade in diesem Zusammenhang soll erwähnt werden, daß diese Betriebe mit übersetztem Arbeitseinsatz und falscher Fertigungslenkung immer wieder über Herstellungsschwierigkeiten bei hochwertigen Erzeugnissen klagten und so zum Teil bewußt Unternehmen der gleichen Fertigung von der Aufnahme dieser angeblich so schwierigen Erzeugung fernhielten. Beides zusammen ist wiederum zum Teil auch der Grund dafür, daß infolge der sich hieraus ergebenden falschen Auftragslenkung eine lange Zeit, etwa bis zum Beginn dieses Krieges, angeblich nicht genügend Betriebe vorhanden waren, um diese hochwertigen

\*) Vorgetragen in der 4. Arbeitsausschuß-Sitzung am 12. November 1942 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.



gen Fertigungserzeugnisse herzustellen und daher solche Waren im Ausland gekauft werden mußten.

Allgemein erstrebt die wirtschaftliche Betriebsführung bei allen Arbeitsvorgängen den höchsten Wirkungsgrad. Mit dem gleichen Aufwand an menschlicher Arbeitskraft und Betriebskraft soll eine größere Leistung als vorher erzielt werden. Hierbei setzt sie grundsätzlich vertrauensvolles Zusammenarbeiten von Betriebsführung und Gefolgschaft voraus. Sie bedeutet die planmäßige und folgerichtige Anwendung des gesunden Menschenverstandes.

Für die wirtschaftliche Betriebsführung sind notwendig:

1. zweckentsprechende technische Einrichtungen und Einteilung aller Arbeiten,
2. die Anwendung der Betriebswissenschaft, die ihrerseits
  - a) die menschliche Arbeit
  - b) die Energiewirtschaft
  - c) die Stoffwirtschaft planmäßig durchforscht,
3. ein gutes Rechnungswesen.

Betrachtet man hiervon die Betriebswissenschaft einmal näher, so fällt dieser die besondere Aufgabe zu, die menschliche und maschinenmäßige Arbeit zu durchforschen, um unter sparsamster Verwendung von Energie, Zeit und Stoff die höchste Leistungsfähigkeit, güte- und mengenmäßig, zu erreichen.

Bei dieser Betrachtung beschäftigen uns vorwiegend die menschliche Arbeit und insonderheit die Wege, die ihrerseits Ersparnis an menschlicher Arbeit bringen. Voraussetzung hierbei ist wiederum, daß die Berufsarbeit dem Handarbeiter noch genügend Zeit und Kraft für seine Betätigung am Gemeinleben läßt.

Für die Erreichung der höchsten Leistungsfähigkeit können unmittelbare und mittelbare Wege beschritten werden.

Die unmittelbaren Wege sind:

- a) Weitgehende Trennung von geistiger und körperlicher Arbeit. Die Betriebsführung erledigt alle geistigen Vorarbeiten, wählt den entsprechenden Rohstoff, das richtige Werkzeug und die hierfür bestgeeigneten Betriebseinrichtungen aus. Der Handarbeiter muß nach dieser Vorschrift arbeiten und die von der Betriebsführung errechneten Leistungen und Ersparnisse an Energie, Zeit und Stoff zu erreichen versuchen.
- b) Möglichst weitgehende Arbeitsteilung.
- c) Richtige Festlegung der Arbeitsvorgänge. Nach sorgfältigen Zeit-, Bewegungs- und Leistungsuntersuchungen, wobei natürlich alle unnötigen Bewegungen auszuschließen sind, wird die Arbeit in Einzelheiten zerlegt und die günstigsten Ausführungsbedingungen festgelegt.  
Die Arbeitsaufgaben sind so zu bemessen, daß die körperlichen und geistigen Kräfte voll angespannt, aber nicht überanstrengt werden.
- d) Richtige Auslese von Arbeitern nach ihren körperlichen und geistigen Fähigkeiten und entsprechende Aufgabenzuteilung.

Die mittelbaren Wege sind:

- a) Reibungslose Einordnung des gesamten Arbeitsspieles.
- b) Mehrverwendung von Maschinen, d. h. erweiterte maschinenmäßige Ausgestaltung der Arbeitsvorgänge und planmäßig durchgeführter Arbeitsablauf durch geeignete Fördereinrichtungen.
- c) Gute Verdienstmöglichkeiten, die jedoch auf der tatsächlich erzielten Arbeitsleistung bei gerechter Bewertung der Arbeit und des Arbeitsplatzes aufzubauen sind.

d) Gute Arbeitsbedingungen, d. h. geordnete und saubere Arbeitsplatzverhältnisse und gute maschinentechnische Einrichtungen.

e) Unfallschutz.

Hierzu ist zu bemerken, daß nach Mitteilung des Reichsarbeitsblattes trotz Schaffung von Arbeitsplätzen nach neuzeitlichen Blickpunkten, Beleuchtungsverbesserungen für Arbeitsplätze und Förderwege sowie Verbesserungen der Gesundheitseinrichtungen der Unfallstand keinen den gemachten Aufwendungen entsprechenden Verlauf zeigt.

Zur Verringerung der Unfallzahl wurde von anderer Seite empfohlen, über Betriebsunfälle genau so Buch zu führen wie über Betriebseinnahmen und -ausgaben. Diese Selbstüberwachung ist nicht nur für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes und den Arbeitseinsatz von wesentlicher Bedeutung. Denn jeder Unfall zieht im Durchschnitt einen nicht unerheblichen Verlust an Arbeitsstunden nach sich, die, wenn die Unfallzahl verringert wird, im Jahr die Einsparung vieler Arbeitskräfte bedeutet. Außer diesen grundsätzlichen Erkenntnissen verdienen besonders für den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz in der Eisen- und Stahldrahtzieherei

- a) die berufliche Ausbildung und Erziehung der Drahtzieher
  - b) die gerechte LohnEinstufung der Betriebsgefolgschaft
  - c) die Fertigungsgliederung und Fertigungslenkung
  - d) die Vorbehandlung des für die Fertigung bestimmten Rohstoffes
- ganz besondere Beachtung.

Der Durchschnitt der in allen drahtherstellenden Betrieben vorhandenen Gefolgschaft dürfte an geistiger und körperlicher Eignung ungefähr gleich sein. Die Leistungsprüfungen zeigen jedoch im Vergleich zueinander stellenweise merkliche Unterschiede. Hierbei sind lediglich die Fälle berücksichtigt, bei denen für die Herstellung gleichartiger Fertigerzeugnisse gleichartige Betriebseinrichtungen, stellenweise sogar dasselbe Maschinenmuster, verwendet werden. Die Gründe für diese Verschiedenartigkeit der Leistungen unter Berücksichtigung gleicher Fertigung können verschiedener Natur sein. Einmal kann der Leistungsunterschied darauf beruhen, daß bei gleich langer Berufsausbildung der berufliche Ausbildungsgrad infolge nicht planmäßiger Fortbildung der Drahtzieher nach ihrer ersten Anlernung und ungenügender Leistungsbeobachtung durch die Betriebsführung oder der damit Beauftragten unvollkommen ist, während bei dem anderen Betrieb durch planmäßige Fortbildung der Drahtzieher und fortlaufende Leistungs- und Wertigkeitsüberwachung der Ausbildungsgrad stetig verbessert und damit die Leistungen gesteigert werden.

Dem Wesen nach handelt es sich ja beim Drahtzieher um einen Beruf, für den eine Anlernausbildung erfolgen kann, die unmittelbar auf den Berufsinhalt des Erwachsenen ausgerichtet ist. Wenngleich auch das Arbeitsgebiet des Drahtziehers durch die Einführung von Mehrfachziehmaschinen und damit auch Ziehsteinen sowie durch die in letzter Zeit durchgeführten Vereinfachungs- und Normungsmaßnahmen der Fertigerzeugnisse bedeutend eingeeengt wurde, bleibt die Verpflichtung zur Heranbildung eines brauchbaren Nachwuchses im Drahtzieherberuf nach wie vor bestehen, bedingt durch die stetig steigenden Anforderungen von Markendrähten.

Die Reichsgruppe Industrie und die Arbeitsgemeinschaft der Industrie- und Handelskammern in der Reichswirtschaftskammer haben am 2. August 1938 den Drahtzieherberuf als gewerblichen Anlernberuf anerkannt.



Die für die Durchführung der Ausbildung von Drahtziehern vom Deutschen Ausschuss für Technisches Schulwesen im Einvernehmen mit der Deutschen Arbeitsfront herausgegebenen Richtlinien gelten für die Ausbildung und Erziehung von Jugendlichen zwischen 14 und 18 Jahren. Diese Ausbildung unterscheidet sich von der bisher bei Erwachsenen durchgeführten, die aber hierdurch nicht ausgeschaltet wird, dadurch, daß sie im allgemeinen auf der Grundausbildung aufbaut und planmäßig gestaltet wird. Durch diese Form der Heranbildung des Drahtziehernachwuchses wird grundsätzlich eine Steigerung der beruflichen Leistungen in der Erwachsenen-tätigkeit erzielt.

In ursächlichem Zusammenhang mit der durch zweckentsprechende Ausbildung bedingten Leistung steht die gerechte Entlohnung des Drahtziehers und damit auch der übrigen Gefolgschaft des Drahtziehereibetriebes, ein für den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz grundlegender Umstand. Für die gerechte Entlohnung im Drahtziehereibetrieb ist neben der vertraglichen Höhe die Abstufung der Löhne innerhalb der Betriebsgefolgschaft maßgebend. Bei der gerechten Abstufung der Löhne der einzelnen Gefolgschaftsmitglieder untereinander handelt es sich um eine Abstimmung des Wertes ihrer Arbeit. Ihre richtige Durchführung trägt ausschlaggebend zur Stärkung des Arbeits- und Leistungswillens bei und erstrebt ein gerechtes Verhältnis der Wertigkeit der Arbeitsplätze zueinander. Bei der Ausführung jeder Arbeit an einem bestimmten Arbeitsplatz tritt eine Vielzahl von Anforderungen geistiger und körperlicher sowie durch die Umwelt bedingter Art auf. Mit der Vielzahl der mit der Ausführung einer Arbeit an einem Arbeitsplatz gestellten Anforderungen verändert sich natürlich auch die Höhe des Lohnes des auf diesen Arbeitsplatz gestellten Mannes. Die einzelnen Anforderungsarten müssen im Rahmen der Gesamtanforderung je nach ihrer Wichtigkeit richtig eingestuft werden. Diese Bewertungsunterschiede müssen gemacht werden, damit die Wertigkeit der einzelnen Anforderungsarten zueinander und im Verhältnis zur Gesamtarbeitsleistung zum Ausdruck kommt. Eine gerechte Bewertung kann aber nur dann durchgeführt werden, wenn die technischen, psychologischen und physiologischen Gegebenheiten des Arbeitsplatzes geprüft und erkannt sind. Diese gerechte betriebliche Arbeitsplatzbewertung hat auch volkswirtschaftlich gesehen eine gewisse Bedeutung, da durch sie eine einseitige Beeinflussung der Berufswahl vermieden wird.

Unter Beachtung dieser Voraussetzungen für eine allgemeingültige gerechte Entlohnung der Gesamtgefolgschaft ergibt sich die notwendige Erkenntnis für das ganze Drahtziehereigewerbe und ihren wirtschaftlichen Arbeitseinsatz, daß dem Drahtzieher im Verhältnis zum Gesamtbild aller anderen Tätigkeiten in diesem Arbeitszweig der höchste Lohn zuerkannt werden muß.

Der Drahtzieher hat nicht nur gütemäßig allen an das Fertigerzeugnis gestellten Anforderungen gerecht zu werden, sondern auch gleichzeitig unter erschwerenden Umständen [Einfluß des Kalkstaubes, der Ziehmitteldämpfe (Säure + Seife), der Hitze (Wärmeabstrahlung des gezogenen Drahtes), der Ringgewichte] in an sich ungünstiger Körperhaltung zur Werkstoffbewegung und in durchschnittlich schneller Folge während der achtstündigen Arbeitszeit größere Werkstoffmengen zu bewegen. Selbst bei verhältnismäßig langsam laufenden Ziehscheiben oder geringer Ziehgeschwindigkeit wird bei richtiger Fertigungslenkung die Leistungsfähigkeit des Drahtziehers so ausgenutzt, daß in jedem Fall die obengenannte Forderung:

„In allen Drahtziehereien gebührt dem Drahtzieher der höchste Lohn“  
durchaus gerechtfertigt ist.

Durch die gerechte Entlohnung des Drahtziehers wird erreicht, daß das Verhältnis des Anteils der Drahtzieher zu dem Anteil der übrigen für diesen Betrieb notwendigen Berufsarten für die wirtschaftliche Arbeitseinsatzlage günstig wird. Zudem erstreckt sich der wirtschaftliche Arbeitseinsatz der Drahtzieher nicht nur auf ihre Leistung je Mann und Stunde, sondern auch auf die durch ihre Leistung hergestellten Drahtmengen brauchbarer Güte und damit auf das Verhältnis der brauchbaren zu den unbrauchbaren Fertigerzeugnissen und schließlich ihre tatsächliche Leistungsfähigkeit. Werden alle diese eben angeführten Umstände zusammen gewertet, dann steht fest, daß die Heranbildung eines guten Drahtziehernachwuchses die Grundlage für den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz im Drahtziehereigewerbe bildet.

Der wirtschaftliche Arbeitseinsatz teilt sich, wie bereits angeführt, auf nach der Fertigungsgliederung und Fertigungslenkung unter Anlehnung an die jeweilig vorhandenen betrieblichen Einrichtungen. Oberstes Gesetz aller Fertigungsgebiete für den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz ist die Herstellung des Fertigerzeugnisses auf dem kürzesten Arbeitswege, sowohl räumlich als auch gütemäßig. Sieht man von den räumlichen Betriebsverhältnissen ab, die stellenweise durch Geländearten sehr ungünstig sein können und vielfach auch sind, so verbleiben als grundsätzliche Bestrebungen eines gut geleiteten Betriebes, die Drahterzeugung von Anbeginn der Fertigung so zu lenken, daß mit dem geringsten Arbeitseinsatz und dadurch auf kürzestem Herstellungswege Drähte mit bestimmten Güteeigenschaften erzeugt werden. Grundlegende Voraussetzung hierfür ist die Prüfung des Verhältnisses von Fertigungsgliederung zur Art und Güte des Fertigerzeugnisses. D. h.: Passen das betreffende Fertigerzeugnis und seine Güteeigenschaften in den laufenden Fertigungsvorgang des Betriebes hinein? Ist dieses nicht der Fall, so würde eine Aufnahme der Herstellung eines dem üblichen Fertigungsverfahren abwegigen Fertigerzeugnisses die bisherige Arbeitseinsatzlage wirtschaftlich nachteilig beeinflussen.

In unmittelbarer Abhängigkeit von der Fertigungsgliederung für den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz steht die Fertigungslenkung. Mit Hilfe der technischen Wissenschaft wird durch Auswertung betrieblicher Erfahrungen und Erkenntnisse das für das Fertigerzeugnis und seine Güteeigenschaften günstigste Herstellungsverfahren festgelegt, gleichzeitig werden damit aber auch die Arbeitsvorgänge und die besten Ausführungsbedingungen bestimmt. Bei Beachtung aller für das geeignete Herstellungsverfahren in Frage kommenden Einflußgrößen, z. B. richtige Wahl des Werkstoffes, zweckentsprechende Wärmebehandlung und Kaltverformung, entsprechende Ausbildung der Ziehwerkzeuge usw., gelingt es, den Anforderungen für die Güte und damit auch denjenigen für die Betriebsbrauchbarkeit des Fertigerzeugnisses gerecht zu werden. Der Grundsatz, daß die teuerste Fertigung zugleich auch die billigste ist, darf hierbei nicht unberücksichtigt bleiben.

Dieser Ausspruch erscheint auf den ersten Augenblick widersinnig. Geht man jedoch den tatsächlichen Betriebsergebnissen der einzelnen Arbeitsverfahren auf den Grund, so findet man seine Richtigkeit bestätigt. Arbeitseinsatzmäßig und auch wirtschaftlich ist es richtig, bei jedem Herstellungsverfahren so viele Arbeitsvorgänge einzuschalten, als notwendig sind, um im Endergebnis 100 % gutes Ausbringen an Fertigware zu erreichen. Umgekehrt ist es falsch — von dem üblichen Werkstoffabfall während der Fertigung abgesehen —, immer auf das Fertigerzeugnis und seine für einen bestimmten Verwendungszweck erforderlichen Güteeigenschaften Bezug genommen, Arbeitsgänge und damit auch Arbeitskräfte einzusparen, den Fertigungsvorgang also abzukürzen, weil dann die Kosten ja geringer würden, wenn im Endergebnis nur 70 % gutes Ausbringen an



Fertigware erreicht werden. Die Kosten für den Arbeitsaufwand und damit der Arbeitseinsatz für die Neuherstellung der im abgekürzten Fertigungsverfahren entfallenden minderwertigen Erzeugnisse und der gleichzeitig damit notwendig gewordene Werkstoffneubedarf sind wesentlich höher als jene, die durch die im ersten Herstellungsverfahren zusätzlich eingeschalteten Arbeitsgänge verursacht wurden. Gleichzeitig muß darauf hingewiesen werden, daß die Prüfung der im abgekürzten Arbeitsverfahren hergestellten Fertigerzeugnisse durch die sich ergebende stärkere Streuung der Zahlenwerte viel zeitraubender ist als diejenige der im längeren Herstellungsgang gewonnenen Erzeugnisse.

Schließlich muß noch auf die Bedeutung der Vorbehandlung des in der Eisen- und Stahldrahtzieherei zur Verarbeitung kommenden Werkstoffes für den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz verwiesen werden. Grundsätzliche Bestrebungen der Drahtwalzwerke müssen dahin gehen, die Oberflächenbeschaffenheit weitestgehend zu verbessern und die Maßabweichungen möglichst eng zu halten. Werden diese Forderungen der drahtherstellenden Betriebe erfüllt, dann werden manche Arbeitsvorgänge und damit Arbeitskräfte bei der Verfeinerung eingespart und die Leistungsfähigkeit bedeutend gesteigert. Gleichgelagert damit ist die vor der Kaltverformung der Drähte erforderliche Oberflächenbehandlung. Durch richtige Wahl und Anwendung des für das augenblicklich durchzuführende Arbeitsverfahren erforderlichen Schmiermittelträgers wird die störungsfreie Werkstoffverformung gefördert und auch dadurch die Arbeitseinsatzlage günstig beeinflusst.

Zusammenfassend kann somit gesagt werden, daß der wirtschaftliche Arbeitseinsatz in der Eisen- und Stahldrahtzieherei grundlegend beeinflusst wird von der zweckentsprechenden Lenkung von Gefolgschaft und Werkstoff während der Fertigung.

