

1934 D 1325

Aachener Akademische Reden

I.

Das Metallhüttenwesen in Technik und Forschung

Rede

gehalten bei

Übernahme des Rektorats

der Technischen Hochschule Aachen

am 2. Juli 1932

von

Paul Röntgen

Aachen 1934

Aachener Verlags- und Druckerei-Gesellschaft

Hochansehnliche Festversammlung!

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Wenn ich nach meiner Einführung als Rektor unserer Hochschule zum ersten Male das Wort ergreife, so drängt es mich, zunächst Ihnen, meine verehrten Herren Kollegen, die Sie mich für dieses Amt in Vorschlag gebracht haben, für das mir damit bewiesene Vertrauen aufrichtig und herzlichst zu danken.

Heute kann ich Ihnen nur die Versicherung geben, daß ich in der Erfüllung der mir obliegenden Pflichten mich bemühen werde, Ihr Vertrauen zu rechtfertigen und meine Dankesworte auch in die Tat umzusetzen, daß ich meine Kräfte zur Förderung des inneren und äußeren Wachstums und damit des Ansehens unserer Hochschule, besonders aber auch zur Förderung der Interessen unserer akademischen Jugend einsetzen werde. Zur Erreichung dieses uns ja allen vorschwebenden Zieles bitte ich herzlich um Ihre Mitarbeit. Da der Rektor ja nicht nur ausführendes Organ des Willens der Mehrheit ist, sondern ein Mensch mit eigenem Willen und auch eigenen Fehlern, so schließt diese Mitarbeit eine gesunde Kritik notwendig ein, für die ich jederzeit dankbar sein werde.

Die Bitte um Mitarbeit richte ich auch an die Damen und Herren der Beamten- und Angestelltenschaft, und ich hoffe auf ein vertrauensvolles und inniges Zusammenarbeiten mit Ihnen.

Und nun zu Ihnen, meine lieben jungen Kommilitonen! Es war von jeher ein Ruhmestitel und der Stolz unserer Hochschule, daß zwischen der Dozentenschaft und Studentenschaft ein besonders gutes vorbildliches Einvernehmen bestanden hat. Seien Sie versichert, meine lieben Kommilitonen, daß ich alles daran setzen werde, damit diese gute Tradition fortgeführt wird zum Besten unserer lieben Alma mater, deren Kinder wir alle, Lehrende und

Lernende ja sind. Ich bitte Sie, das Vertrauen, das Sie meinen Amtsvorgängern entgegengebracht haben, auch auf mich zu übertragen.

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Es ist ein alter, akademischer Brauch, daß der neu gewählte Rektor bei der Amtsübernahme seine Antrittsansprache aus dem von ihm vertretenen Sondergebiete wählt. Wenn ich dieser Sitte folge, möchte ich versuchen, Ihnen mit wenigen Strichen ein Bild von dem gegenwärtigen Stande des Metallhüttenwesens in Technik und Forschung zu entwerfen.

Die Entwicklung, die die Metallurgie der sog. Nichteisenmetalle in den letzten Jahren genommen hat, ist vorwiegend von der Notwendigkeit diktiert worden, arme und komplexe Erze in größerem Ausmaße als früher zu verhütten und daraus Metalle höchster Reinheit mit möglichst großer Ausbeute zu erschmelzen. Sie ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß die älteren, fast ausschließlich auf thermischer Grundlage aufgebauten Verfahren immer mehr durch Laugereiverfahren ersetzt werden, die meist mit elektro-chemischen Prozessen gekuppelt sind. Diese Entwicklung hat natürlich den inneren Aufbau und die äußere Gestalt mancher Hüttenwerke von Grund auf verändert und wird sie aller Voraussicht nach in Zukunft noch mehr verändern. An die Stelle der Oefen, der typischen Wahrzeichen der alten Hütten, sind Laugebottiche, Klär- und Filteranlagen, sind Hunderte und Tausende von Elektrolysierzellen getreten. Aber es war ein dornenvoller Weg, auf dem diese Umstellung erfolgt ist; denn die wissenschaftliche Forschung hat mit dieser Entwicklung der Hüttenbetriebe nicht gleichen Schritt gehalten. Auch heute ist das über manchen Lösungs- und Fällungs-Vorgängen herrschende Dunkel noch nicht vollkommen gelichtet, da es sich ja in den seltensten Fällen um die aus der analytischen Chemie bekannten stärkeren Lösungsmittel handelt. Daher kommt es, daß zuerst häufig Laugerei- und Elektrolysen-Anlagen im besten Falle nur kurze Zeit in Betrieb gekommen sind und dann an der Fülle von Zwischenprodukten einfach erstickt sind.

Dem rechten Hüttenmann alten Stils waren Laugerei-Verfahren ein Greuel, denen er so lange aus dem Wege ging, als er konnte; und diese Abneigung ist verständlich, wenn man berücksichtigt, daß hierbei der gesamte Betrieb auf die Produktion und Weiterverarbeitung meist stark korrodierender, sehr oft auch schwer filtrierbarer Lösungen abgestellt ist, daß dieser ins Gigantische projizierte Laboratoriumsbetrieb den Metallurgen vor Aufgaben stellte, bei deren Lösung zumal in apparativer Hinsicht er fast ganz auf sich allein angewiesen war. Der Goldhüttenmann hat sich wohl als erster von seinen Bedenken frei gemacht und gelernt, die Erfahrungen auszunutzen, die die chemische Großindustrie in der Zwischenzeit im Apparatebau gesammelt hatte.

Zu diesen äußeren Schwierigkeiten kamen aber vielleicht noch größere innere Hemmungen; und sie lagen darin, daß der Metallurge wohl den Chemismus der thermischen Verfahren und seine analytische Chemie beherrschte, daß er auch noch über die Grundlagen der Elektrochemie unterrichtet war, daß es ihm aber doch wohl in den meisten Fällen an der Fähigkeit mangelte, das Tatsachenmaterial des einschlägigen Schrifttums für seine Sonderzwecke kritisch auszuwerten; denn für diese hatte es z. T. nicht ohne weiteres Geltung, oder war es ohne Kommentar nicht verständlich.

Hierfür möchte ich nur ein Beispiel, und zwar aus der Metallurgie des Zinks anführen, bei der die Umstellung auf neue Arbeitsverfahren vielleicht am deutlichsten von allen Schwermetallen zum Ausdruck kommt.

Die Geschichte der technischen Zink-Elektrolyse kann man als die Geschichte eines großen Irrtums ansprechen, der die Entwicklung dieses Prozesses viele Jahrzehnte gehemmt hat, und zwar der irrigen Auffassung von der Geltung der sog. Spannungsreihe, besonders der Stellung des Wasserstoff-Potentials darin. Man entnahm ihr ohne weiteres, daß wohl die edleren Metalle aus sauren wässrigen Lösungen, wie sie sich nun einmal durch den rein chemischen Aufschluß der Erze ergaben, elektrolytisch abgeschieden werden konnten, nicht aber die unedleren, wie das Zink. Aus dieser Ueberlegung heraus erklären sich die früheren vergeblichen Versuche, Zink entweder aus dem Schmelzflusse oder aber aus neutralen Lösungen zu elektrolysieren.

Es wurde nicht erkannt oder beachtet, daß dieses Wasserstoff-Potential, das als der Störenfried angesehen wurde, nur unter Arbeitsbedingungen bestimmt war, die wohl beim Laboratoriumsversuch innegehalten werden können, nicht aber bei dem technischen Großbetrieb.