Aus allen getroffenen Feststellungen ergibt sich gleichzeitig die Anregung zur Einrichtung einer allen Eisen- und Stahldrahtziehereien übergeordneten Hauptstelle, die ihrerseits mit Hilfe der Betriebswissenschaft grundlegende Richtlinien für zweckentsprechende Lenkung von Gefolgschaft und Werkstoff gibt und ebenfalls ihre Ausführung überwacht. Dadurch wird nicht nur der wirtschaftliche Arbeitseinsatz in der gesamten drahtherstellenden Industrie, sondern auch ihre Gesamtleistungsfähigkeit bei den augenblicklich vorliegenden Betriebsverhältnissen wesentlich gesteigert.

An den Bericht schloß sich folgende Erörterung an.

W. Fiedler, St. Ingbert: Herr Jaenichen hat die Frage der Arbeitsplatzbewertung angeschnitten. Gerade in der letzten Zeit sind eine Reihe von Unterlagen erschienen, nach denen die Arbeitsplatzbewertung vorgenommen werden kann. Wie man jedoch hört, sind diese Arbeiten alle noch in der Entwicklung. Man müßte für die Drahtindustrie eine Gemeinschaftsarbeit einrichten, da ich mir nicht vorstellen kann, daß zwei Betriebe vollkommen gleiche Arbeitsbedingungen aufweisen.

F. Boehm, Lauchenthal: In unserer Zieherei ist vor einiger Zeit eine Arbeitsplatzbewertung nach den Richtlinien des Reichstreuhanders bereits durchgeführt worden. Wir haben dies getan, um alle Ungerechtigkeiten innerhalb des Lohnes auszuschalten, und haben mit dem Verfahren gute Erfahrungen gemacht.

H. Euler, Düsseldorf: Die Lohnordnung geht nach dem Lohngruppenkatalog LKEM vor sich. Dieser Lohngruppenkatalog ist eine Sammlung von Beispielen, wie man die einzelnen Arbeitsplätze oder Arbeiten bewerten kann. Wir sind der Meinung, daß in den eigentlichen hüttenmännischen Betrieben, zu denen zum Teil auch die Drahtziehereien gehören, die Anwendung einer derartigen zwangsweise reien gehören, die Anwendung einer derartigen schematischen Bewertung der Arbeit nicht zu der erstrebten Lohngerechtigkeit führen kann, weil die Treffsicherheit dieser Beispielsammlung zu gering ist, um den vielfältigen unterschied-

lichen Bedingungen und Gegebenheiten der Betriebe gerecht zu werden.

W. Heidenhain, Lippstadt: Der LKEM hat uns vorgelegen. Er ist ausschließlich auf die Bedürfnisse der spanabhebenden Verformung zugeschnitten. Für die Einstufung der Arbeiten in den Drahtzieh- und Nebenbetrieben ist der Katalog unbrauchbar. Einige im Lohngruppenkatalog enthaltene Beispiele für die Einstufung der Betriebshandwerker könnten auf die Drahtziehbetriebe angewandt werden. Ich bitte Herrn Boehm, anzugeben, wie die Drahtzieh- und Nebenbetriebe innerhalb seines Gesamtbetriebes eingestuft wurden und welche Bewertung der einzelne Arbeitsplatz nach den Richtlinien des Reichstreuhanders erfahren hat. Inwieweit wurde der LKEM angewandt?

F. Boehm: Wir haben nicht nach dem LKEM eingestuft, sondern die Arbeitsplatzbewertung durchgeführt. Das ist etwas anderes. Die Arbeitsplatzbewertung wird durch ihre bis ins einzelne gehende Aufgliederung jeder Arbeit gerecht, soweit das überhaupt möglich ist; allerdings ist es notwendig, daß sie von geschulten Leuten vorgenommen wird.

H. Theis, Hamm: Der bestehende LKEM ist für das Drahtgewerbe nicht ohne weiteres zu verwenden, da die Unterlagen nicht ausreichen. Es ist beabsichtigt, in allernächster Zeit die in dem LKEM fehlenden entsprechenden Lohngruppenmerkmale und Arbeitsbeispiele für die Drahtverarbeitungsbetriebe festzulegen. Diese Arbeit soll im Einvernehmen mit den Fachleuten aus den Betrieben erfolgen.

H. Euler: Zweck der lohnordnenden Maßnahmen ist, die Arbeit der Gefolgschaft gerecht zu bewerten, in die vorgeschriebenen acht Lohnklassen einzuordnen und mit Hilfe gerechter Akkorde die Leistung zu steigern. Das kann mit Hilfe verschiedener Mittel geschehen. Das einfachste Mittel ist das Schätzen nach Erfahrungswerten. Das zweite Mittel ist die Verwendung einfacher beschreibender Merkmale für jede Lohngruppe. Das dritte Mittel ist der Lohngruppenkatalog, der eine Beispielsammlung darstellt; das vierte Mittel ist das analytische, z. B. das der Arbeits-(Platz-)Bewertung. Es ist nicht möglich, die Güte eines Drahtes für alle Zwecke nur nach der Zerreißfestigkeit zu beurteilen; hierbei spielt eine ganze Anzahl von Einflüssen eine große Rolle. Genau so ist es bei der Bewertung der Arbeit. Hier wirkt nicht nur eine Einflußgröße, z. B. die Berufsausbildung, sondern mehrere, die den Wert der Arbeit an diesem Arbeitsplatz ausmachen. Man muß also mit einem Verfahren an diese Bewertung der Arbeit herangehen, das gestattet, diese vielen Einflußgrößen untereinander und in ihrer Größe zueinander zu bewerten. Die drei erstgenannten Hilfsmittel gestatten das nicht, sie begnügen sich mit Hilfe einer mehr oder weniger einfachen Umschreibung mit einer, höchstens zwei Einflußgrößen. Das ist nicht ausreichend, besonders da nicht, wo schwere körperliche Arbeit und unangenehme Umgebungseinflüsse vorherrschen. Diese letzten Einflüsse sind für uns besonders wichtig und im Lohngruppenkatalog zu wenig beachtet<sup>1)</sup>.

E. Fricke, Hagen-Kabel: Mit der Frage der Arbeitsplatzbewertung ist die Bewertung der Arbeitskraft des Mannes an diesem Arbeitsplatz unlösbar verbunden. Soll ein Drahtzieher, der bisher 2 t je Schicht ziehen mußte, durch irgendwelche Maßnahmen auf eine höhere Leistung gebracht werden, so daß er beispielsweise jetzt 3 oder 4 t zu machen hätte, so muß auch dann die Möglichkeit bestehen, daß der betreffende Mann diese Arbeit körperlich bewältigen kann.

Es wird beispielsweise ein großer Unterschied sein, ob ein Drahtzieher im Feinzug mit dünnen Drähten und geringen Ringgewichten oder im Grobzug mit dickeren Drähten und vielleicht überschweren Ringgewichten arbeiten muß; ob er dicke Querschnitte in selbstgestellten Ziehsteinen zu ziehen hat; ob er dünnere oder dicke Drähte vorgespitzt bekommen oder ob er am Ziehklotz diese Spitzen selbst anbringen muß; ob er Krananlagen am Arbeitsplatz zur Verfügung hat oder ob er in der Hauptsache derartige Arbeiten rein körperlich selbst zu bewältigen hat usw.

Aus diesen Gründen kann ich Herrn Jaenichen nicht beipflichten, daß, allgemein betrachtet, in den Drahtziehereien die Verdienste auf Grund der neuen Lohnordnung am höchsten liegen sollten.

Um nun eine gerechtere Bewertung der Arbeitskraft des Gefolgschaftsmitgliedes und damit eine bessere Ausnutzung

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu auch „Leitfaden für die Lohngestaltung Eisen und Metall“. Thüringische Verlagsanstalt V. Barsch, Gera 1943. — Dr.-Ing.-Diss. von E. Beck, Techn. Hochschule Aachen 1942.



des Arbeitsplatzes durchführen zu können, hatte ich vor einigen Jahren versucht, über die Wirtschaftsgruppe Werkstoffverfeinerung entsprechende Erfahrungswerte sammeln zu lassen. Von der Energie- und Betriebswirtschaftsstelle des VDEh wurden ähnliche Erhebungen angestellt, die zu einem Vergleich führten. Sie ergaben außerordentlich große Unterschiede, die zwischen 2,5 und 10,5 t je 10-Stunden-Schicht liegen, wobei die aus der Erhebung erkennbaren Arbeitsbedingungen nicht ohne weiteres diese großen Unterschiede erklären lassen. Diese Ergebnisse zeigen, wie außerordentlich schwierig eine gerechte Bewertung der Arbeitskraft im Rahmen der neuen Lohnordnung ist und wie notwendig es sein dürfte, in irgendeiner Gemeinschaftsarbeit unter Abwägung der oben genannten Unterschiede in der Art der Beanspruchung des Arbeiters eine alle Teile befriedigende Bewertung und gegenseitige Abstimmung aller Tätigkeiten im Drahtverfeinerungsgewerbe herbeizuführen.

H. Stäbler, Gleiwitz: Ich glaube, mein Herr Vordredner ist auf ein anderes Gebiet gekommen. Er spricht von der zu fordernden Leistung, während man es bei der Anwendung des LKEM nur mit der Art der Tätigkeit unserer Gefolgschaftsmitglieder zu tun hat. In Oberschlesien verlangen der Reichstreuhand und die DAF, die baldige Einführung des LKEM auch für die Drahtverarbeitung. Ich möchte anfragen, ob auf diesem Gebiete im Westen bereits Vorarbeit geleistet wurde.

W. Fiedler: In St. Ingbert haben wir bereits an dieser Sache gearbeitet. Die einzig mögliche und gerechte Beurteilung ist nur mit der Punktbewertung zu erreichen, wie soeben die Herren Boehm und Fricke festgestellt haben. In jedem Drahtbetrieb sind andere Bedingungen zu erfüllen. Diese wechselnden Bedingungen können nur mit Hilfe einer auf den Arbeitsplatz abgestellten Bewertung erfaßt werden. Für die Erfassung der gewerblichen Handwerker lasse ich den Lohngruppenkatalog gelten: z. B. für die Erfassung der Reparaturschlosser.

In St. Ingbert haben wir unsere Walzwerke nach einem Punktverfahren durchgearbeitet. Bei dem Vergleich der gewonnenen Ergebnisse mit den bestehenden Verhältnissen stellte sich heraus, daß die Einstufung der einzelnen Arbeitsplätze an den Walzenstraßen im großen und ganzen recht gut zu den Platzbewertungen nach dem neuen Verfahren paßt. Es ergaben sich auch gewisse Richtlinien zu vorhandenen Zeiten und Stundensätzen. Das Verhältnis Akkordlohn zu Zeitlohn innerhalb des Walzwerkes stimmte ebenfalls verhältnismäßig überein. Schwieriger wird es schon, wenn man verschiedene Abteilungen untereinander vergleicht, z. B. Walzbetriebe und Drahtwerke.

Die gleiche Arbeit ist jetzt für den Drahtbetrieb im Gange. Auch hier wird grundsätzlich nur nach dem Arbeitsplatz-Bewertungsverfahren gearbeitet. Hierbei zeigte sich, daß

bei den alten Einzelzügen die Bewertung höher lag. Der einzelne Zieher hat verschiedene Tätigkeiten auszuführen, die hoch zu bewerten sind. Wird im Grobzug mit Ziehsteinen gearbeitet, die aus der Poliererei kommen, so ergibt sich eine vollständige Verschiebung des Bildes. Ich glaube nicht, daß man in einer solchen Lage mit dem LKEM zurechtkommt. Hier bietet nur die Punktbewertung die Möglichkeit, alle vorkommenden Einflüsse gerecht zu beurteilen.

H. Euler: Allgemein dürften noch einige Zahlen interessieren. Es ist eine Staffellung der Grundlöhne von 75 % bei der untersten bis zu 133 % bei der obersten Lohngruppe vorgesehen; der Verdienst (Grundlohn) der Lohngruppe 5 ist dabei gleich 100 % gesetzt. Der Akkordverdienst (Akkordrichtsatz) wird mit einem Zuschlag von 15 % auf den Grundlohn angesetzt. Außerdem ist ein Mehrverdienst über diesen Akkordrichtsatz hinaus zugelassen, der für den Durchschnitt jeder Lohngruppe weiterhin etwa 15 % betragen darf<sup>1)</sup>.

F. Boehm: Ausschlaggebend für die Höhe des Grundlohnes ist die Einstufung des einzelnen Arbeiters in die acht Lohngruppen. Man kann mit dem Verfahren der Arbeitsplatzbewertung innerhalb eines Werkes weitgehend eine Lohngerechtigkeit herbeiführen, wie sie auch von allen Gefolgschaftsangehörigen gewünscht wird. Es kann dabei natürlich vorkommen, daß ungerechtfertigt hohe Löhne gesenkt und umgekehrt zu niedrige Löhne erhöht werden müssen.

E. Jaenichen: Die Anregung zur Arbeitsplatzbewertung sollte gleichzeitig auch Anregung sein für Ueberlegungen zur Durchführung einer Lohngerechtigkeit. Wie auch jeweils die Betriebsverhältnisse sein mögen, man wird immer feststellen müssen, daß bei richtig gelenktem Arbeitseinsatz und bei der Berücksichtigung der Vielzahl von Anforderungen, die an den Drahtzieher, gleichgültig welcher Fertigungsstufe (Grob-, Mittel- oder Feindrahtzieher), herangezogen werden, seine gütmaßigen und körperlichen Leistungen zusammengenommen, die Leistungen der in einem solchen Fertigungsbetrieb anders Beschäftigten übertreffen werden. Die Maschinenzieher fallen natürlich nicht unter die Berufsgruppe der Drahtzieher. Die gerechte Entlohnung des Drahtziehers wird dann das Verhältnis des Anteils der Drahtzieher zu dem Anteil der übrigen für die Drahtzieherei erforderlichen Berufsarten unter Umständen auch damit den wirtschaftlichen Arbeitseinsatz sowie die Wirtschaftlichkeit des Betriebes immer nur günstig beeinflussen. Schließlich möchte ich die in meinen Ausführungen gebrachten Hinweise für eine richtige Fertigunglenkung in den Drahtziehereibetrieben noch einmal unterstreichen. Eine richtige Fertigunglenkung bedingt grundsätzlich Beachtung der betriebswissenschaftlichen Erkenntnisse und wird unter gleichzeitiger Beachtung der eigenen Betriebserfahrungen immer den günstigen Arbeitseinsatz, die günstige Leistungsfähigkeit und damit auch eine günstige Wirtschaftlichkeit zur Folge haben.

## Einfluß der Gefügebildung in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung und Legierung auf die Dauerstandfestigkeit von Stahl

Von Hubert Bennek und Gerhard Bandel in Essen.

[Bericht Nr. 632 des Werkstoffausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NSBDT. — Fortsetzung von Seite 659.]

### Einfluß der Abschreckgeschwindigkeit auf die Dauerstandfestigkeit

Das einfachste Verfahren zur Erzielung verschiedener Arten der Gefügebildung in Vergütungsstählen, ohne störende Korngrößeneinflüsse befürchten zu müssen, bietet die Veränderung der Abkühlungsgeschwindigkeit bei übereinstimmender Vergütungstemperatur. Der geringe Unterschied der Korngröße, den verschiedene Geschwindigkeit beim Durchschreiten der Umwandlung noch ergeben kann, kann jedenfalls in seiner Wirkung auf die Dauerstandfestigkeit im allgemeinen außer acht gelassen werden.

Die Entstehung der mannigfaltigen Gefügearten von Vergütungsstählen wurde in den letzten Jahren besonders durch die eingehende Untersuchung der verschiedenartigen Umwandlungsvorgänge weitgehend geklärt<sup>74)</sup> bis<sup>82)</sup>. Die Umwandlungsgeschwindigkeit des Austenits bei der Abkühlung eines härtbaren oder

vergütbaren, niedriglegierten Stahles zeigt entsprechend dem Beispiel in Bild 8<sup>80)</sup> in drei mehr oder weniger voneinander getrennten Temperaturbereichen ausgeprägte Höchstwerte, deren Lage und Stärke bekanntermaßen noch sehr wesentlich vom Legierungsgehalt beeinflusst werden. Je nachdem, in welchem dieser drei Bereiche die Umwandlung stattfindet, entsteht martensitisches Gefüge, Zwischenstufengefüge oder ferritisch-perlitisches Gefüge, die sich bei der metallographischen Untersuchung im allgemeinen deutlich voneinander unterscheiden lassen. Es war also zu prüfen, ob diese drei Gefügestände Unterschiede im Dauerstandverhalten zeigen.

Es wurde zunächst versucht, eine Reihe von Versuchsstählen mit übereinstimmendem Kohlenstoffgehalt von 0,15 bis 0,20 % und einem Zusatz verschie-

<sup>80)</sup> Nach unveröffentlichten Untersuchungen von H.-J. Wiester, dem wir auch für seine Unterstützung bei den Gefügeuntersuchungen danken.



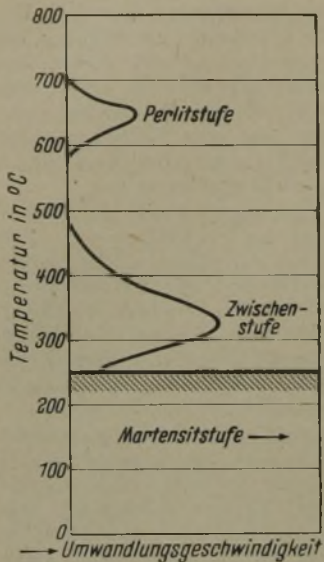


Bild 8. Geschwindigkeit der isothermen Austenitumwandlung eines Stahles mit 0,3% C, 1% Cr und 4% Ni.

dener Legierungselemente in Höhe von jeweils etwa 1% durch geeignete Wärmebehandlungs-Verfahren in die eben angegebenen drei Hauptgruppen der Gefügestufen zu bringen. Als Vergütungstemperatur wurden 1100° gewählt, abgesehen von einigen Sonderkarbidbildner enthaltenden Stählen, bei denen wegen der hohen Lösungstemperatur ihrer Karbide erst bei noch höheren Temperaturen ausgeprägtes Vergütungsgefüge erhalten werden kann (z. B. bei Titan-, Niob- und Zirkonstählen). In den Bildern 9 bis 15 sind einige kennzeichnende Gefüge nach Umwandlung in den drei verschiedenen Stufen für einen unlegierten, einen Chrom- und Molybdänstahl

wiedergegeben. Während man bei unlegierten Stählen ferritisch-perlitisches Gefüge und Martensit bekanntlich leicht erhalten kann, ist es erst neuerdings<sup>80)</sup> gelungen, nachzuweisen, daß man auch bei ihnen unter bestimmten Bedingungen Zwischenstufengefüge erzielen kann. So gelang es, den Stahl C 4 durch Oelabschrecken von 1100° (Stangen von 14 mm Dmr.) vorwiegend in der Zwischenstufe umzuwandeln (Bild 9). Bei niedriglegierten Chromstählen lassen sich die drei Gefügearten leichter durch geeignete Wärmebehandlung erzielen (Bilder 10 bis 12). Molybdänstähle neigen zum Teil schon bei Luftabkühlung dazu, schön ausgeprägtes Zwischenstufengefüge zu bilden, so daß bei dem untersuchten Molybdänstahl die drei Gefügearten besonders deutlich ausgebildet sind (Bilder 13 bis 15). Beispiele für Mischgefüge zeigen die Bilder 16 bis 18. Die Möglichkeit, bei einem Stahl sämtliche drei Gefügearten in reiner Form zu erhalten, hängt wie erwähnt auch von geeigneter Legierung ab, die in der vorliegenden systematischen Reihe selbstverständlich in allen Fällen nicht gerade getroffen sein kann. Zur genaueren Kennzeichnung der Gefügebildung der einzelnen Stähle nach verschiedener Wärmebehandlung einschließlich der vielen Abarten und Mischungen der schon an-



Bild 9. Zwischenstufengefüge von Stahl C 4 mit 0,14% C nach Abschrecken von 1100° in Öl. (× 500; getzt mit alkoholischer Pikrinsäure.)

gegebenen drei Hauptgruppen wurden elf Kennzahlen gewählt. Ihre Bedeutung geht aus Zahlentafel 3 hervor. Eine erschöpfende Beschreibung der mannigfachen Gefügebildung ist naturgemäß auch mit diesen elf Kennzahlen nicht möglich<sup>87)</sup>.

Zahlentafel 3. Kennzahlen für verschiedenartige Gefügebildung der Versuchsstähle

Kennzahl	Art der Gefügebildung	Vgl. Bild
1	Ferrit und Perlit	10, 13
2	Widmannstättengefüge	
3	Ferrit und bis 30% Zwischenstufengefüge	
4	Ferrit und 30 bis 60% Zwischenstufengefüge	11
5	Zwischenstufengefüge und bis 30% Ferrit	9
6	Zwischenstufengefüge	14
7	Zwischenstufengefüge und bis 30% Martensit	
8	Zwischenstufengefüge und 30 bis 60% Martensit	16
9	Martensit und bis 30% Zwischenstufengefüge	17
10	Martensit	12, 15
11	Martensit und δ-Ferrit	18

Die Frage nach der Wahl einer geeigneten Anlaßtemperatur bereitete wie oft bei systematischen Untersuchungen an Legierungsreihen insofern Schwierigkeiten, als bei übereinstimmender Anlaßtemperatur unterschiedliche Kaltfestigkeiten in Kauf genommen werden müssen, andererseits aber ein Anlassen auf gleiche Festigkeit gar nicht möglich ist wegen der niedrigen Festigkeit des ferritisch-perlitischen Gefüges, ohne die

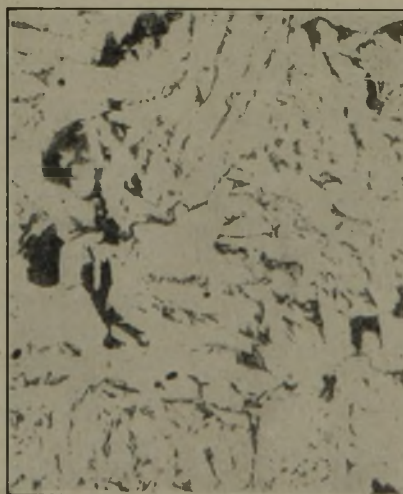


Bild 10. 1100°/Ofen, 2 h 580°/Luft. Bild 11. 1100°/Bleibad von 400° 2 h, 2 h 600°/Luft. Bild 12. 1100°/Eiswasser, 2 h 650°/Luft. Bilder 10 bis 12. Vergütungsgefüge des Stahles Cr 1 mit 0,18% C und 1% Cr nach Umwandlung in der Perlitstufe (Bild 10), Zwischenstufe (Bild 11) und Martensitstufe (Bild 12). (× 500; getzt mit alkoholischer Pikrinsäure.)



Eigenarten des martensitischen Gefüges oder des Zwischenstufengefüges durch das Anlassen bei zu hohen Temperaturen zu zerstören. Ein Anlassen auf eine im angemessenen Abstand von der Prüftemperatur liegende Temperatur war jedoch notwendig, um Störungen durch Anlaßvorgänge während des Dauerstandsversuchs zu vermeiden. In einigen Fällen wurde wenigstens versucht, Martensit und Zwischenstufengefüge auf gleiche Festigkeit anzulassen<sup>87)</sup>.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in *Zahlentafel 4* zusammengestellt<sup>87)</sup>. Einen schnelleren Ueberblick gibt *Bild 19*, in dem für die einzelnen Stähle der prozentuale Unterschied der

Dauerstandfestigkeit des martensitischen und des Zwischenstufengefüges gegenüber dem nach Ofenabkühlung oder Luftvergütung erhaltenen niedrigsten Wert bei ferritisch-perlitischem Gefüge aufgetragen ist. Das wichtigste Ergebnis, das diese Darstellung vermittelt, ist die überraschende Tatsache, daß die Dauerstandfestigkeit des martensitischen Anlaßgefüges bei sämtlichen untersuchten Stählen niedriger als die des angelassenen Zwischenstufengefüges oder der diesem am nächsten kommenden Gefügeart liegt. Das ist um so bemerkenswerter, als im Gegensatz dazu bei martensitischem Anlaßgefüge die Zugfestigkeit und die Streckgrenze bei 20° mindestens übereinstimmen mit denen des Zwischenstufengefüges, in den meisten Fällen aber sogar wesentlich höher liegen (*Bild 20*). Im ferritisch-perlitischen Gefügestand ist die Dauerstandfestigkeit erwartungsgemäß im allgemeinen niedriger als bei ausgesprochenem Vergütungsgefüge. Das gilt besonders für alle Stähle mit sonderkarbidbildenden Legierungselementen, während die weniger anlaßbeständigen Nickel-, Silizium-, Mangan- und auch die Chromstähle bei martensitischem Anlaßgefüge sogar noch niedrigere Dauerstandfestigkeit als bei ferritisch-perlitischem Gefüge nach Ofen- oder Luftabkühlung ergeben, trotz den wiederum höheren Zugfestigkeiten und Streckgrenzen bei 20°<sup>87)</sup>.

Bemerkenswert ist, daß auch die Elastizitätszahl bei 500° gewisse Ähnlichkeit in der Abhängigkeit von der Art der Umwandlungsgefüge bei den verschiedenen legierten Stählen erkennen läßt mit der bei der Dauerstandfestigkeit festgestellten, obwohl von vornherein

Zahlentafel 4. Einfluß des Umwandlungsgefüges bei verschiedener Abschreckgeschwindigkeit auf die Dauerstandfestigkeit von Stählen mit rd. 0,2% C und je rd. 1% Legierungsgehalt

Stahlbezeichnung	Stahlzusammensetzung	Wärmebehandlung	Vergütungs-durchmesser mm	Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500°	Gefüge-kennzahl
				kg/mm <sup>2</sup>	
C 4	0,14% C, 0,38% Si und 0,41% Mn	1100°/Luft	20	9,5	1
		1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	14	10,3	5
		1100°/Eiswasser, 2 h 630°/Luft	14	7,6	10
Ni	0,16% C, 0,24% Si, 0,44% Mn und 1,12% Ni	1100°/Ofen, 2 h 580°/Luft	20	10,4	1
		1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	11,0	1
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 600°/Luft	14	10,5	1/2/3
		1100°/Eiswasser, 2 h 600°/Luft	14	7,5	9
Si	0,20% C, 1,08% Si und 0,46% Mn	1100°/Ofen	20	9,0	1
		1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	7,7	1
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 600°/Luft	14	10,1	5
		1100°/Eiswasser, 2 h 620°/Luft	14	5,0	10
Al	0,15% C, 0,33% Si, 0,43% Mn und 1,18% Al	1100°/Ofen	20	6,0	1
		1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	5,7	1
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 600°/Luft	14	7,9	4
		1100°/Eiswasser, 2 h 620°/Luft	14	6,1	12
Zr	0,20% C, 0,44% Si, 0,50% Mn und 0,71% Zr	1300°/Ofen	20	9,0	1
		1300°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	12,5	1
		1300°/Öl, 2 h 600°/Luft	14	17,4	5
		1300°/Eiswasser, 2 h 680°/Luft	14	15,8	9
Mn 3	0,18% C, 0,34% Si und 1,08% Mn	1100°/Ofen	20	13,8	1
		1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	12,6	1/2/3
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 600°/Luft	14	10,2	5
		1100°/Eiswasser, 2 h 620°/Luft	14	7,2	10
Cr 1	0,18% C, 0,35% Si, 0,42% Mn und 1,02% Cr	1100°/Ofen, 2 h 580°/Luft	20	9,0	1
		1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	9,6	2/3
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 600°/Luft	14	14,7	4
		1100°/Eiswasser, 2 h 650°/Luft	14	7,5	10
Mo 1	0,16% C, 0,27% Si, 0,43% Mn und 1,13% Mo	1100°/Ofen	20	17,0	1
		1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	38,5	5
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 680°/Luft	14	39,7	6
		1100°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	14	27,7	10
W	0,17% C, 0,34% Si, 0,46% Mn und 1,04% W	1100°/Ofen	20	15	1
		1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	20	21,6	3
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 600°/Luft	14	30,0	5
		1100°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	14	18,1	10
V	0,18% C, 0,37% Si, 0,45% Mn und 0,97% V	1100°/Ofen	20	9,5	1
		1100°/Luft, 2 h 750°/Luft	20	22,8	(?)
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 750°/Luft	14	26,4	(?)
		1100°/Eiswasser, 2 h 750°/Luft	14	20,0	10
		1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 650°/Luft	14	25,0	(?)
		1100°/Eiswasser, 2 h 650°/Luft	14	21,0	10
Nb	0,15% C, 0,34% Si, 0,37% Mn, 1,20% Nb und 0,05% Ta	1300°/Ofen	20	7,0	1
		1300°/Luft, 2 h 630°/Luft	20	25,8	6
		1300°/Öl, 2 h 680°/Luft	14	29,3	6
		1300°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	14	23,0	11
Ti	0,15% C, 0,46% Si, 0,59% Mn, 0,60% Ti und 0,14% Al	1300°/Ofen	20	10,0	1
		1300°/Luft, 2 h 680°/Luft	20	30,0	6
		1300°/Eiswasser, 2 h 680°/Luft	20	23,0	10

1) Vgl. Zahlentafel 3.

mit sehr starken Streuungen zu rechnen war infolge der geringen Genauigkeit, mit der sie bei hohen Temperaturen (aus der Entlastungsdehnung im Dauerstandsversuch) nur bestimmt werden kann (*Bilder 21 und 22*).

Aus diesen Ergebnissen muß also die wichtige Schlußfolgerung gezogen werden, daß ein Hinarbeiten auf Zwischenstufengefüge für einen Vergütungsstahl immer die höchstmögliche Dauerstandfestigkeit verbürgt. Die absolute Höhe der Dauerstandfestigkeit des reinen Zwischenstufengefüges weist jedoch bei den verschiedenen legierten Stählen beträchtliche Unterschiede auf. Sie sind auf zusätzliche Einflüsse zurückzuführen, wie den der Vergütungsfestigkeit, der





Bild 13.  
1100 °Ofen.

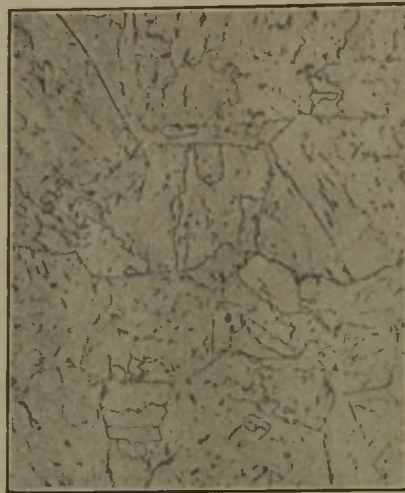


Bild 14.  
1100 °/Bleibbad von 400 ° 2 h.  
2 h 680 °/Luft.



Bild 15.  
1100 °/Eiswasser, 2 h 700 °/Luft.

Bilder 13 bis 15. Vergütungsgefüge des Stahles Mo 1 mit 0.16 % C und 1.1 % Mo nach Umwandlung in der Perlitstufe (Bild 13). Zwischenstufe (Bild 14) und Martensitstufe (Bild 15). ( $\times 500$ ; geätzt mit alkoholischer Pikrinsäure.)

Menge des im Mischkristall gelösten Legierungselements, den einer Ausscheidungshärtung von Sonderkarbiden oder intermetallischen Verbindungen usw.

In *Zahlentafel 5* sind weitere Beispiele angegeben, die zeigen, daß auch bei einer Reihe von technisch gebräuchlichen dauerstandfesten Stählen durch eine auf Zwischenstufengefüge hinzielende Wärmebehandlung die Dauerstandfestigkeit zum Teil recht erheblich gesteigert werden konnte. Die ersten Beispiele sind die schon in *Bild 5* angeführten Chrom-Molybdän-Stähle 1 und 2, die z. B. ausgedehnte Verwendung als dauerstandfester Röhrenstahl in Ueberhitzeranlagen von Hochdruckdampfkesseln gefunden haben. Sie haben im allgemeinen nach der üblichen Luftvergütung von 900 bis 950°, besonders wenn sie mit Aluminiumzusatz erschmolzen wurden und feinkörnig sind, vorwiegend ferritisch-perlitisches Gefüge mit niedriger Dauerstandfestigkeit<sup>87)</sup>. Durch Erhöhung der Abkühlungsgeschwindigkeit, z. B. durch Oelvergütung, oder geeignete Warmbadvergütung gelingt es nun auch bei gleichen Vergütungstemperaturen und -querschnitten, also ohne Erhöhung der Korngröße, die Umwandlung in die Zwischenstufe zu verlegen<sup>87)</sup> und dadurch die Dauerstandfestigkeit noch über die des entsprechenden grobkörnigen, aluminiumfreien Stahles in Luftvergütung zu stei-

gern (*Bild 5, Zahlentafel 5*). Dagegen fällt sie wieder etwas ab, wenn durch weitere Steigerung der Abkühlungsgeschwindigkeit, z. B. nach Wasservergütung, martensitisches Anlaßgefüge entsteht, trotz dessen höherer Kaltfestigkeit<sup>87)</sup>. Bei übereinstimmender Gefügeausbildung ergibt sich dagegen nur eine sehr geringe Steigerung, die der Korngröße im engeren Sinne zuzuschreiben ist. Bei der erheblichen Kornvergrößerung durch Erhöhung der Vergütungs- oder Glühstemperatur von 950 auf 1300° beträgt der Anstieg bei Zwischenstufengefüge und bei ferritisch-perlitischem Gefüge übereinstimmend nur etwa 6,5 kg/mm<sup>2</sup>, während der Unterschied zwischen den beiden Gefügearten bei jeweils gleicher Korngröße 18 bis 20 kg/mm<sup>2</sup> beträgt. Damit muß also tatsächlich als erwiesen angesehen werden, daß die Erhöhung der Dauerstandfestigkeit dieser Stähle mit steigender Vergütungstemperatur oder durch die Erschmelzung ohne Aluminiumdesoxydation nicht auf eine unmittelbare Einwirkung der Korngröße, sondern im wesentlichen nur auf die gleichzeitige Beeinflussung der Gefügeausbildung durch die Korngröße zurückzuführen ist. Diese beruht bekanntlich darauf, daß mit steigender Korngröße infolge Absinkens der kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit die Härbarkeit ansteigt<sup>53) 80) bis 82)</sup>.



Bild 16.  
Stahl Cr 18 mit 0.25 % C und  
4.6 % Cr nach Abkühlen von 950 °  
in Luft.



Bild 17.  
Stahl Cr 11 mit 0.21 % C und 0.5 %  
Cr nach Abschrecken von 1100 °  
in Wasser.



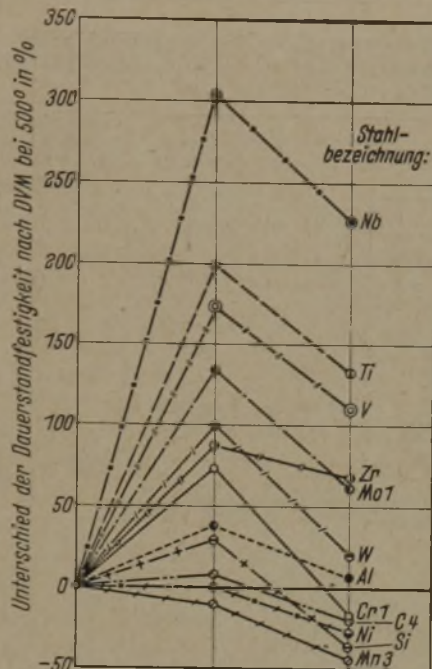
Bild 18.  
Stahl Mo 6 mit 0.04 % C und  
2.7 % Mo nach Abschrecken von  
950 ° in Eiswasser.

Bilder 16 bis 18. Mischgefüge nach Umwandlung in der Martensit- und Zwischenstufe oder in der Martensitstufe bei Vorhandensein von  $\delta$ -Ferrit. ( $\times 500$ ; geätzt mit alkoholischer Pikrinsäure.)



Die weiteren Beispiele der mit Chrom, Molybdän, Vanadin, Wolfram und Nickel legierten technischen Stähle (Zahlentafel 5) lassen ebenfalls erkennen, daß je nachdem, ob die Erhöhung oder Verringerung der Abkühlungsgeschwindigkeit die Umwandlung in der Zwischenstufe begünstigt oder nicht, eine Steigerung oder Senkung der Dauerstandfestigkeit bei 500° eintritt. Zum Beispiel erfahren die üblicherweise wegen ihrer dann noch höheren Kerbschlagzähigkeit<sup>87)</sup> ölvorgüteten Schraubenbolzenstähle CrMo 3 und CrMoV 12 sowie CrNiMo eine Erhöhung ihrer Dauerstandfestigkeit durch Luftvergütung, da damit die Umwandlung von der Martensitstufe zur Zwischenstufe übergeht.