Erst 1899 bestimmte Caspari seine Beeinflussung durch die chemische und physikalische Beschaffenheit der Kathode und 1905 Tafel seine Abhängigkeit von der angewandten Stromdichte. Damit wurde gewissermaßen die Spannungsreihe für die besonderen Fälle der GroBelektrolyse abgeändert. Vielleicht besteht auch eine einfache Beziehung zwischen diesen die Wasserstoff-Ueberspannung beeinflussenden Faktoren darin, daß eben die effektive Stromdichte ja bei gleichbleibender Stromstärke durch die Oberflächenbeschaffenheit bestimmt ist. Auf Grund der neuen Erkenntnisse wurde die Forschung — und nun mit Erfolg — wieder aufgenommen. An dieser Pionierarbeit haben deutsche Ingenieure, vor allem Höpfner und Engelhardt, den Hauptanteil gehabt. Im Jahre 1918 wurde die erste Zinkelektrolyse im industriellen Ausmaße in Betrieb genommen, und seitdem hat sie in kurzer Zeit einen gewaltigen Aufschwung genommen. 1921 betrug die Produktion an Elektrozink schon 90%, heute dürfte sie mehr als ein Drittel der Weltproduktion betragen. Berücksichtigt man nun, daß Deutschland überhaupt noch keine Zink-Elektrolyse besitzt, so ergibt sich ein noch größerer Anteil für die anderen Länder.

Diese Zahlen zeigen ohne Kommentar, wie notwendig es ist, der Entwicklung dieses Verfahrens auch in Deutschland die größte Beachtung zu schenken: Denn Reinstzink kann nur auf elektrolitischem Wege erzielt werden, und das Bedürfnis darnach wächst immer mehr, kann aber jetzt nur durch das Ausland befriedigt werden. So paradox es erscheint, werden gerade bei diesem Metall die Ansprüche an höchste Reinheit da gestellt, wo es absichtlich verschnitten wird, d. h. in der Legierungstechnik. Denn schon recht geringe Mengen an Verunreinigungen machen z. B. die Warmverformung von Cu-reichem Messing unmöglich; auf die Gründe einzugehen würde zu weit führen.

Unsere Erkenntnis über das Wesen der Zink-Elektrolyse ist aber auch heute noch recht mangelhaft. Die neuesten, noch nicht

endgültig abgeschlossenen Untersuchungen haben mit einer Anzahl auch heute noch herrschender Irrtümer aufräumen können. Sie haben zwangsläufig auch zur Prüfung der Korrosionsvorgänge geführt und damit eine über den engen Rahmen der Zink-Metallurgie hinausgehende Bedeutung.

Wenn ich unter den Schwermetallen das Zink als Beispiel besonders herausgreife, so geschieht es, weil es das einzige der Nicht-eisen-Metalle ist, bei denen wir aus eigenen Erzen unseren Inlandsbedarf vollkommen decken können. In diesem Zusammenhang möchte ich noch kurz eine Frage anschneiden, die uns ja gerade in der allerletzten Zeit und im hiesigen Industriegebiet lebhaft bewegt hat:

Die neuen Zinkproduktionsgebiete Kanada und Mexiko haben nur einen geringen Eigenbedarf; ihr natürliches Absatzgebiet, die U. S. A., ist durch deren Zollpolitik fast ganz versperrt, sodaß sie den weitaus größten Teil ihrer Produktion auf den europäischen Markt werfen müssen; hierbei handelt es sich fast ausschließlich um Elektrozinke. Da aber die europäischen Hütten rund 95% des europäischen Verbrauchs erzeugen, ist nur ein kleiner Spitzenbedarf vorhanden, der aus Ueberseezink zu decken ist. Es ist daher verständlich, daß gerade der Zinkmarkt außerordentlich empfindlich ist gegenüber größeren Zufuhren von außen und daß bei diesem Metall die Weltwirtschaftslage besonders frühzeitig und stark auf die Preisbildung eingewirkt hat. Während in der Vorkriegszeit der Zinkpreis zwischen etwa 400 und 600 RM schwankte, beläuft er sich heute bekanntlich auf nur 200 RM. Diese Zahlen sprechen für sich. Es liegt daher im volkswirtschaftlichen Interesse, wenn die Lebensfähigkeit der einheimischen Zinkindustrie durch besondere Schutzmaßnahmen erhalten bleibt.