Selbstverständlich muß dabei der Vergütungsquerschnitt berücksichtigt werden. Wie die Beispiele in Zahlentafel 6 zeigen, kann bei Erhöhung des Vergütungsquerschnitts bei einem bestimmten Stahl je nach dem Abschreckmittel eine Verbesserung oder eine Verschlechterung der Dauerstandfestigkeit eintreten. Die Gefügeuntersuchung er-



Gefüge: Ferrit-Perlit Zwischenstufe Martensit  
Abkühlung: Ofen Bleibad Eiswasser  
(Luft) (Öl, Luft)

Bild 19. Unterschiede der Dauerstandfestigkeit bei verschiedener Art von Umwandlungsgefügen legierter Stähle (vgl. Zahlentafel 4).

gibt in diesem Falle wieder, daß die höchste Dauerstandfestigkeit der Gefügeausbildung zuzuordnen ist, die vorwiegend durch Umwandlung in der Zwischenstufe entstanden ist, während nach Umwandlung in der Martensit- oder Perlitstufe niedrigere Dauerstandfestigkeit vorhanden ist. Je nachdem, ob bei der Vergütung in ein und demselben Abschreckmittel die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit des betreffenden Stahles unterschritten ist oder nicht, wird sich also bei genügend kleinem Vergütungsquerschnitt martensitisches Gefüge und niedrige Dauerstandfestigkeit, bei dickeren Querschnitten zunächst Zwischenstufengefüge und höhere Dauerstandfestigkeit und bei noch dickeren dann unvollkommene Durchvergütung, also ferritisch-perlitisches Gefüge und wieder niedrige Dauerstandfestigkeit ergeben. Um die höchstmögliche Dauerstandfestigkeit zu erzielen, ergibt sich somit die manchmal unbequeme, aber notwendige Aufgabe, für jeden Stahl und jeden Vergütungsquerschnitt durch Vorversuche das geeignete Ab-

Zahlentafel 5. Einfluß des Gefügestandes bei verschiedener Abschreckgeschwindigkeit auf die Dauerstandfestigkeit technischer Stähle bei 500°. (Vergütungsquerschnitt 20 mm Dmr.)

Stahlbezeichnung	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% V	Wärmebehandlung	Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500° kg/mm <sup>2</sup>	Gefügekennzahl <sup>5)</sup>
Cr-Mo 1	0,18	0,35	0,36	0,89	0,46	1)	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	27,5	5
							950°/Öl, 2 h 700°/Luft	29,2	6
							1100°/Luft, 2 h 700°/Luft	34,0	6
							1300°/Luft, 2 h 700°/Luft	36,7	6
							1300°/Öl, 2 h 700°/Luft	32,3	7
							1300°/Ofen 650°, 2 h/Luft	25,0	2
							1300°/Ofen	18,0	3
Cr-Mo 2	0,18	0,38	0,52	0,83	0,47	2)	900°/Luft, 2 h 700°/Luft	16	1
							950°/Luft, 2 h 700°/Luft	19,2	3
							950°/Öl, 2 h 700°/Luft	26,8	5
							950°/Bleibad 450° 2 h, 2 h 700°/Luft	30,6	6
							1100°/Luft, 2 h 700°/Luft	30,5	5
							1100°/Wasser, 2 h 700°/Luft	25	10
							1100°/Ofen	14,5	1
Cr-Mo 3	0,32	0,34	0,42	1,41	0,30	—	900°/Luft, 2 h 660°/Luft	20	6
							900°/Öl, 2 h 660°/Luft	14,5	10
Cr-Mo-V 2	0,13	0,38	0,60	1,80	0,43	0,38	950°/Luft, 2 h 670°/Luft	44	6
							950°/Öl, 2 h 670°/Luft	29	8
Cr-Mo-V 3	0,22	0,38	0,53	1,62	0,43	0,39	950°/Luft, 2 h 690°/Luft	38	6
							950°/Öl, 2 h 700°/Luft	25	10
Cr-Mo-V 6	0,13	0,33	0,60	2,44	0,28	0,43	950°/Luft, 2 h 660°/Luft	28	4/5
							950°/Öl, 2 h 660°/Luft	24,5	7/8
Cr-Mo-V 10	0,18	0,27	0,35	2,62	0,52	0,38	1040°/Luft, 2 h 660°/Luft	36,5	8
							1040°/Öl, 2 h 660°/Luft	27,5	10
Cr-Mo-V 11	0,15	0,23	0,37	1,50	1,29	0,12	950°/Luft, 2 h 660°/Luft	47	6
							950°/Öl, 2 h 660°/Luft	32,5	8
Cr-Mo-V 12	0,31	0,27	0,51	1,61	1,28	0,10	950°/Luft, 2 h 690°/Luft	31	7
							950°/Öl, 2 h 690°/Luft	20	10
Cr-Mo-W-V 1	0,19	0,36	0,34	2,71	0,51	0,74 <sup>3)</sup>	1060°/Luft, 2 h 680°/Luft	32	6
							1060°/Öl, 2 h 680°/Luft	27,5	10
Cr-Ni-Mo	0,12	0,23	0,41	0,75	0,83	— <sup>4)</sup>	930°/Luft, 6 h 570 bis 580°/Ofen	46	6
							930°/Öl, 6 h 570 bis 580°/Ofen	33	10
Mn-V	0,39	0,36	1,34	—	—	0,16	950°/Luft, 2 h 640°/Luft	15,5	6
							950°/Öl, 2 h 670°/Luft	8,5	10

1) 0,005% Al (gesamt). — 2) 0,07% Al (gesamt). — 3) + 0,46% W. — 4) 1,47% Ni. — 5) Vgl. Zahlentafel 3.



Zahlentafel 6. Einfluß der Gefügeausbildung bei verschiedenem Vergütungsquerschnitt und Abschreckmittel auf die Dauerstandfestigkeit von Chrom-Molybdän-Vanadin-Stählen

Stahlbezeichnung	Stahlzusammensetzung	Wärmebehandlung	Vergütungsquerschnitt	Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500° kg/mm²	Gefüge-kennzahl <sup>1)</sup>
Cr-Mo-V 3	0,22% C, 0,38% Si, 0,53% Mn, 1,62% Cr, 0,43% Mo und 0,39% V	950°/Luft, 2 h 690°/Luft 950°/Öl, 2 h 700°/Luft 950°/Luft, 2 h 700°/Luft 950°/Öl, 2 h 700°/Luft 950°/Luft, 2 h 700°/Luft 950°/Öl, 2 h 700°/Luft	20 mm Ø	38	6
			80 mm Ø	25	10
			80 mm Ø	33	3
			160 mm Ø	22	6
Cr-Mo-V 13	0,19% C, 0,31% Si, 0,36% Mn, 3,25% Cr, 0,24% Mo und 0,41% V	1050°/Luft, 2 h 670°/Luft 1050°/Öl, 2 h 670°/Luft 1050°/550° Salzbad 2 h, 2 h 670°/Luft 1050°/Luft, 2 h 670°/Luft 1050°/Öl, 2 h 670°/Luft 1050°/550° Salzbad 2 h, 2 h 670°/Luft	20 mm Ø	25	6
			100 mm Ø	18	10
			100 mm Ø	27	6
			100 mm Ø	23	4/5
Cr-Mo-V 11	0,15% C, 0,23% Si, 0,37% Mn, 1,50% Cr, 1,29% Mo und 0,12% V	950°/Luft, 2 h 660°/Luft 950°/Öl, 2 h 660°/Luft 950°/Luft, 2 h 660°/Luft 950°/Öl, 2 h 660°/Luft	20 mm Ø	47	6
			80 mm Ø	35	8
			80 mm Ø	40	4
			80 mm Ø	32,5	6
Cr-Mo-V 12	0,31% C, 0,27% Si, 0,51% Mn, 1,61% Cr, 1,28% Mo und 0,10% V	950°/Luft, 2 h 690°/Luft 950°/Öl, 2 h 690°/Luft 950°/Luft, 2 h 690°/Luft 950°/Öl, 2 h 690°/Luft 950°/Luft, 2 h 690°/Luft 950°/Öl, 2 h 690°/Luft 950°/Öl, 5 h 670°/Luft	20 mm Ø	31	7
			80 mm Ø	20	10
			80 mm Ø	34	7
			160 mm Ø	22	10
			500 mm Ø	30	6
				32	6
				26/28	5

<sup>1)</sup> Vgl. Zahlentafel 3.

schreckmittel ausfindig zu machen, bei dem die Umwandlung in der Zwischenstufe erfolgt. Eine wesentliche Erleichterung kann es bedeuten, wenn die technischen Voraussetzungen dazu gegeben sind, die Umwandlung in der Zwischenstufe durch Anwendung einer gestuften Härtung im Blei- oder Salzbad von geeigneter Temperatur zu erzwingen (vgl. Stahl CrMoV 13 in Zahlentafel 6). Sie bietet in vielen Fällen auch größere Gewähr dafür, die gewünschte Gefügeausbildung zu erhalten, als die Einhaltung einer einmal getroffenen Vorschrift, verschiedene Abschreckmittel für bestimmte Gruppen von Vergütungsquerschnitten zu verwenden. Diese hat vielmehr selbst für die gleiche Stahlsorte oft keine ausreichende Allgemeingültigkeit, da Schwankungen der kritischen Abkühlungsgeschwindigkeiten verschiedener

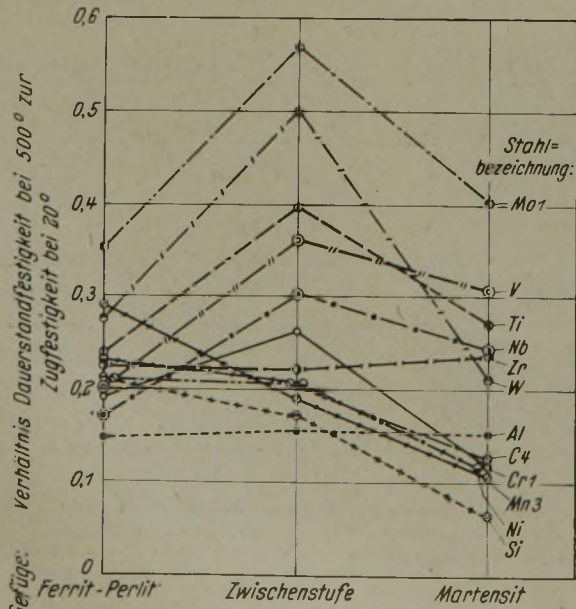
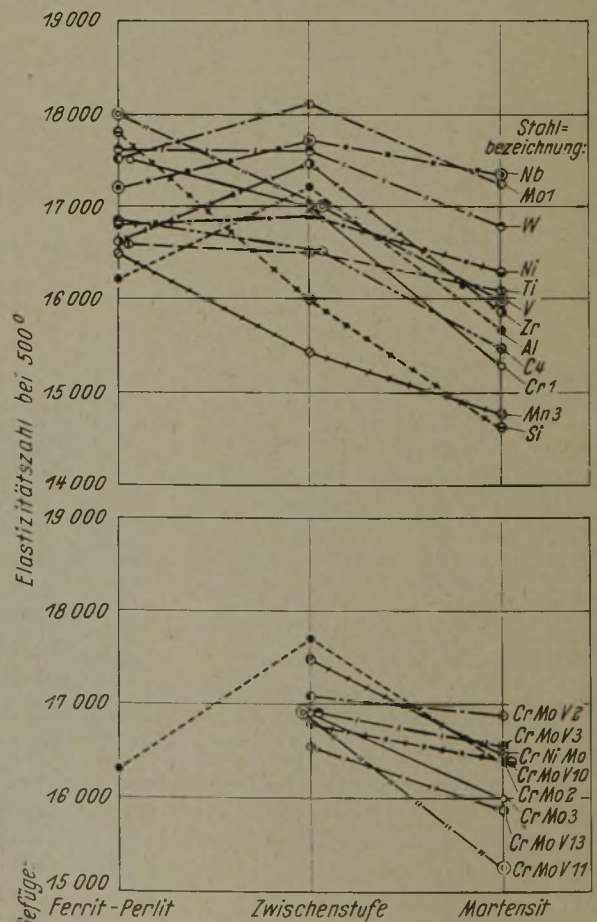


Bild 20. Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500° bei verschiedenen Arten von Umwandlungsgefügen im Vergleich zur Zugfestigkeit bei 20°.

Betriebsschmelzen des gleichen Stahles infolge kleiner Unterschiede in der Zusammensetzung, Korngröße, Seigerung usw. unvermeidlich sind.

Daß je nach der kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit und dem Vergütungsquerschnitt der untersuchten Stähle die Veränderung des Abschreckmittels in verschiedener Richtung und Stärke auf die Dauerstandfestigkeit wirken kann, hat zum Teil mit dazu beigetragen, daß trotz des Vorliegens gelegentlicher Einzelbeobachtungen<sup>7) 11) 39) 42) 46) 69) bis 73)</sup> noch keine Erklärung über den starken Einfluß der Abschreckgeschwindigkeit und besonders noch keine allgemeine Regel für seine Ausnutzung gegeben werden konnte. Erst bei Berücksichtigung der Gefügeausbildung und ihres Zusammenhangs mit den sie bedingenden Umwandlungsvorgängen in legierten Stählen läßt sich eine allgemeine Gesetzmäßigkeit auffinden, die alle diese Erscheinungen

zugleich erklären kann. Als Zusammenfassung der oben gewonnenen Ergebnisse ist in Bild 23 schematisch dargestellt, welche Abhängigkeit der Dauerstand-



Bilder 21 und 22. Einfluß des Umwandlungsgefüges auf die Elastizitätszahl verschiedener legierter Stähle bei 500°. Stahlbezeichnung nach Zahlentafel 4 bis 6.



Zahlentafel 7. Einfluß des Gefügestandes auf die Dauerstandfestigkeit von Chrom-Molybdän-Stählen in Abhängigkeit vom Chromgehalt und der Wärmebehandlung.

Stahlbezeichnung	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	Wärmebehandlung	Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500° kg/mm <sup>2</sup>	Gefüge-kennzahl <sup>1)</sup>	ASTM-Korngröße
Cr-Mo 5	0,07	0,20	0,31	0,40	0,57	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	14	1 (3) 4	1 bis 2
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	21		
						950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	25,5		
Cr-Mo 6	0,07	0,20	0,30	0,62	0,56	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	13,5	1 3/4 5/6	2
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	18,3		
						950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	24,3		
Cr-Mo 7	0,07	0,20	0,31	1,16	0,56	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	14,7	1 (3) 5/6 6	2
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	28,5		
						950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	31,0		
Cr-Mo 8	0,08	0,22	0,34	1,68	0,55	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	17,5	3 6 8	2 bis 4
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	26,8		
						950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	19,8		
Cr-Mo 9	0,10	0,28	0,38	1,88	0,55	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	27	4 6	3 bis 4
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	29		
Cr-Mo 10	0,09	0,31	0,39	2,37	0,57	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	19,2	7 10	4
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	16,9		
Cr-Mo 11	0,13	0,39	0,47	3,34	0,60	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	14,5	8 10	4
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	12,8		
Cr-Mo 12	0,10	0,37	0,36	5,80	0,57	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	9,8	10 10	5
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	8,8		
Cr-Mo 13	0,18	0,26	0,38	0,52	0,57	950°/Ofen	11,4	1 1 4 6	2 bis 3
						950° → Ofen 650°/Luft, 2 h 700°/Luft	11,5		
						950°/Luft, 2 h 700°/Luft	21		
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	31		
Cr-Mo 14	0,18	0,25	0,48	0,97	0,52	950°/Ofen	11,5	1 1 5 7	3 bis 4
						950° → Ofen 650°/Luft, 2 h 700°/Luft	13,0		
						950°/Luft, 2 h 700°/Luft	26,4		
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	28,9		
Cr-Mo 15	0,18	0,26	0,49	1,35	0,52	950°/Ofen	14,5	1 2 6 6 8 6	3 bis 4
						950° → Ofen 650°/Luft, 2 h 700°/Luft	19,4		
						950°/Luft, 2 h 700°/Luft	28,4		
						950°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	32,0		
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	23,7		
						1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	33,2		
Cr-Mo 16	0,17	0,24	0,43	1,92	0,47	950°/Ofen	13,5	1 1 7 6 8 6	3 bis 4
						950° → Ofen 650°/Luft, 2 h 700°/Luft	19,4		
						950°/Luft, 2 h 700°/Luft	20,0		
						950°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	27,5		
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	19		
						1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	27,1		
Cr-Mo 17	0,21	0,26	0,43	2,39	0,54	950°/Ofen	12,8	1 1 7 7 10 8	3 bis 4
						950° → Ofen 650°/Luft, 2 h 700°/Luft	13,2		
						950°/Luft, 2 h 700°/Luft	15,5		
						950°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	19,5		
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	12,0		
						1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	21,0		
Cr-Mo 18	0,21	0,29	0,45	3,68	0,52	950°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	15,0	10 10	4
						1100°/Bleibad 400° 2 h, 2 h 700°/Luft	14,4		
Cr-Mo 19	0,18	0,36	0,51	4,40	0,47	950°/Ofen	10,8	1 10 10	5
						950°/Luft, 2 h 700°/Luft	12,5		
						950°/Öl, 2 h 700°/Luft	12,3		
Cr-Mo-Si	0,34	1,48	0,35	6,0	0,52	1050° → 750° 10 h/Luft	8,0 <sup>2)</sup>	1 10	lamellarer Perlit
						1100°/Luft, 2 h 800°/Luft	6,5 <sup>2)</sup>		
Cr-Mo-V 14	0,19	0,10	0,43	6,27	0,36 <sup>1)</sup>	1150° → 690° 10 h/Luft, 2 h 650°/Luft	12,3 <sup>3)</sup>	1 10	lamellarer Perlit
						1150°/Öl, 2 h 700°/Luft	9,0 <sup>3)</sup>		

1) Zusätzlich 0,36% V. — 2) Prüftemperatur 550°. — 3) Prüftemperatur 570°. — 4) Vgl. Zahlentafel 3.

festigkeit von den Wärmebehandlungsbedingungen bei einem niedriglegierten Stahl zu erwarten ist, bei dem es möglich ist, die drei verschiedenen Umwandlungsarten zu erhalten. Daß außerdem die absolute Höhe der Dauerstandfestigkeit noch von zusätzlichen Legierungseinflüssen bestimmt wird, wurde bereits angedeutet. Im Rahmen dieser Arbeit ist dabei wieder besonders von Bedeutung, welchen Einfluß die Legierung auf die Gefügeausbildung im Hinblick auf die Umwandlungsnei-

gung in den drei verschiedenen Umwandlungsstufen ausübt, um die Darstellung in Bild 23 durch Angaben über geeignete Legierungsmaßnahmen zu erweitern.

#### Einfluß der Legierung auf die Dauerstandfestigkeit

Bekanntlich wird nahezu durch alle Legierungselemente die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit erniedrigt, also die Härteerhöhung erhöht. Es besteht deshalb die Möglichkeit, auch durch Steigerung des Legierungs-



Zahlentafel 8. Einfluß des Gefügestandes auf die Dauerstandfestigkeit von Chromstählen in Abhängigkeit vom Legierungsgehalt und der Wärmebehandlung

Stahlbezeichnung	% C	% Si	% Mn	% Cr	Wärmebehandlung	Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500° kg/mm <sup>2</sup>	Gefügekennzahl <sup>1)</sup>	ASTM-Korngröße
Cr 2	0,11	0,18	0,27	0,54	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	7,4	1	2 bis 3
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	6,3	4	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	5,8	7	
Cr 3	0,08	0,28	0,38	1,18	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	10,5	1/3	1 bis 2
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	14,0	5	
Cr 4	0,12	0,22	0,35	1,46	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	9,0	1	3 bis 4
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	8,8	5	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	6,5	9	
Cr 5	0,08	0,30	0,38	2,09	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	12,4	4	
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	17,0	5	
Cr 6	0,11	0,22	0,33	2,22	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	12,0	4	2 bis 4
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	9,0	6	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	7,0	10	
Cr 7	0,11	0,30	0,36	3,05	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	9,2	5	4
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	7,7	7	
Cr 8	0,07	0,32	0,34	3,11	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	22,0	5	4
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	17,0	6	
Cr 9	0,08	0,33	0,36	4,23	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	11,5	7	4
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	9,5	10	
Cr 10	0,13	0,30	0,38	4,55	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	8,0	7	4 bis 5
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	6,8	10	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	7,5	10	
Cr 11	0,21	0,25	0,35	0,49	950°/Luft, 2 h 600°/Luft	10,0	1 (+ 3)	2 bis 4
					990°/Luft, 2 h 700°/Luft	8,6	1 (+ 3)	
					950°/Öl, 2 h 600°/Luft	8,0	4	
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	7,5	4	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	6,5	8	
					1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	8,0	1/2	
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	9,0	4	
1100°/Ofen	9,1	1						
Cr 1	0,18	0,35	0,42	1,02	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	9,6	2/3	3
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	12,7	5	
					1100°/Ofen	9,0	1	
Cr 12	0,16	0,18	0,29	1,59	950°/Luft, 2 h 600°/Luft	9,8	3 (+ 10)	2 bis 5
					950°/Luft, 2 h 700°/Luft	9,0	3 (+ 10)	
					950°/Öl, 2 h 600°/Luft	9,5	6	
					950°/Luft, 2 h 700°/Luft	7,5	6	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	6,0	10	
Cr 13	0,18	0,22	0,27	1,66	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	17,5	5	2 bis 3
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	15,5	7	
					1100°/Ofen	10,3	1	
Cr 14	0,19	0,23	0,28	2,24	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	19,8	6	3
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	17,0	7	
Cr 15	0,17	0,22	0,30	2,27	950°/Luft, 2 h 600°/Luft	11,8	5	2 bis 4
					950°/Luft, 2 h 700°/Luft	9,2	5	
					950°/Öl, 2 h 600°/Luft	12,0	7	
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	7,5	7	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	6,5	10	
Cr 16	0,20	0,35	0,31	3,22	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	13,0	7	3
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	11,0	10	
					1100°/Ofen	10,5	1	
Cr 17	0,21	0,35	0,34	4,21	1100°/Luft, 2 h 600°/Luft	11,7	7	3 bis 4
					1100°/Öl, 2 h 600°/Luft	10,5	10	
					1100°/Ofen	10,0	1	
Cr 18	0,25	0,29	0,37	4,64	950°/Luft, 2 h 700°/Luft	8,5	8	4 bis 5
					950°/Öl, 2 h 700°/Luft	8,4	10	
					950°/Eiswasser, 2 h 700°/Luft	7,4	10	

1) Vgl. Zahlentafel 3.

gehaltes die Umwandlungsart und damit die Gefügeausbildung und die Dauerstandfestigkeit in ähnlicher Weise zu beeinflussen wie durch die Veränderung der Korngröße, des Abschreckmittels und des Vergütungsquer-

schnitts. Daß im einzelnen die Verhältnisse verwickelter sein können, ändert grundsätzlich nichts an der Gültigkeit dieser Tatsache, wenigstens für den Legierungs- und Temperaturbereich, in dem nach dem Zustandsschaubild eine Vergütung möglich ist.

Daß es verschiedene Wirkungsweisen eines Legierungszusatzes auf die Dauerstandfestigkeit niedriglegierter Stähle gibt, muß selbstverständlich Berücksichtigung finden. Da ihre Kenntnis im einzelnen Voraussetzung dafür ist, um aus der beobachteten Gesamtwirkung den Anteil des in diesem Falle zu untersuchenden Einflusses von Umwandlungsart, -temperatur und -gefüge richtig abschätzen zu können, sollen die wichtigsten Wirkungsweisen kurz erwähnt werden. Zunächst ist die Wirkung zu nennen, die von Art und Menge des in der ferritischen Grundmasse gelösten Legierungselementes ausgeübt wird. Sie soll nach Houdremont und Ehmcke<sup>3)</sup> der Erhöhung der Temperatur des Beginns der Rekristallisation oder der Kristallerholung von der Kaltbearbeitung durch den Legierungszusatz entsprechen. Tatsächlich ergaben Messungen der Erhöhung dieser Temperatur durch eine Reihe von Legierungssätzen im Stahl<sup>90)</sup> eine Reihenfolge der verschiedenen Elemente nach ihrer Wirksamkeit, die derjenigen nach der Stärke ihrer verbessernden Wirkung auf

die Dauerstandfestigkeit recht gut entspricht<sup>9)</sup>. Das im Mischkristall gelöste Legierungselement wirkt also offenbar in Richtung einer Abschwächung der Erholungs- oder Entfestigungsvorgänge, die beim Kriechvorgang die Verfestigungsvorgänge nicht überwiegen dürfen, wenn hohe Dauerstandfestigkeit vorhanden sein soll. Die Erhöhung der Dauerstandfestigkeit durch Legierungszusätze kann weiterhin durch Ausscheidungshärtung oder besonders bei tiefen Temperaturen durch Erhöhung der Vergütungs-

festigkeit erzielt werden. Die dadurch bedingten Kristallgitterverspannungen bewirken wahrscheinlich un-

<sup>90)</sup> Tammann, G., und C. Caglioti: Ann. Phys., Lpz., 16 (1933) S. 680/84. Tammann, G.: Z. Metallkde. 26 (1934) S. 97/105.



mittelbar eine Erhöhung des Verformungswiderstandes oder der Verfestigungsneigung beim Dauerstandversuch, zum Teil infolge Gleitbehinderung durch die Ausscheidungen, besonders wenn diese in bestimmter kritischer Verteilung vorliegen<sup>20)</sup> bis <sup>24)</sup>). Die Wirkung einer Ausscheidungshärtung durch Sonderkarbide läßt sich allerdings von der durch die Vergütung oft kaum trennen. Wenn sie durch intermetallische Verbindungen verursacht ist, z. B. durch Eisenniobid, kann sie manchmal einen noch stärkeren Einfluß ausüben als eine Vergütung oder eine Ausscheidungshärtung durch das Sonderkarbid<sup>22)</sup> <sup>23)</sup>). Da bei Elementen, die das  $\gamma$ -Gebiet abschnüren, von einem bestimmten Legierungsgehalt ab je nach der Abschrecktemperatur und dem Kohlenstoffgehalt die Vergütbarkeit verlorengeht, muß sich für diese also zwangsläufig ein Schema für die Wirkung zunehmenden Legierungsgehaltes ergeben, wie es *Bild 24* andeutet und wie es tatsächlich auch für Molybdän und Vanadin<sup>21)</sup> sowie für Titan<sup>25)</sup> <sup>26)</sup>) bestätigt werden könnte.

Bei der Zielsetzung dieser Arbeit steht nun die Frage im Vordergrund, ob und wie weit die Ausbildung des im *Bild 24* sehr schematisch angedeuteten Höchstwertes abhängig ist von der Umwandlungsart und der Gefügeausbildung, zumal da es offen bleibt, in welchem Umfange sie durch die bei stärkerer Abschnürung des  $\gamma$ -Feldes notwendige Erhöhung der Vergütetemperatur bedingt ist. Auffällig ist in diesem Zusammenhang weiterhin, daß mit steigendem Chromgehalt in Chrom-Molybdän-Stählen ein Höchstwert der Dauerstandfestigkeit bei etwa 2% Cr auftritt<sup>11)</sup> bis <sup>15)</sup> <sup>18)</sup>), ohne daß dafür eine Erklärung wie bei Molybdän, Titan und Vanadin entsprechend *Bild 24* durch den Verlust der Vergütbarkeit infolge Abschnürung des  $\gamma$ -Feldes gegeben werden kann,

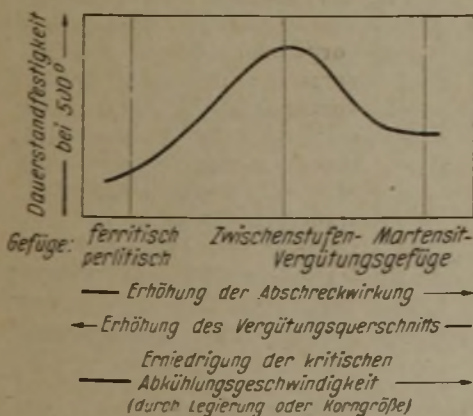


Bild 23. Schematische Darstellung des Einflusses der Gefügeausbildung auf die Dauerstandfestigkeit von Vergütungsstählen.

Zahlentafel 9. Einfluß des Gefügezustandes auf die Dauerstandfestigkeit von Molybdänstählen in Abhängigkeit vom Legierungsgehalt und der Wärmebehandlung

Stahlbezeichnung	% C	% Si	% Mn	% Mo	Wärmebehandlung <sup>1)</sup>	Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500° kg/mm <sup>2</sup>	Gefüge-Kennzahl <sup>2)</sup>	ASTM-Korngröße
Mo 2	0,09	0,22	0,21	0,27	950°/Luft	11,7	1	2 bis 4
					950°/Öl	13,0	1(3)	
					950°/Eiswasser	14,3	3 + 10	
Mo 3	0,13	0,28	0,44	0,59	950°/Luft	14,3	3	3
					950°/Öl	24,3	5	
					950°/Eiswasser	24,3	9/8	
Mo 4	0,10	0,22	0,24	1,05	950°/Ofen <sup>3)</sup>	14,5	1	2 bis 3
					950°/Luft	18,5	3	
					950°/Öl	27,5	5	
					950°/Eiswasser	24,3	9	
Mo 5	0,10	0,21	0,25	1,86	950°/Ofen <sup>3)</sup>	16,2	1	1 bis 3
					950°/Luft	24,0	3	
					950°/Öl	31,2	5	
					950°/Eiswasser	24,6	9/8	
Mo 6	0,04	0,12	0,23	2,67	950°/Ofen <sup>3)</sup>	17,0	1	6
					950°/Luft	15,5	11	
					950°/Öl	13,8	11	
					950°/Eiswasser	15,0	11	
Mo 7	0,19	0,24	0,25	0,30	950°/Luft	10,4	1/2	2 bis 3
					950°/Öl	14,6	4	
					950°/Eiswasser	14,0	9	
Mo 8	0,23	0,23	0,42	0,58	950°/Luft	17,5	4/5	3
					950°/Öl	28,5	5	
					950°/Eiswasser	23,8	10	
Mo 1	0,16	0,27	0,43	1,13	950°/Luft	23,9	4/5	3 bis 4
					950°/Öl	29,5	6	
					950°/Eiswasser	20,5	10	
Mo 9	0,21	0,22	0,23	1,70	950°/Luft	29,0	5	3 bis 4
					950°/Öl	30,0	6	
					950°/Eiswasser	19,0	10	
Mo 10	0,23	0,21	0,25	2,67	950°/Luft	25,4	4	2 bis 5
					950°/Öl	24,3	7	
					590°/Eiswasser	15,8	10	

<sup>1)</sup> Anschließend 2 h 700°/Luft. — <sup>2)</sup> Vgl. Zahlentafel 3. — <sup>3)</sup> Nicht angelassen.

weist jetzt aber auf eine Erklärungsmöglichkeit hin, wenn man zugleich die bekannte Tatsache beachtet, daß Chrom-Molybdän-Stähle mit Gehalten oberhalb 3% Cr ausgesprochene Lufthärtner werden, d. h. also infolge ihres hohen Chromgehaltes eine so starke Erniedrigung der kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit erfahren, daß sie selbst bei Luftvergütung in der Martensitstufe umwandeln.

da diese erst bei viel höherem Chromgehalt eintritt.

Die oben mitgeteilte Beobachtung, daß martensitisches Anlaßgefüge trotz seiner höheren Kaltfestigkeit in der Regel eine beträchtlich niedrigere Dauerstandfestigkeit hat als Zwischenstufengefüge,

Es lag daher nahe, diese Chrom-Molybdän-Stähle zunächst einmal auf die Wirkung des selbst bei gleicher Wärmebehandlung durch Steigerung des Chromgehaltes verursachten Wechsels des Umwandlungsvorganges von der Perlit- zur Zwischenstufe und zu Martensit in der Nähe dieses Höchstwertes der Dauerstandfestigkeit zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden zwei Reihen von Versuchsgüssen mit 0,10 und 0,20% C erschmolzen, die bei gleichem Gehalt von 0,5% Mo einen von 0 bis 6% ansteigenden Chromgehalt hatten. Sie wurden übereinstimmend von 950° in Luft, Öl oder Eiswasser abgeschreckt und 2 h bei 700° angelassen. Die Ergebnisse der Gefügeuntersuchung und der Dauerstandversuche bei 500° an diesen Stählen enthält *Zahlentafel 7*<sup>27)</sup>. Die Dauerstandfestigkeit zeigt den erwarteten Höchstwert zwischen 0,5 und 2,5% Cr (*Bilder 25 und 26*). Die oben geäußerte Vermutung, daß das Auftreten des Höchstwertes auf einen Wechsel in der Gefügeausbildung beruht, findet sich tatsächlich vollauf bestätigt, und zwar entspricht dem Höchstwert wiederum die Gefügeausbildung, die durch überwiegende Umwandlung in der Zwischenstufe entstanden ist (Kennzahl 6). Die Art der Gefügeausbildung wechselt mit



Zahlentafel 10. Einfluß des Gefügezustandes in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt auf die Dauerstandfestigkeit verschiedener technischer Stähle

Stahlbezeichnung	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% V	Wärmebehandlung	Dauerstandfestigkeit nach DVM bei 500 <sup>0</sup> kg/mm <sup>2</sup>	Gefüge-kennzahl <sup>4)</sup>
Cr-Mo 1	0,18	0,35	0,36	0,89	0,46		950 <sup>0</sup> /Luft, 2 h 700 <sup>0</sup> /Luft	27,5	5 <sup>3)</sup>
Cr-Mo 4	0,14	0,40	0,42	1,00	0,51		950 <sup>0</sup> /Luft, 2 h 700 <sup>0</sup> /Luft	20,5	1/4 <sup>3)</sup>
Cr-Mo-V 1	0,09	0,27	0,54	1,62	0,47	0,34	950 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 570 <sup>0</sup> /Luft	48,5	6
Cr-Mo-V 2	0,13	0,38	0,60	1,80	0,43	0,38	950 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 670 <sup>0</sup> /Luft	29	8
Cr-Mo-V 3	0,22	0,38	0,53	1,62	0,39	0,39	950 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 700 <sup>0</sup> /Luft	25	10
Cr-Mo-V 4	0,21	0,43	0,51	1,48	0,28	0,51	930 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 710 <sup>0</sup> /Luft	24	8
Cr-Mo-V 5	0,34	0,44	0,63	1,38	0,29	0,51	930 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 710 <sup>0</sup> /Luft	16	10
Cr-Mo-V 6	0,13	0,33	0,60	2,44	0,28	0,43	950 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 660 <sup>0</sup> /Luft	24,5	7/8
Cr-Mo-V 7	0,19	0,37	0,61	2,55	0,30	0,52	950 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 670 <sup>0</sup> /Luft	17	8
Cr-Mo-V 8	0,26	0,48	0,62	2,49	0,32	0,53	930 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 690 <sup>0</sup> /Luft	14,5	9
Cr-Mo-V 9	0,31	0,37	0,61	2,58	0,26	0,48	930 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 700 <sup>0</sup> /Luft	10,5	10
Cr-Mo-V 11	0,15	0,23	0,37	1,50	1,29	0,12	950 <sup>0</sup> /Luft, 2 h 660 <sup>0</sup> /Luft 950 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 660 <sup>0</sup> /Luft	47 32,5	6 8
Cr-Mo-V 12	0,31	0,27	0,51	1,61	1,28	0,10	950 <sup>0</sup> /Luft, 2 h 690 <sup>0</sup> /Luft 950 <sup>0</sup> /Öl, 2 h 690 <sup>0</sup> /Luft	31 20	7 10
Cr-Mo-W-V 2	0,15	0,17	0,25	2,73	0,55	0,08 <sup>1)</sup>	930 <sup>0</sup> /Luft, 2 h 700 <sup>0</sup> /Luft	23	7
Cr-Mo-W-V 3	0,20	0,35	0,38	3,30	0,65	0,14 <sup>2)</sup>	930 <sup>0</sup> /Luft, 2 h 700 <sup>0</sup> /Luft	18	10

1) 0,43% W. — 2) 0,60% W. — 3) ASTM-Korngröße 3. — 4) Vgl. Zahlentafel 3.

fallenden Dauerstandfestigkeiten und Chromgehalten unterhalb des Höchstwertes nach ferritisch-perlitischem Gefüge hin (Kennzahl 1). Bei höheren Chromgehalten oberhalb des Höchstwertes tritt dann erwartungsgemäß martensitisches Anlaßgefüge mit niedriger Dauerstandfestigkeit auf (Kennzahl 10). Bei höherer Abkühlgeschwindigkeit verschiebt sich der Höchstwert zu niedrigeren Chromgehalten.

In gleicher Richtung wirkt sich auch die Erniedrigung der kritischen Abkühlgeschwindigkeit durch Steigerung des Kohlenstoffgehaltes von 0,1 auf 0,2% aus. Es wurde zur Erhärtung dieser Tatsache noch versucht, durch Warmbadvergütung in einem Bleibad von 400° auch bei einigen der lufthärtenden Stähle höheren Chromgehaltes Zwischenstufenumwandlung zu erzwingen und damit ihre Dauerstandfestigkeit zu erhöhen. In der Reihe mit 0,2% C gelang das zum Teil auch bei Chromgehalten bis zu etwa 2,5% (Bild 26). Bei noch höheren Chromgehalten war es jedoch nicht möglich, durch Halten im Bleibad von 400° die Umwandlung in der Zwischenstufe herbeizuführen, sondern die Umwandlung erfolgte immer erst nach der weiteren Abkühlung bei etwa 200° zu Martensit. Bei Ofen-

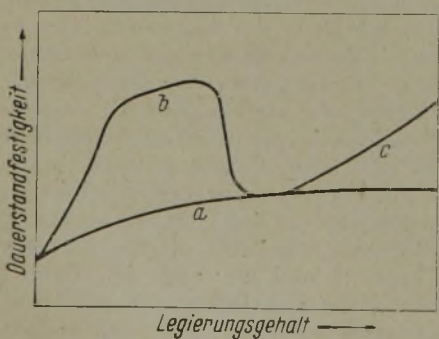
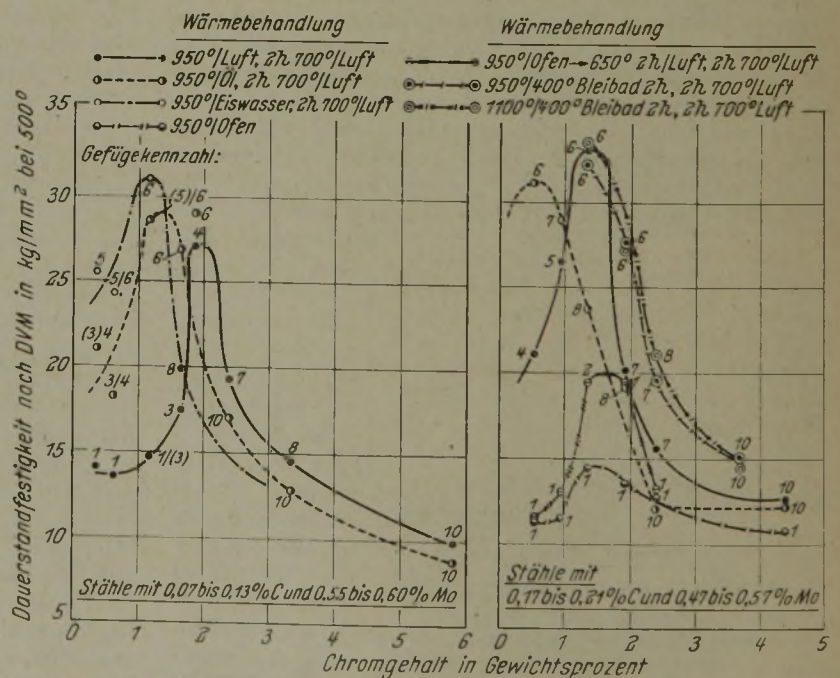


Bild 24. Schematische Darstellung der Wirkung von Legierungszusätzen auf die Dauerstandfestigkeit von Stahl  
a) durch das im Ferrit gelöste Legierungselement  
b) durch Vergütung und Ausscheidungshärtung infolge von Sonderkarbiden  
c) durch Ausscheidungshärtung infolge intermetallischer Verbindungen.