Die größte Bedeutung und erste ausgiebige Anwendung hat die Naß- und Elektrometallurgie für die Gruppe von Metallen gehabt, die heute wohl im Brennpunkt des Interesses stehen, nämlich für die Leichtmetalle. Obgleich, oder vielleicht auch, weil sie über keinerlei Tradition verfügen, sind sie, man möchte sagen, volkstümlich geworden. Dies ist in der Hauptsache auf ihre spezifischen physikalischen Eigenschaften zurückzuführen, auf ihre enge Verbundenheit mit der Entwicklung der neuesten Verkehrsmittel, auf die z. T. überspannten, z. T. berechtigten Erwartungen, die an

ihre weiteren Vergütungsmöglichkeiten geknüpft sind. Aber auch wenn man ganz nüchtern als Metallurge die Leichtmetalle in ihrer Beziehung zu Technik und Forschung betrachtet, muß man Debar darin Recht geben, daß z. B. das Aluminium, um den wichtigsten Vertreter der Gruppe anzuführen, wohl befähigt ist „die metallene Grundlage unserer Kultur ins Ungemessene zu verbreitern und daß allem Anschein nach mit ihm eine neue Großmacht in der Welt der Metalle heraufkommt“. Denn was bedeuten die etwa 100 Jahre, seit denen wir dieses „Silber aus Lehm“ kennen, die etwa 20 Jahre, seit denen wir uns mit seinen Legierungen eingehender befassen, wenn wir sie mit der jahrtausende alten Geschichte der meisten übrigen Nutzmanmetalle vergleichen! Aber weil die Leichtmetalle traditionslos sind und keine eigentlich handwerkliche Entwicklung erfahren haben, sind sie von allen Gebrauchsmetallen die größten Nutznießer des beispiellosen Aufschwungs gewesen, den die Naturwissenschaften in den letzten Jahrzehnten erfahren haben. Andererseits hat das Studium der Eigenschaften der Leichtmetalle und besonders des Aluminiums und seiner Legierungen die Metallkunde außerordentlich befruchtet.

So ist auch die zunächst befremdende Tatsache zu erklären, daß gerade die Metalle, die in ihrer Herstellungsweise so gar keine Ähnlichkeit mit dem Eisen aufweisen, die Brücke zwischen der Eisen- und Metallhüttenkunde neu gefestigt haben, die in den letzten Jahrzehnten sehr zum Schaden jeder einzelnen Fachrichtung zu zerfallen drohte.

Wenn das Aluminium, trotzdem es das weitaus verbreitetste Metall in der Erdrinde ist, doch in der Reihe der Nutzmanmetalle das jüngste ist, so liegt das daran, daß zu seiner Isolierung aus seinen Verbindungen Energien erforderlich sind, die früher nicht zur Verfügung standen. Erst die Entdeckung der Alkalimetalle gab uns die ersten genügend starken Reduktionsmittel an die Hand, und in der Frühzeit der Aluminium-Metallurgie, d. h. in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden sie bekanntlich ausschließlich zu seiner Darstellung verwandt. Die Entwicklung zum Großbetrieb konnte aber erst einsetzen, als mit der Erfindung der Dynamomaschine die Voraussetzung gegeben war zur praktischen Anwendung der von Bunsen schon 1854 durchgeführten Schmelz-

fluß-Elektrolyse. Die in den 80er Jahren dann einsetzende Forschung hat den auch heute noch angewandten Verhüttungsprozeß grundsätzlich entwickelt. Seitdem sind wohl einzelne Verbesserungen, nicht aber umwälzende Neuerungen in metallurgischer Hinsicht zu verzeichnen. Die Zeit hat vielmehr dem Ausreifen des Verfahrens gedient. Denn auch die vorwiegend während der Kriegszeit und im Anschluß daran entwickelten Prozesse, Aluminium aus einheimischen Tonen herzustellen, beruhen alle auf den gleichen Grundsätzen: Bei allen wird zuerst reine Tonerde hergestellt, die dann unter Benutzung geeigneter Lösemittel der Schmelzfluß-Elektrolyse unterworfen wird. Die Anwendung wässriger Elektrolyten kommt nicht in Betracht, da das Wasserstoff-Potential durch kein Mittel über das Abscheidungs-Potential des Aluminiums hinaus gesteigert werden kann. Nichtwässrige, etwa organische Lösungen sind theoretisch möglich, scheiden aber für die Praxis aus.