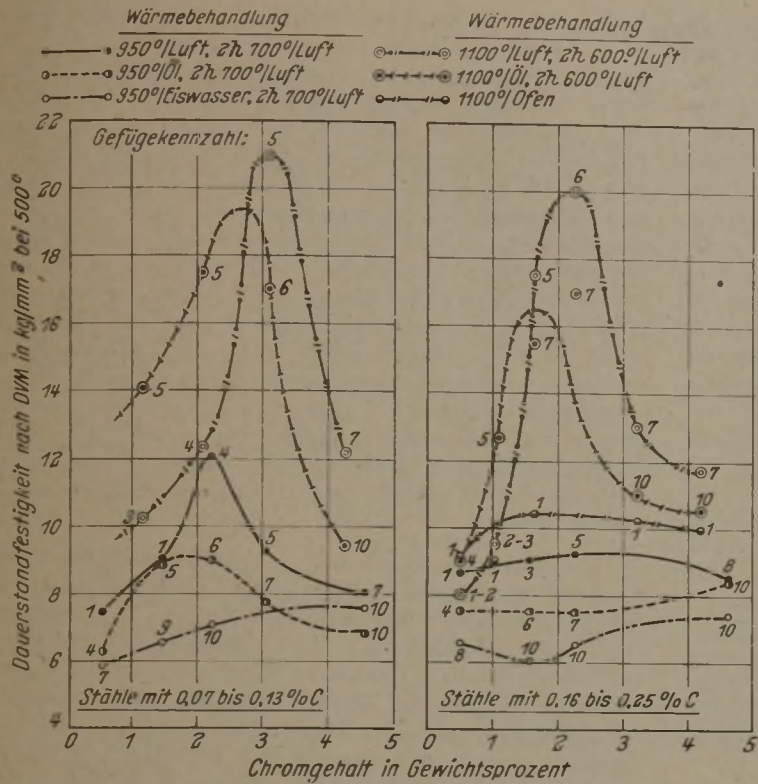
abkühlung oder durch Stufenvergütung mit Halten bei 650° konnte dagegen die Umwandlung in der Perlitstufe herbeigeführt werden. Bei Ofenabkühlung wurde ebenfalls ein schwacher Höchstwert bei etwa 1,5% Cr beobachtet (Bild 26), der teilweise auf der günstigen Wirkung der hier auftretenden Widmannstättenschen Anordnung beruhen könnte (Kennzahl 2). Es sei noch erwähnt, daß die bei der Reihe mit 0,1% C zu beobachtende starke Streuung der Dauerstandfestigkeit bei den Stählen unterhalb des Höchstwertes auf die Empfindlichkeit zurückzuführen ist, mit der die Verschiebung der Anteile an Zwischenstufengefüge und an ferritisch-perlitischem Gefüge durch geringe Unterschiede in der Zusammensetzung und der Korngröße veranlaßt wird.

Bei entsprechenden Untersuchungen an molybdänfreien Chromstählen wurden die Höchstwerte beim Zwischenstufengefüge nicht in dem ausgesprochenen Maße wie bei den Chrom-Molybdän-Stählen erhalten, wenn die gleichen Vergütungs- und Anlaßtemperaturen gewählt wurden. Die Dauerstandfestigkeiten der Chromstähle liegen sämtlich niedriger (Zahlentafel 8). In der Reihe mit 0,10% C waren die Höchstwerte der Dauerstandfestigkeit bei 2 bis 2,5% Cr sowohl in Luft- als auch in Ölvergütung von 950° und nachfolgendem Anlassen auf 700° noch deutlich vorhanden (Bild 27). Bei der Reihe mit 0,2% C waren jedoch nach dieser Wärmebehandlung kaum noch Unterschiede in der Dauerstandfestigkeit zu erkennen, obgleich mit steigendem Chromgehalt die Umwandlung von Ferrit-Perlit zur Zwischenstufe und Martensit übergang (Bild 28). Offenbar ist bei der geringeren Anlaßbeständigkeit der molybdänfreien Chromstähle die gewählte Anlaßtemperatur von 700° bereits zu hoch<sup>87)</sup>, weil der



Bilder 25 und 26. Einfluß des Chromgehaltes auf den Gefügezustand und die Dauerstandfestigkeit von Stählen mit rd. 0,5% Mo bei verschiedener Wärmebehandlung.





Bilder 27 und 28. Einfluß des Chromgehaltes auf den Gefügezustand und die Dauerstandfestigkeit von Stählen bei verschiedener Wärmebehandlung.

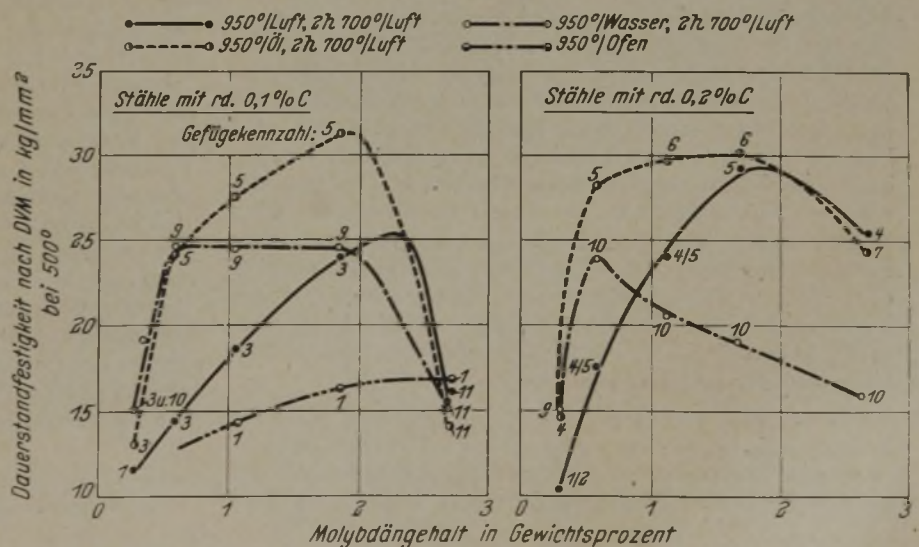
Stahl mit 0,2 und 1% Cr (Zahlentafel 4, Bilder 10 bis 12, 19 und 20) in der Vergütung von 1100° in Luft, Eiswasser oder Blei von 400° nach dem Anlassen auf Temperaturen von nur 600 bis 650° noch sehr erhebliche Unterschiede der Dauerstandfestigkeit in den verschiedenen Gefügezuständen aufgewiesen hatte. Auch die Absolutwerte seiner Dauerstandfestigkeit lagen infolge der höheren Vergütungs- und niedrigeren Anlaßtemperatur wesentlich höher als in der bei diesen Versuchen angewendeten technisch mehr bedeutungsvollen Behandlung: 950°/Luft + 2 h 700°/Luft. Die Dauerstandversuche wurden daher an einigen Stählen noch einmal in der Behandlung: 1100°/Luft oder Öl + 2 h 600°/Luft wiederholt. Es bestätigte sich, daß dann der Höchstwert wieder bei vorwiegendem Zwischenstufengefüge in Erscheinung tritt. Bei den Chromstählen macht sich übrigens oft noch die Feinausbildung des Zwischenstufengefüges bemerkbar, die in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und der Wärmebehandlung Unterschiede in der Größe und der streifigen oder körnigen Anordnung der Karbide erkennen läßt<sup>91)</sup>.

Wenn bei den Chrom-Molybdän- und den Chromstählen der Zusammenhang der Dauerstandfestigkeit mit der Art des Umwandlungsgefüges auch durchaus unseren Erwartungen entspricht, so sei hier doch wenigstens kurz darauf hingewiesen, daß nach dem Zustandsschaubild Eisen-Chrom-Kohlenstoff<sup>91)</sup> zwischen 2 und 3% Cr ein Wechsel in der Zusammensetzung der Karbidphasen auftritt. Es wäre also denkbar, daß ein zusätzlicher Einfluß auf die Dauerstandfestigkeit bewirkt wird da-

durch, daß sich je nach dem Chromgehalt und gegebenenfalls auch je nach der Umwandlungsart verschiedene Karbidarten in der Perlitstufe, in der Zwischenstufe oder beim Zerfall des Härtungsgefüges ausscheiden und daß diese unterschiedliche Eigenschaften haben, die sich z. B. in der Neigung zur Zusammenballung, sonstigen Diffusions- oder Ausscheidungs Vorgängen beim Anlassen oder noch während des Dauerstandversuchs auswirken könnten.

Weiterhin wurden noch Untersuchungen an Molybdänstählen mit 0,10 bis 0,20% C und bis zu 2,7% ansteigendem Molybdängehalt durchgeführt (Zahlentafel 9). Die Fragestellung war hier wieder, ob und in welcher Weise sich der im schematischen Bild 24 wiedergegebene Höchstwert der Dauerstandfestigkeit durch eine Vergütungsbehandlung abwandelt je nach der Art des Umwandlungsvorganges. Bei der wieder mit 950° gewählten Vergütungstemperatur war bei 2,7% Mo schon unvollkommene Härtung zu erwarten, da man sich bei 0,10% C und 2,7% Mo bei 950° schon nicht mehr im reinen  $\gamma$ -Gebiet, sondern infolge der das  $\gamma$ -Feld einschnürenden Wirkung des Molybdäns bereits im  $(\gamma + \alpha)$ -Gebiet befindet. Bei diesen höheren Molybdängehalten war daher bei 0,1% C schon der im Bild 24 angedeutete Abfall der Dauerstandfestigkeit zu erwarten, bei 0,2% C dagegen noch nicht. Die Abkühlung von 950° wurde in Luft, Öl oder Eiswasser vorgenommen. Anschließend wurde in allen Fällen 2 h bei 700° angelassen<sup>92)</sup>. Einige Stähle wurden auch im Ofen abgekühlt, um einen Anhalt über die Stärke der Wirkung des im Ferrit gelösten Molybdäns zu erhalten.

Molybdän ergibt bei geeigneter Wärmebehandlung sehr schön ausgeprägtes Zwischenstufengefüge. Aus den Bildern 29 und 30 ist zu erkennen, daß bei Ölvergütung die Stähle mit 0,5% Mo schon überwiegend aus Zwischenstufengefüge mit hoher Dauerstandfestigkeit bestehen. Mit steigendem Molybdängehalt steigt dann die Dauerstandfestigkeit besonders in der Reihe mit 0,2% C zwischen 0,6 und 1,7% Mo mit fast reinem Zwischenstufengefüge kaum noch an und sinkt erst bei 2,7% Mo ab, und zwar auch beim Stahl mit 0,2% C infolge Auftretens von etwas Martensit, dagegen beim Stahl mit 0,1% C infolge seiner unvollständigen Härbarkeit. In Luftvergütung steigt die Dauerstandfestigkeit entsprechend dem langsamer zunehmenden Anteil an Zwischenstufengefüge nicht so steil an wie bei Ölvergütung, erreicht mit nur 30% Zwischenstufen-



Bilder 29 und 30. Einfluß des Molybdängehaltes auf den Gefügezustand und die Dauerstandfestigkeit von Stählen bei verschiedener Wärmebehandlung.

<sup>91)</sup> Tofaute, W., C. Küttner und A. Büttinghaus: Arch. Eisenhüttenw. 9 (1935/36) S. 607/17 (Werkstoffaussch. 343). Techn. Mitt. Krupp 4 (1936) S. 181/94.



gefüge bei 1,7 % Mo und 0,1 % C aber nahezu die gleiche Dauerstandfestigkeit der ölvergüteten Stähle mit reinem Zwischenstufengefüge. Bei 2,7 % Mo tritt dann wieder unvollständige Härbarkeit ( $\delta$ -Ferrit) und Absinken der Dauerstandfestigkeit ein. Nach Wasservergütung erhält man schon bei 0,3 % Mo Martensit neben wenig Zwischenstufengefüge und Ferrit. Mit steigendem Molybdängehalt steigt die Dauerstandfestigkeit des reinen martensitischen Anlaßgefüges, ohne die hohen Werte des Zwischenstufengefüges zu erreichen, zunächst steil an, bleibt aber bei der Reihe mit 0,10 % C zwischen 0,6 und 1,7 % Mo bei martensitischem Anlaßgefüge nahezu auf dem gleichen Wert, um dann bei 2,7 % Mo bei ferritisch-martensitischem Mischgefüge (Bild 18) wieder abzusinken. Bei der Reihe mit 0,2 % C fällt die Dauerstandfestigkeit der martensitischen Stähle mit 0,6 bis 2,7 % Mo sogar ziemlich gleichmäßig ab. Die Ursache des Abfalls konnte nicht geklärt werden. Die Unterschiede der Dauerstandfestigkeit der Molybdänstähle bei den verschiedenen Gefügearten sind also ebenfalls sehr augenfällig, und es ist zur völligen Ausnutzung des Molybdängehaltes die Anwendung der für hohe Dauerstandfestigkeit am besten geeigneten Wärmebehandlung auf Zwischenstufengefüge besonders anzuraten, zumal da die Kaltfestigkeitswerte und die Kerbschlagzähigkeiten<sup>87)</sup> der über die Zwischenstufe oder über Martensit vergüteten Stähle kaum Unterschiede zeigen.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß sich der Kurvenverlauf in den Bildern 25 bis 30 nicht grundsätzlich verändert, wenn an Stelle der absoluten Dauerstandwerte das Verhältnis Dauerstandfestigkeit zur Zugfestigkeit<sup>87)</sup> bei 20° aufgetragen wird. Ebenso wie bei den Stählen in den Bildern 19 und 20 überwiegt also auch hier der Einfluß der Art der Gefügeausbildung den der Vergütungsfestigkeit auf die Dauerstandfestigkeit.

Der an diesen Beispielen nachgewiesenen Wirkung des Legierungsgehaltes auf die Gefügeausbildung und die Dauerstandfestigkeit als Folge der Beeinflussung der Umwandlungsneigung in den verschiedenen Umwandlungsstufen ist in dem schematischen Schaubild 23 durch Berücksichtigung der Veränderung der kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit durch Legierung Rechnung getragen.

Die Anwendbarkeit der auf Grund dieser Erkenntnisse gewonnenen Richtlinien soll noch an einigen Beispielen für die Entwicklung technischer Stähle günstigster Dauerstandfestigkeit belegt werden. Zahlentafel 10 zeigt zunächst am Beispiel der Chrom-Molybdän-Röhrenstähle 1 und 4, wie durch Steigerung des Kohlenstoffgehaltes bei den gleichen, aus technischen Gründen oft nicht wesentlich abzuändernden Erschmelzungs- und Wärmebehandlungsbedingungen ein Uebergang vom ferritisch-perlitischen Gefüge zum Zwischenstufengefüge und dadurch eine Erhöhung der Dauerstandfestigkeit herbeigeführt werden kann. Es folgen dann mehrere Reihen von Chrom-Molybdän-Vanadin-Stählen, bei denen im Gegensatz dazu in der notwendigen Ölvergütung eine Steigerung des Kohlenstoffgehaltes die Dauerstandfestigkeit vermindert, da bei ihnen dadurch die Umwandlung von der Zwischenstufe zu Martensit verlagert wird. Diese Beispiele ließen sich beliebig vermehren, auch für die Wirkung anderer Legierungselemente.

Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, daß die Zusammenhänge bei mehrfach legierten Stählen nicht immer so einfach und anschaulich sind wie bei den Reihen in Zahlentafel 7 bis 10 und den Bildern

25 bis 30, da eine Veränderung des Legierungsgehaltes auch in anderer Weise auf die Dauerstandfestigkeit einwirken kann. Von den oben beschriebenen sind diese Fälle durch eine Gefügeuntersuchung, d. h. durch Nachweis des Fehlens der kennzeichnenden Gefügeunterschiede, zu unterscheiden. Abgesehen von der schon erwähnten Wirkung einer Abschnürung des  $\gamma$ -Feldes oder der Erhöhung der Lösungstemperaturen der Sonderkarbide kann z. B. durch Senkung des Kohlenstoffgehaltes oder dessen Abbindung durch starke Sonderkarbidbildner wie Titan die Menge der in der Grundmasse gelösten anderen Legierungselemente erhöht werden und somit auch die Dauerstandfestigkeit des  $\alpha$ -Mischkristalls verbessert werden<sup>82)</sup>. Gleichzeitig kann dabei die Dauerstandfestigkeit unter Umständen auch durch Vermehrung des zur Ausscheidungshärtung im Ferrit zur Verfügung stehenden Anteils eines Legierungselementes, z. B. durch EisenNiobid-Aushärtung oder dergleichen<sup>85)</sup>, erhöht werden.