In der nächsten Zukunft werden wir aber aller Voraussicht nach eine grundsätzliche Wandlung in der Aluminium-Metallurgie zu erwarten haben, und zwar nach der Richtung, daß in ähnlicher Weise wie bei manchen Nichteisenmetallen zunächst ein Rohmetall auf thermischem Wege erschmolzen und dann elektrolytisch raffiniert werden wird. Es scheint also, daß die Entwicklung bei Aluminium den entgegengesetzten Weg einschlägt, wie bei den Schwermetallen. Darauf deuten neuere Verfahren hin, bei denen auf einen Laugerei-Prozeß wohl noch nicht vollkommen verzichtet wird, aber doch auf thermischem Wege eine Vorreinigung der Erze erfolgt unter Nutzbarmachung ihres Eisen- und Silizium-Gehaltes. Und diese Entwicklung wäre nicht befremdend, sondern durchaus natürlich. Denn — wie ich schon einleitend sagte — hat sich die Naßmetallurgie vor allem dort eingeführt, wo es sich um die Aufarbeitung armer oder komplexer Erze handelt. Diese Voraussetzung ist aber bei dem Aluminium nicht erfüllt. Seine Roh-erze haben im Gegenteil einen so hohen Metallgehalt, wie bei wenigen Nichteisenmetallen. Enthalten doch die reichsten, die Bau-xite, 50% bis 70% Tonerde und selbst die Tone bis zu 40%. Denn auch den Ton müssen wir ja als ein Aluminium-Erz ansprechen, so wenig auch der Ausdruck „Erz“ den Begriff, den wir damit zu verbinden gewohnt sind, zu decken scheint.

Daß die direkte Reduktion von Tonerde durch Kohlenstoff möglich ist, ist schon von Borchers nachgewiesen worden. Sie setzt allerdings das Schmelzen im elektrischen Ofen voraus, und es ist dabei infolge der großen Affinität des Aluminiums zu Kohlenstoff starke Karbidbildung unvermeidbar, wenn man keinen Kunstkniff anwendet. Der elektrische Ofen ist heute zu einem vollkommenen Apparat entwickelt, und die Aufnahme von Kohlenstoff läßt sich dadurch weitgehend zurückdrängen, daß man das reduzierte Aluminium in statu nascendi an ein anderes Metall, z. B. an Kupfer anlagert.

Damit hätte man allerdings das erstrebte Ziel, Aluminium auf rein thermischem Wege zu erschmelzen, noch nicht erreicht.

Hier setzen nun neuere erfolgreiche Arbeiten ein, die vor einigen Jahren von Betts und Hoopes mit dem Ziele durchgeführt wurden, solche Legierungen elektrolytisch zu raffinieren. Das so gewonnene Reinmetall enthält bis 99,96% Aluminium gegenüber etwa 98,5—99,5% im Handelsaluminium. Die Forschung hat sich bisher noch wenig mit dem Problem befaßt. Wie Untersuchungen gezeigt haben, ist es aber möglich, auch aus normalen Tonen durch fraktionierte Reduktion zuerst ein Ferro-Silizium und alsdann eine Aluminium-Legierung zu erschmelzen, die der elektrolytischen Reinigung unterworfen werden kann; dabei wird die Badspannung erheblich niedriger sein als bei der normalen Elektrolyse. Man kann sogar auf die vorherige Abscheidung der Fremdmetalle verzichten und die Trennung auf rein elektrolytischem Wege vornehmen. Denn die Schmelzfluß-Elektrolyse folgt den gleichen Gesetzen wie die wässrige Elektrolyse: An der Anode werden die unedleren Metalle, also das Aluminium, bei genügender Konzentration allein oxydiert, die edleren aber, d. h. in diesem Falle die Verunreinigungen, nicht. Es wird also bei geeigneten Elektrolyten nur die Tonerde in Lösung gehen und demnach kathodisch auch allein Aluminium abgeschieden werden. Wie die Untersuchungen ergeben haben, wird auch das Aluminium-Carbid restlos in Aluminium-Oxyd überführt. Die Versuche stecken noch in den Kinderschuhen; metallurgisch kann das Problem aber wohl als gelöst betrachtet werden. Aus minderwertigem Ton kann direkt ein Aluminium mit 99,8% erhalten werden, also fast Hoopes-Aluminium. Die Zu-

kunft muß lehren, ob das Problem auch in praktischer Hinsicht gelöst werden kann.

Der jüngste Vertreter der Leichtmetalle, das Beryllium, hat seit seiner Entdeckung im Jahre 1828 während fast eines Jahrhunderts nur für den Chemiker Interesse gehabt. Der Metallurge befaßte sich nicht mit ihm, schon aus dem einfachen Grunde, weil es sich um ein verhältnismäßig seltenes Metall handelt. Erst seitdem 1916 Oosterheld bei Tammann die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Eigenschaften und Legierbarkeit des Berylliums veröffentlichte, wurde das Interesse an diesem leichtesten der Leichtmetalle geweckt. Dann aber setzte eine intensive und erfolgreiche Forschertätigkeit ein, zunächst um praktisch gangbare Wege zu seiner Darstellung aufzufinden. Schon 1925 wurde seine technische Produktion aufgenommen. Man glaubt sich in die Frühzeit des Aluminiums versetzt, wenn man die mit der Produktionssteigerung verbundene Preisentwicklung betrachtet; 1928 betrug der Preis noch 1100 M/kg, 1930 fiel er schon auf 900 und heute beträgt er etwa 600 M/kg.

Beryllium dürfte seine Hauptanwendung wohl als Legierungskomponente erlangen, da infolge seines niedrigen Atomgewichtes schon recht geringe Mengen genügen, um bei geeigneter thermischer Behandlung dem Grundmetall ganz hervorragende Eigenschaften zu verleihen.

Damit kommen wir zu dem Gebiete, das in den beiden letzten Jahrzehnten wohl am stärksten beackert worden ist, zu der Metallkunde.

Auf kein anderes Nichteisenmetall ist in den letzten 15 bis 20 Jahren soviel Forschungsarbeit verwandt worden wie auf die Leichtmetalle, besonders auf Aluminium. Im Jahre 1904 stellte Wilm an dem von ihm entwickelten Duralumin — einer Legierung mit etwa 4% Cu, 0,5% Mg, etwas Mn, Rest Al — ganz eigenartige Vergütungserscheinungen fest. Sie überraschten zunächst, da man eine solche Veredlung bisher als typisch für Eisen-Legierungen annahm. Noch mehr überraschte die Tatsache, daß dieser Vergütungsvorgang in seinen einzelnen Stufen sich grundsätzlich anders abwickelte, als man es bei Stahl gewohnt war.

Bei Stahl tritt die maximale Härte sofort nach dem Abschrecken ein; bei Duralumin setzt erst nach einiger Zeit ein Härteanstieg ein, der sich auf mehrere Tage hinaus erstreckt.

Bei Stahl verursacht ein nachträgliches Anlassen einen Abfall der Härte, bei Duralumin dagegen eine Beschleunigung des Härtvorganges bis zu einer gewissen kritischen Anlaßtemperatur, oberhalb der dann ein Härteabfall zu beobachten ist oder sogar die Wirkung gänzlich ausbleibt.

Bei Stahl sind Härtung und Anlassen durch deutliche Gefügeänderung gekennzeichnet; bei Duralumin läßt sich auch bei stärkster Vergrößerung kein Unterschied zwischen unvergütetem und vergütetem Material erkennen. Feststellbare Änderungen in der Struktur sind vielmehr nur ein Zeichen für das Ausbleiben der Vergütung.

Man stand vor einem Rätsel. Fast 20 Jahre hat man keine befriedigende Erklärung für diese Erscheinungen finden können. Zuerst glaubte man — in Anlehnung an die Härtetheorie bei Stahl — zur Erklärung der Vorgänge eine Allotropie des Aluminiums annehmen zu müssen; und in der Tat ergaben an technisch reinem Aluminium durchgeführte Untersuchungen Effekte, die auf eine solche Umwandlung schließen ließen. Nachdem aber Mitte der 20er Jahre gezeigt werden konnte, daß diese Effekte lediglich auf geringe Mengen Verunreinigungen zurückzuführen waren, mußte die Theorie fallen gelassen werden. Die dann einsetzende und bis heute fortgeführte intensive Forschung hat eine gewisse Klärung durch die Feststellung gebracht, daß die Vergütbarkeit keineswegs dem Duralumin eigentümlich ist, daß sie vielmehr ganz allgemein immer dann eintritt, wenn Legierungen ganz bestimmte Bedingungen erfüllen.