Zusammenfassend ist zum Einfluß der Legierung auf die Dauerstandfestigkeit von niedriglegierten Stählen folgendes festzustellen. Nach den im Schrifttum bisher angegebenen Gesetzmäßigkeiten (Bild 24) soll mit steigendem Gehalt an Sonderkarbidbildnern die Dauerstandfestigkeit infolge Zunahme der Ausscheidungshärtung und der Vergütungsfestigkeit sowie der Wirkung des in der Grundmasse gelösten Legierungselementes so lange anwachsen, bis mit dem Verlust der Vergütbarkeit ein Abfall eintritt, dem, abgesehen von der geringen gleichmäßigen Wirkung des gelösten Legierungselementes, gegebenenfalls noch ein erneuter Anstieg infolge Ausscheidungshärtung durch intermetallische Verbindungen folgen kann. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen nun aber, daß die Abhängigkeit der Dauerstandfestigkeit in dem technisch wichtigsten Bereich der vergütbaren Stähle nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen durch diese Regel richtig wiedergegeben wird. Selbst bei übereinstimmenden Wärmebehandlungsbedingungen, wie Vergütungstemperatur, -querschnitt, Abschreckmittel und Anlaßtemperatur hat sie keine allgemeine Gültigkeit, sondern es tritt oft mit der Steigerung des Legierungsgehaltes auch innerhalb des Bereiches einwandfreier Vergütbarkeit eine Abnahme der Dauerstandfestigkeit ein, nämlich dann, wenn dadurch die Umwandlung von der Zwischenstufe zum Martensit verlagert wird. Ueber die Abhängigkeit der Dauerstandfestigkeit vom Legierungsgehalt ist daher eine eindeutige Vorhersage nur bei gleichzeitiger Berücksichtigung der auch bei gleicher Wärmebehandlung eintretenden Veränderungen der Umwandlungsvorgänge möglich. Die durch Aenderung der Wärmebehandlungsbedingungen erzielbaren Veränderungen der Gefügeausbildung und der Dauerstandfestigkeit können einerseits so groß sein, daß sie den Einfluß einer Aenderung des Legierungsgehaltes manchmal ganz wesentlich überdecken. Richtung und Stärke der Veränderung der Dauerstandfestigkeit durch beide Einflußgrößen gleichzeitig sind andererseits weitgehend von der Beziehung zwischen tatsächlicher Abschreckgeschwindigkeit und der durch den Legierungsgehalt gleichzeitig veränderten kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit abhängig. Die wirklichen Verhältnisse lassen sich daher nur durch solche allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten beschreiben, die die verschiedene Gefügeausbildung nach den drei möglichen Umwandlungsarten in Abhängigkeit von Legierung und Wärmebehandlung gleichzeitig berücksichtigen (Bild 23).

[Schluß folgt.]

<sup>82)</sup> Schweiz. Patent 150 984 vom 19. Juli 1930.



## Umschau

### Gummi als Federungselement für Kranlaufräder mit großen Raddrücken

Im Schienenfahrzeugbau sind bereits seit mehreren Jahren gummigefederte Laufräder verwendet worden, die sich z. B. bei Straßenbahnen gut bewährt haben<sup>1)</sup>. Wenn man im Kranbau bisher die Verwendung von Gummi als Federungselement für Laufräder noch nicht ernsthaft in Erwägung zog, so ist der Grund hierfür wohl darin zu suchen, daß man in Unkenntnis der technischen Eigenschaften dem Gummi die Uebertragung großer Radlasten nicht zumutete, zumal da die Abmessungen der Gummischeiben mit der Größe und Konstruktion der Räder begrenzt sind.

Die von einem Hüttenwerk gestellte Aufgabe, einen schon mehrere Jahre in Betrieb befindlichen Laufkran von 13 t Tragfähigkeit und 19,7 m Stützweite mit einem Rad-

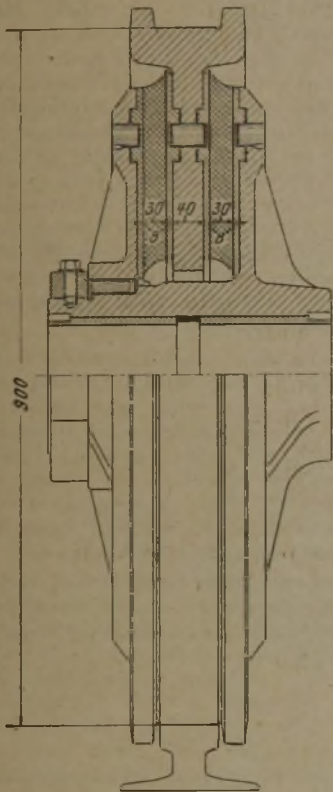


Bild 1. Kranlaufrad für 32 t Raddruck mit Federung durch eingebaute Perbunan-Scheiben.

gestellt, während Bild 2 die Einzelteile zeigt, die so aufgestellt sind, wie sie nacheinander auf den ganz rechts stehenden Laufradkörper mit Radnabe aufgeschoben und zum Schluß mit der links stehenden Mutter fest aufeinander gepreßt werden.

1. Der eigentliche Radreifen ist das einzige Teil des ganzen Laufkranes, das nicht abgefedert ist. Damit ist das Verhältnis des gefederten zum ungefederten Gewicht so günstig wie überhaupt möglich gestaltet.

2. Die beiden Perbunan-Scheiben P mit beiderseits bei der Vulkanisation fest verbundenen Stahlscheiben St. Die Stahlscheiben zeigen einen angedrehten Ring R, der sich in die ringförmigen Ausdrehungen des Radreifens und der Radkörper strammstehend einlegt, damit die Radlasten einwandfrei auf die einzelnen Scheiben übertragen werden.

3. Der Radkörper mit der Radnabe, auf deren Ende ein Gewinde G für die Mutter geschnitten ist. An diesem Radkörper kann in üblicher Art ein Zahnkranz Z angeschraubt werden.

4. Die Radscheibe mit auf der Innenseite ringförmiger Ausdrehung für den Ring R.

<sup>1)</sup> Vgl. Prasse, W.: Wirtschaft und Technik im Transport. Zwischenheft 1940/41.

<sup>2)</sup> Vgl. Roelig, H.: Werkst. u. Betr. 72 (1939) S. 293/96.

5. Die Mutter, die nach dem Aufschieben der Einzelteile diese zusammenhält und fest aufeinanderpreßt.

6. Mitnehmerbolzen, je drei am Umfang, die dazu dienen, mit Sicherheit die Drehmomente auf die einzelnen Scheiben des Rades zu übertragen. Teilweise wird das Drehmoment schon durch die von der Mutter erzeugte Pressung zwischen den einzelnen Teilen übertragen.

Die Prüfung der fertigen Laufräder, die sich vorläufig der hohen Raddrücke wegen nur auf statische Belastungen erstrecken konnte, ergab bei einer Belastung von 48 t eine Durchfederung von 16 mm. Die spezifische Schubspannung des Perbunan bei dieser 50%igen Ueberlastung beträgt 6 kg/cm<sup>2</sup>. Die Gummimetallhaftung hat diese Prüfung bestanden. Es besteht damit keine Befürchtung, daß sich die Laufräder im Betrieb nicht bewähren sollten, wenn auch über die Laufeigenschaften und Festigkeiten bei der dynamischen Beanspruchung und der auftretenden Walkarbeit während des Kranfahrens, wobei noch mit Fahrwiderständen und Bremskräften zu rechnen ist, ein endgültiges Urteil nicht abgegeben werden kann.

Die beachtenswerten Vorteile, die mit der Verwendung von gummigefederten Laufrädern im Kranbau zu erreichen sind, bestehen:

1. in der Stoßdämpfung, die z. B. bei Laufkränen noch dadurch gesteigert werden kann, daß nicht nur die Räder des Laufkranes, sondern auch die Räder der auf dem Kran fahrenden Katze als gummigefederte Laufräder ausgeführt werden. Die Stoßdämpfung berechtigt den Statiker, in der Berechnung nicht allein für das Krangerüst, sondern auch für die den Kran tragenden Konstruktionen, z. B. Hochbahnstützen und -träger, Fahrbahnträger auf Hallenstützen und für diese Stützen selbst, ferner für Dachbinder, an denen Fahrbahnen aufgehängt sind, usw. geringere Stoßzahlen einzusetzen. Hiermit lassen sich besonders bei ausgedehnten Anlagen, wie bei hohen und langen Hochbahnen, bei Verladebrücken mit großen Abmessungen, bei Drehkränen mit langen Auslegern usw., bedeutende Gewichtsersparnisse erreichen.

2. in der Geräuschdämpfung, die besonders bei in Hallen laufenden Kränen von der Belegschaft angenehm empfunden werden dürfte.

3. in der einfacheren Anordnung des Antriebes, da bei gummigefederten Laufrädern der Zahneingriff des Ritzels mit dem Zahnkranz am Laufrad immer gewahrt bleibt, weil hierbei nur das letzte Glied, und zwar nur der eigentliche Radreifen, seine Lage zum ganzen Kran infolge der Federung ändert. Bei der Abfederung von Katzen, Kränen und Bunkerwagen mittels Stahlfedern liegt diese Fede-

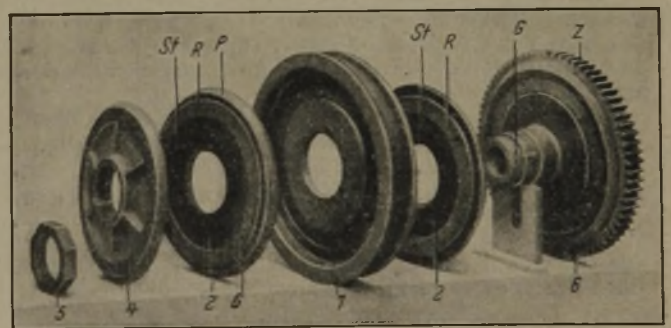


Bild 2. Einzelteile des gummigefederten Kranlaufrades.

rung immer zwischen dem Laufgestell oder der Laufachse und dem Kran- oder Wagengerüst. Damit der Zahneingriff hierbei gewahrt bleibt, muß der Antrieb für den Ausgleich der Federwege auf einer Schwinde gelagert sein. Diese Schwinde fällt bei gummigefederten Laufrädern ganz fort.

4. Durch die Stoßdämpfung werden nicht allein die Stahlkonstruktionen, sondern auch die mechanischen Teile und die elektrischen Ausrüstungen und Installationen weitgehend geschont.

Die Mehrkosten für die gummigefederten Laufräder gegenüber den bisher üblichen starren Ausführungen dürften sich demnach wohl in den meisten Fällen durch die Gewichtsersparnisse an fast allen übrigen Bauteilen ausgleichen lassen. Bei großen Anlagen sind sicher Kosten- und Werkstoffersparnisse zu erreichen.



Da zur Zeit synthetischer Gummi weitgehend für kriegswichtige Zwecke verwendet wird, ist an eine umfangreiche Umstellung auf gummigefederte Laufräder nicht zu denken. Von großem Wert für die weitere Entwicklung dieser Konstruktion in Friedenszeiten werden aber die Versuche sein, die bis dahin mit den vier eingebauten gummigefederten Rädern für den beachtenswerten Raddruck von 32 t gemacht worden sind.  
Karl Idel, Duisburg.

### Wärmewirtschaft und Betriebsblindheit (Teil I)

Das Naheliegende und Selbstverständliche wird oft übersehen. Es ist nicht nur ein Sprichwort, sondern eine sich nie erschöpfende, tägliche Erfahrung, daß der Mensch den „Wald vor Bäumen nicht sieht“.

Wie oft wird es z. B. übersehen, wenn die Ursache ungenügender Ofenleistung in einem zu kleinen, bis an die Grenze seiner Leistungsmöglichkeit beanspruchten Gebläse liegt. Ebenso, wenn zwar das Gebläse genügend groß ist, aber große Windverluste zwischen ihm und dem Gaserzeuger oder Ofen auftreten. Und wie groß sind die Windverluste mitunter, ohne daß sie bemerkt werden!

Das Erkennen und Ausschalten derartigen „Kleinigkeiten“, die nicht nur die Ursache eines zu hohen Energie- und Brennstoffverbrauchs, sondern auch einer Minderleistung sind, erscheint wichtiger als kostspielige Umstellungen auf eine „neuzeitliche“ Bauart der Betriebseinheiten. Ehe man daran geht, eine Betriebsanlage abzureißen und durch eine neue Ausführung zu ersetzen, sollte man erst prüfen, ob die alte Anlage nicht mit billigen Mitteln, z. B. auch organisatorischen, erheblich verbessert werden kann oder aber bei einem Neubau auch die betriebsorganisatorischen und die kleineren baulichen Vorbedingungen ganz erfüllt sind, die für einen störungslosen und wirtschaftlichen Betrieb der bestehenden Anlage erfüllt werden müssen. Man muß bedenken, daß auch an einer mit großen Kosten errichteten neuen Anlage Bedienungs-, Instandhaltungs- und mindestens „kleine“, aber sehr nachteilige bauliche Fehler vorkommen können. Wenn man aber derartige Fehler an der alten Anlage nicht bemerkt hat, dann wird man sie auch bei der neuen Anlage nicht merken. Die Folge wird dann sein, daß die Vorteile der neuen Anlage schlecht ausgenutzt werden.

Wichtiger als Planung und Einleitung von Neubauten zum Ersatz veralteter Anlagen ist es daher, daß man sich und alle seine Mitarbeiter dazu erzieht, Fehler, Män-

gel und Störungsquellen zu sehen oder, wo sie unsichtbar sind, ihre Möglichkeit sich vorbeugenderweise zu überlegen und sie aufzuspüren. Es ist hierfür notwendig, sich der Gefahr der Betriebsblindheit stets bewußt zu sein, dieses Bewußtsein zu erhalten und diese Gefahr durch Selbsterziehung zu bekämpfen. Es kommt dabei darauf an, sich bewußt zu werden,

daß auch das ehrwürdige Ueberlieferte nicht frei von Fehlern ist, und daß man diese Fehler nur findet, wenn man an ihre Möglichkeit denkt und die Fehler und Mängel sucht;

daß Mängel, die zu beseitigen eine Kleinigkeit ist, darum noch lange keine Kleinigkeiten sind, die man beschönigen oder gering schätzen muß;

daß überall dort, wo es sich um Ersparnismöglichkeiten oder sogar um die Vermeidung von Störungsmöglichkeiten handelt, man grundsätzlich nicht von „Kleinigkeiten“ reden und sich nicht mit Entschuldigungen beruhigen darf.

Man nehme sich vor, von Zeit zu Zeit regelrecht auf die Jagd nach derartigen „Kleinigkeiten“ zu gehen. Man nehme sich auch als Werks- und Abteilungsleiter wenigstens ein- oder zweimal im Monat die Zeit, sich den Zustand sämtlicher Betriebseinrichtungen genau auf solche Kleinigkeiten anzusehen, und man überlege sich die Zusammenhänge, die zu Verlusten und Störungen führen können. Man bespreche diese Ueberlegungen mit der Gefolgschaft und halte sie dazu an, auf alle Verlust- und Störungsmöglichkeiten stets zu achten und sich die Möglichkeiten ihres Auftretens zu überlegen, auch wenn sie noch nicht merkbar aufgetreten sein sollten. Es ist gar nicht so einfach, die vielen schädlichen „Kleinigkeiten“ dieser Art einigermaßen vollständig zu erfassen. Darum ist es gut, wenn sich möglichst viele Augen und Köpfe an dieser Aufgabe beteiligen.

Man darf die Aufgabe nicht als erschöpft ansehen, wenn man die verlangte Tonnenzahl in der Woche erreicht und die Güteforderungen erfüllt hat, oder wenn man außerdem nach eigener Meinung mit dem Brennstoff- und Stromverbrauch einigermaßen „vertretbare“ Zahlen erreicht, besonders beim Vergleich mit anderen Betrieben, bei denen die Verhältnisse „auch nicht besser“ sind. Vermeidbare Verluste dürfen selbst dann nicht geduldet werden, wenn die Wirtschaftlichkeit des Betriebes an sich bereits gut ist.

In den nächsten Heften von „Stahl und Eisen“ sollen einige Beispiele aus dem Betrieb der Siemens-Martin-Oefen, aus den Walzwerken und Schmiedebetrieben sowie aus den Hammerwerken gebracht werden.

## Patentbericht

Kl. 42 k, Gr. 20<sup>03</sup>, Nr. 733 483, vom 1. Juli 1941. Ausgegeben am 27. März 1943. Gerhard Adler in Hamburg-Finkenwärder. (Erfinder: Gerhard Adler in Hamburg-Finkenwärder.) *Verfahren zum Sichtbarmachen von Oberflächenfehlern.*

Die zu prüfende Oberfläche wird mit festen, flüssigen, dampf- oder gasförmigen Fluoreszenzstoffen behandelt, die in die Oberflächenrisse, Falten und Fehlstellen eindringen. Nach Entfernung des überflüssigen Fluoreszenzstoffes wird die Oberfläche der Einwirkung kurzweilliger, z. B. ultravioletter Strahlen ausgesetzt, so daß die in den Fehlstellen verbliebenen Reste des Fluoreszenzstoffes aufleuchten und die Fehlstellen dadurch erkennbar werden.

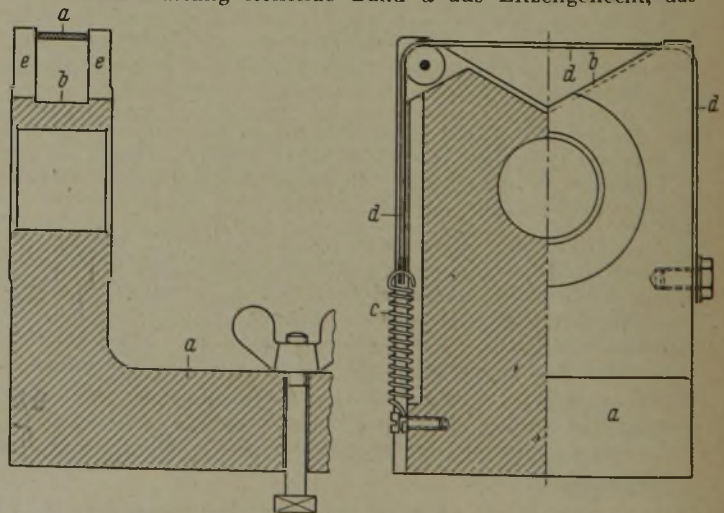
Kl. 49 h, Gr. 34<sup>02</sup>, Nr. 734 197, vom 1. Januar 1942. Ausgegeben am 20. April 1943. Fried. Krupp Germaniaerwerft AG. in Kiel-Gaarden. (Erfinder: Dipl.-Ing. Arthur Peters in Kiel-Gaarden.) *Verfahren zum Herstellen einer Auflage von warmfester Bronze bei schweißbrümpfindlichen Stählen, insbesondere Chrom- oder Kupfer-Molybdän-Stahlguß.*

Der Grundwerkstoff erhält zunächst durch Schweißung eine Auflage von nichtrostendem Stahl. Hierauf wird nach spanabhebender Bearbeitung der Oberfläche eine dünne Schicht Kupfer nach dem Arcatomschweißverfahren aufgetragen und anschließend die warmfeste Bronze in üblicher Weise aufgebracht.

Kl. 42 k, Gr. 20<sup>03</sup>, Nr. 733 484, vom 5. März 1939. Ausgegeben am 30. März 1943. Ernst Heubach Maschinen- und Gerätebau in Berlin-Tempelhof. (Erfinder: Dr.-Ing. Eberhard Schmid in Mahlow, Bez.

Potsdam.) *Prüfgerät für die magnetische Werkstoffuntersuchung.*

Das Prüfgerät besteht aus den verschiebbaren Backen *a*, die im oberen Teil eine Kerbe *b* zur Aufnahme des Prüflings haben. Die Zuführung des Magnetisierungsstromes erfolgt durch das unter Spannung der Zugfeder *c* oder unter Gewichtbelastung stehende Band *d* aus Litzengeflecht, das

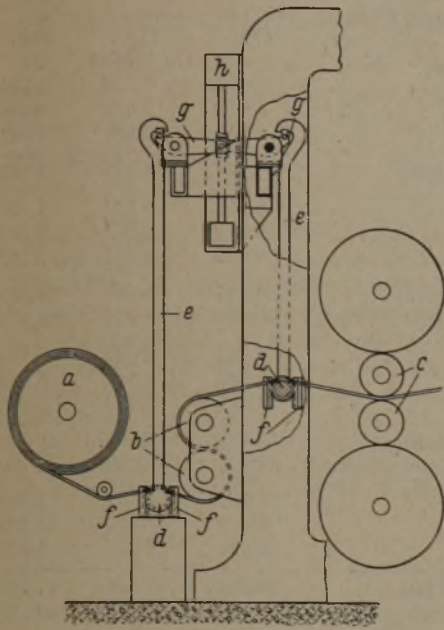


durch seitliche Rippen *e* geführt ist und sich beim Einlegen des Prüflings in die Kerbe an den Prüfling anschmiegt und dadurch einen sicheren Kontakt für den Stromübergang schafft.



Kl. 7 a, Gr. 12, Nr. 733 412, vom 29. Oktober 1939. USA-Priorität vom 28. Oktober 1938; ausgegeben am 2. April 1943. Siemens-Schuckertwerke AG. in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Gerhard P. Lessmann in Wilkinsburg, V.St.A.)

Spannvorrichtung für bandförmiges Walzgut in Walzwerken.



Das vom Vorrathspindel *a* abgewickelte Band wird über die Rollen *b* einem oder mehreren Walzenpaaren *c* zugeführt und auf einen zweiten Haspel aufgewickelt. Die Spannrollen *d* für das Band sind an senkrechten Haltestangen *e* aufgehängt und zwischen Gleitbahnen *f* geführt. Die Hubbewegung der Spannrollen wird über die doppelarmigen Hebel *g* durch Druckrollen *h* bewirkt, die am oberen Teil der Walzgerüste angebracht sind, so daß der Raum vor den Walzen durch die Bewe-

gungsmittel der Spannrollen nicht blockiert wird und bequem zugänglich bleibt.

Kl. 7 a, Gr. 21, Nr. 733 509, vom 7. November 1936. Ausgegeben am 29. März 1943. Zusatz zum Patent 710 828 [vgl. Stahl und Eisen 62 (1942) S. 168]. Heraeus-Vacuumschmelze AG. in Hanau. Vorrichtung zur Kühlung der Walzen von Mehrrollenwalzwerken.

Die zur Zu- und Abführung des Kühlmittels dienenden Rohre werden in Längsrichtung der Walzen verschiebbar angeordnet, wodurch die Aus- und Eintrittsstellen für das Kühlmittel in der Längsrichtung der Walzen verlegt und die Ableitung der Wärme über die Walzbreite geregelt werden kann.

Kl. 40 a, Gr. 46<sup>10</sup>, Nr. 733 560, vom 15. Juli 1937. Ausgegeben am 29. März 1943. Mansfeldscher Kupferschieferbergbau AG. in Eisleben. (Erfinder: Dr. Karl Wagenmann und Dipl.-Ing. Hermann Triebel in Eisleben.) Verfahren zum Gewinn von Vanadin aus Schlacken.

Der übliche Aufschluß vanadinhaltiger Schlacken durch Röstung mit Alkalisalzen gibt unbefriedigende Ausbeuten, wenn die Schlacke, wie sie beim Umschmelzen eines Rohsteines aus Mansfelder Kupferschiefer anfällt, beachtliche Gehalte an Erdalkalien, Tonerde und Magnesia aufweist. Erfindungsgemäß wird daher die Schlacke zwecks Zersetzung der Erdalkalien, der Tonerde und der Magnesia zunächst mit ausreichenden Mengen Säure behandelt und dann der oxydierenden Röstung unter Zugabe von Alkaliverbindungen unterworfen, woraufhin durch Auslaugen mit Wasser reine Alkalinadatlauge gewonnen wird.

## Wirtschaftliche Rundschau

### Zusammenfassung der Kriegswirtschaft

Die Erfordernisse des Krieges machen eine weitere Zusammenfassung und Vereinheitlichung der Lenkung und Organisation der Kriegswirtschaft notwendig, um die wirtschaftlichen Kräfte des deutschen Volkes noch wirkungsvoller als bisher für die Kriegführung zum Einsatz zu bringen. Alle Betriebe und alle Arbeitskräfte müssen in Zukunft noch stärker und nachhaltiger zu einer Steigerung der Rüstungsleistung herangezogen werden. Um dies zu erreichen, muß die Führung der gesamten deutschen Kriegserzeugung von einer Stelle aus nach einheitlichen Lenkungsgrundsätzen erfolgen. Nach einem Erlass des Führers vom 2. September 1943 über die Zusammenfassung der Kriegswirtschaft lenkt der Reichsminister für die Bewaffnung und Munition für die Dauer des Krieges die gesamte deutsche Erzeugung, während der Reichswirtschaftsminister für die allgemeine Wirtschaftspolitik, die Versorgung der Bevölkerung mit Verbrauchsgütern, das Geld- und Kreditwesen und für die Fragen des Außenhandels im Rahmen der Außenhandelspolitik des Reiches und die Finanzierung der Wirtschaft auch für die Gütererzeugung zuständig ist. Der Reichswirtschaftsminister erhält auf diesen Gebieten erweiterte Zuständigkeiten.

Um die Durchführung dieser Aufgaben zu gewährleisten, hat der Reichsmarschall des Großdeutschen Reiches als Beauftragter für den Vierjahresplan den Reichswirtschaftsminister Funk in die zentrale Planung berufen. Gleichzeitig hat der Reichsmarschall die Vollmachten des Reichsministers Speer als Generalbevollmächtigten des Vierjahresplanes für Rüstungsaufgaben auf die gesamte Kriegserzeugung erweitert. Durch die vom Reichsmarschall angeordnete Errichtung eines Planungsamtes beim Generalbevollmächtigten für Rüstungsaufgaben und für die Kriegserzeugung werden die verschiedenen Planungsstellen der gewerblichen Kriegswirtschaft vereinheitlicht.

Die Befugnisse des Reichsmarschalls des Großdeutschen Reiches als Beauftragter für den Vierjahresplan bleiben durch diese neue Zuständigkeitsregelung unberührt. ebenso die Zuständigkeit des Reichsministers des Auswärtigen für die Außenhandelspolitik des Reiches und für die Vorbereitung und Führung der außenhandelspolitischen Verhandlungen.

### Stiftung eines Leistungsbuches für die Schaffenden

Bei der Eröffnung der ersten Reichsausstellung über Betriebliches Vorschlagswesen am 7. September 1943 gab der Geschäftsführer der Deutschen Arbeitsfront, Oberbefehlshaber Marrenbach, bekannt, daß Dr. Ley am gleichen Tage das Leistungsbuch für die deutschen Schaffenden gestiftet habe. Das Leistungsbuch stellt eine Anerkennung besonderen Einsatzes deutscher Gefolgschaftsmitglieder dar, die sich vor allem durch ihre Beteiligung am betrieblichen Vorschlagswesen hervorgetan haben.

### Neuregelung der belgischen Eisen- und Kohlenpreise

Die zwischen dem belgischen Verkaufskontor Syndicat Belge de l'Acier (Sybelac), Brüssel, und den maßgebenden Stellen seit einiger Zeit geführten Verhandlungen um eine Erhöhung der Eisenpreise, die nach der Erhöhung der Soziallasten und der Aufwärtsbewegung der Rohstoffe den Erzeugern kaum noch eine Gewinnspanne ließen, führten jetzt zu dem Ergebnis, daß die Preise für Halb- und Fertigerzeugnisse für Verkäufe auf dem Binnenmarkt eine leichte Steigerung erfahren haben. Die Erzeuger sind berechtigt, ab 1. September nachstehende Höchstnotierungen in Rechnung zu stellen (je Tonne ab Werk):

Halbzeug: Rohblöcke, bei Abnahme bis 100 t 1070 fr, bei Abnahme von 100 bis 200 t 1055 fr und bei Abnahme von mehr als 200 t 1045 fr, vorgewalzte Blöcke (Brammen) 1150, 1140 und 1125 fr, Knüppel 1230, 1220 und 1205 fr, Platinen 1285, 1275 und 1260 fr. Fertigerzeugnisse: Profile 1405 fr, Stabstahl 1440 fr, Walzdraht 1720 fr, Monierstahl 1670 fr, Bandstahl und Röhrenstreifen 1750 fr, Grobbleche und Schiffsbleche 1655 fr, Kesselbleche 1675 fr, Mittelbleche 1700 fr, Universalstahl 1510 fr, ofengeglühte Feinbleche 1800 fr und kastengeglühte Feinbleche 1915 fr. Für S.-M.-Güte lauten die Ueberpreise für Bandstahl und Feinbleche 90 fr je 100 kg und für alle übrigen Stahlerzeugnisse 67,50 fr je 100 kg. Die neuen Verkaufspreise sind nur für Lieferungen auf dem belgischen Markt anwendbar.

Für die Lieferungen von Halbzeug an die weiterverarbeitenden Walzwerke bleiben die vor dem 10. Mai 1940 bestehenden Notierungen unverändert, soweit vom Kommissar für Preise und Löhne keine andere Regelung getroffen wurde. Die neuen Verkaufspreise gelten für Erzeugnisse, die vor



dem 10. Mai 1940 von der gesamten Eisen- und Stahlindustrie hergestellt wurden. Für neue Erzeugnisse, mit deren Herstellung erst nach dem 10. Mai 1940 in Belgien begonnen wurde, sind dem Preiskommissar entsprechende Unterlagen einzureichen, deren Preisfestsetzung sich die zuständige Stelle vorbehalten hat. Diese kann für die Erzeugergruppen der Eisenveredelung und der Eisenverfeinerung, wie Sonder- und Edelmehle, kalt gewalztes und gegossenes Eisen und Stahl, Drähte, Niete, Nägel, Schrauben, handelsübliche Schmiedestücke sowie ähnliche und verwandte Erzeugnisse, Preise für allgemein verbindlich erklären. Ferner kann der Kommissar für Preise und Löhne für handelsüblich genormte Erzeugnisse der metallverarbeitenden Industrie die Preise einheitlich für alle Hersteller oder unterschiedlich nach Herstellergruppen vorschreiben. Die obigen neuen Verkaufspreise sowie die nachstehenden gelten für alle Aufträge, die dem belgischen Syndikat, der Sybelac, Brüssel, nach dem 1. September 1943 überwiesen werden; die vor dem 31. August 1943 verbuchten Bestellungen sind zu den alten Preisen zu berechnen, müssen aber dem Abnehmer vor dem 31. Dezember 1943 zur Verfügung gestellt werden. Die am 10. Mai 1940 gültigen Zahlungs- und Lieferungsbedingungen sind unverändert geblieben. Es ist gegen Strafe verboten, Eisen- und Stahlerzeugnisse zu anderen Preisen als den amtlich festgesetzten anzubieten, zu kaufen oder zu verkaufen. Für den Verkauf der gesamten Roheisen- und Stahlerzeugung ist das belgische Syndikat, die Sybelac, zuständig.

Die jetzt gültigen Preise lauten: Roheisen: Gießereiroheisen III 1000 fr, halbhosphorhaltiges Roheisen 1150 fr, Gießerei-Hämatit 1450 fr, Frischerei-Hämatit und Spiegeleisen 1350 fr. Die Preise verstehen sich für volle Wagenladungen, frei Wagen, nächstgelegenen Bahnhof der belgischen Staatsbahnen. Schweres Eisenbahnoberbauzeug I. Wahl, für Lieferungen aus Vorrat oder Neuherstellung, ohne Gütebestimmungen: Vignolschienen: 1750 fr je t, in Mengen von 500 t und mehr je Profil. Rillenschienen: 2030 fr je t in Mengen von 500 t und mehr je Profil. Laschen für Vignolschienen: 2100 fr je t in Mengen von 100 t und mehr je Profil. Laschen für Rillenschienen: 2440 fr je t in Mengen von 100 t und mehr je Profil. Leichtes Eisenbahnoberbauzeug I. Wahl, Schienen allein, Normallochung, Normallänge, mit üblichen Längenspielräumen, ungefräste Enden, mit den üblichen 7,5 % kürzeren Stücken: 1500 fr je t. Laschen 3000 fr je t. Fläche oder gewellte verzinkte Bleche, Lagerabmessungen, Grundstärke 0,625 mm: 3875 fr je t. Fläche verbleite Bleche, Lagerabmessungen, Grundstärke 0,625 mm: 4100 fr je t. Verzinkter Bandstahl, Grundbreite von 81 bis 250 mm und Grundstärke von 1 bis 1,99 mm: 2732 fr je t.

Rückwirkend ab 1. August wurde ferner eine Neuregelung der Preise für belgische Hausbrand- und Industriekohle eingeführt. Es handelt sich dabei vorzugsweise um eine Aenderung der Preisberechnung, wobei die bisherigen vier Preisgruppen und die unterschiedliche Behandlung zwischen Hausbrand- und Industriekohle abgeschafft werden. Die Preisfestsetzung wird dadurch bedeutend vereinfacht und eine wirksame Preisüberwachung ermöglicht.

### Die Stahlerzeugung der Vereinigten Staaten von Amerika im November und Dezember sowie im ganzen Jahr 1942

Die Erzeugung an Stahlblöcken und Stahlguß entwickelte sich im Jahre 1942 wie folgt:

	1942	1941	1940
	(in 1000 t)		
Januar . . . . .	6 464	6 280	5 230
Februar . . . . .	5 916	5 652	4 106
März . . . . .	6 706	6 463	3 982
insgesamt 1. Vierteljahr . . . . .	19 086	18 395	13 318
April . . . . .	6 461	6 127	3 720
Mai . . . . .	6 701	6 391	4 507
Juni . . . . .	6 371	6 162	5 132
insgesamt 2. Vierteljahr . . . . .	19 533	18 680	13 359
insgesamt 1. Halbjahr . . . . .	38 619	37 075	26 677
Juli . . . . .	6 485	6 180	5 193
August . . . . .	6 562	6 348	5 612
September . . . . .	6 411	6 179	5 494
insgesamt 3. Vierteljahr . . . . .	19 458	18 707	16 299
insgesamt 1. bis 3. Vierteljahr . . . . .	58 077	55 782	42 976
Oktober . . . . .	6 881	6 564	6 028
November . . . . .	6 518	6 315	5 869
Dezember . . . . .	6 625	6 487	5 892
insgesamt 4. Vierteljahr . . . . .	20 024	19 366	17 789
insgesamt 1942 . . . . .	78 101	75 148	60 765
Ausnutzung			
der Leistungsfähigkeit . . . . .	96,9 %	97,3 %	82,1 %

Die beste Monatsleistung wies im verflossenen Jahre demnach der Oktober mit 6 880 837 t auf. Nach Feststellungen des Kriegserzeugungsamtes stieg im ersten Weltkriege die amerikanische Rohstahlerzeugung in den Jahren 1916 bis 1918 nur von rd. 43 auf 45 Mill. t, in den Jahren 1940 bis 1942 dagegen von 61 auf 78 Mill. t. Für das Jahr 1943 rechnet man mit einer weiteren Zunahme auf 83 Mill. t.

### Kanadas Roheisen- und Stahlerzeugung im Jahre 1942

Die Roheisen- und Stahlerzeugung Kanadas, die schon in den Vorjahren Höchstzahlen erreicht hatte, ist im Jahre 1942 weiter gestiegen. Die Roheisengewinnung<sup>1)</sup> erhöhte sich von 1 387 000 t im Jahre 1941 auf 1 792 000 t im Berichtsjahre und die Gewinnung von Stahlblöcken von 2 451 000 auf 2 331 000 t. Im Jahre 1939 hatte die Stahlerzeugung 1 204 000 t betragen. Die gesamte Leistungsfähigkeit der kanadischen Hochofenwerke wird für Anfang 1943 mit rd. 1 926 000 t angegeben. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß zwei weitere Hochöfen mit einer jährlichen Leistungsmöglichkeit von rd. 450 000 t im Bau sind. Die jährliche Erzeugungsfähigkeit der Stahlwerke soll Anfang 1944 etwa 3 125 000 t erreichen.

<sup>1)</sup> Alle Mengenangaben in t zu 1000 kg.

## Vereinsnachrichten

### Eisenhütte Südost,

#### Bezirksverband des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NS.-Bund Deutscher Technik, Leoben

Samstag, den 25. September 1943, 17 Uhr, findet im Hörsaal I der Montanistischen Hochschule zu Leoben ein

#### Vortragsabend

statt, bei dem Dr. Werner Hotop, Metallwerk Plansee, Reutte, über Dauermagnete aus Metallpulvern sprechen wird.

Ab 19 Uhr zwanglose kameradschaftliche Zusammenkunft im Grandhotel in Leoben.

Am gleichen Tage findet im Eisenhütten-Institut der Montanistischen Hochschule um 14 Uhr eine Sitzung des Elektroofen-Ausschusses der Eisenhütte Südost und um 14.30 Uhr eine Sitzung des Fachausschusses für Korrosionsfragen statt, zu der die beteiligten Herren gesondert eingeladen worden sind.

### Neue Mitglieder

- Beyer, Karl, Ingenieur, Kapfenberg; Wohnung: Redfeldgasse 12. 43 182  
 Klingenberg, Helmut, Studierender des Eisenhüttenwesens, Duisburg, Sternbuschweg 5. 43 183  
 Köttnitz, Werner, Dr.-Ing., Betriebsingenieur, Hamm (Westf.), Wohnung: Düsseldorf 1, Grafenberger Allee 235. 43 184  
 Kraetsch, Walter, Dipl.-Ing., Hauptabteilungsleiter, Wien-Mödling; Wohnung: Wien IV, Tilgnerstr. 4. 43 185  
 Montel, Carlo, Dipl.-Ing., Prokurist und Direktor-Stellvertreter, Mailand (Italien), Via XX Settembre 12. 43 186  
 Pfeuffer, Karl, Ingenieur, Direktor und Betriebsführer, Nürnberg 2, Schließfach 323; Wohnung: Nürnberg, Blütenstr. 32. 43 187  
 Schneider, Josef Viktor, Konstruktionsingenieur, Mülheim (Ruhr); Wohnung: Sandstr. 116. 43 188  
 Schubardt, Walther, Dr.-Ing., Chemiker, Ludwigshafen-Opau; Wohnung: Mannheim, Leibnizstr. 1. 43 189  
 Theisen, Josef, Ingenieur, Betriebsführer, Krefeld, Diessemer Bruch 28—32. 43 190