Vorbedingung für die Vergütbarkeit ist nämlich eine gewisse Abhängigkeit des Gleichgewichtszustandes von der Temperatur. Vergütung tritt — wenn auch nicht immer technisch verwertbar — immer und nur dann ein, wenn ein System durch eine plötzliche Temperatur-Änderung in einen Zwangszustand versetzt wird und daher bestrebt ist, sich in den Gleichgewichtszustand zurückzusetzen. Das ist besonders dann der Fall, wenn innerhalb gewisser Grenzen eine feste Löslichkeit verschiedener Legierungs-

Komponenten ineinander besteht und wenn diese mit fallender Temperatur abnimmt, wenn also nach dem Abschrecken übersättigte Lösungen von Mischkristallen vorliegen. Der Ueberschuß sucht sich dann abzuscheiden und zwar zunächst in hoch disperser Form, wobei die Gleitflächen der einzelnen Kristalle gewissermaßen vernagelt oder blockiert werden. Daher hat man dieser Art Veredlung auch den Namen „Ausscheidungs-Härtung“ gegeben. Diese Hypothese, die grundsätzlich, wenn auch entsprechend den neueren Forschungsarbeiten etwas modifiziert, auch heute noch anerkannt wird, hat außerordentlich befruchtend auf die Technik gewirkt und zu einer großen Zahl dem Duralumin ähnlicher Legierungen, der sog. Leichtstähle geführt, die unter den verschiedensten Namen bekannt geworden sind. Ich erwähne nur das Skleron, Lautal, Aludur, Aldrey, Konstruktal, Aeron usw. Die vorzüglichen Eigenschaften des Duralumins sind aber bisher noch von keiner anderen Legierung übertroffen worden.

Auch Schwermetall-Legierungen sind, wenn sie den vorher erwähnten Bedingungen genügen, vergütbar. Ein besonderes Interesse können Edelmetall-Legierungen und vor allem die Kupfer-Beryllium-Legierungen beanspruchen, die durch geeignete thermische Behandlung Festigkeits-Eigenschaften aufweisen, wie sie sonst nur bei Stählen bekannt sind. Diese Legierungen, die bis etwa 3% Beryllium enthalten, zeichnen sich weiterhin besonders durch geringe Ermüdbarkeit, hohe Elastizität und hohe Korrosions-Festigkeit aus.

Ob die Legierungen nun bei gewöhnlicher Temperatur, wie das Duralumin und das Skleron vergütbar sind, also sog. „Selbstalterung“ aufweisen, oder aber erst bei höherer Temperatur, d. h. künstlich alternd sind, wie die übrigen Legierungen, ist kein grundsätzlicher Unterschied. Hier spielt wohl vor allem die Diffusionsgeschwindigkeit sowie die Gegenwart gewisser Verunreinigungen eine Rolle. Es konnte festgestellt werden, daß z. B. geringe Eisen-Gehalte die Vergütung zurückdrängen, während Magnesium, das ja neben dem Kupfer ein wesentlicher Bestandteil des Duralumins ist, sie fördert.

Mit der Ausscheidungs-Hypothese in ihrer einfachen Form, wie sie Merika entwickelt hat, standen manche beobachtete Erscheinungen

in Widerspruch. Die zahlreichen Ergebnisse eingehender Arbeiten, besonders auf röntgenographischem Wege, deuten darauf hin, daß bei der Vergütung mehrere Vorgänge miteinander bzw. nebeneinander sich abspielen und sich zum Teil überdecken. Da diese Untersuchungen noch kein eindeutiges Bild ergeben haben, vielmehr der Spekulation heute noch ein gewisser Spielraum gelassen bleibt, möchte ich mich hier kurz fassen. Wir können annehmen, daß bei der Vergütung zunächst eine mit Gitterverzerrung verbundene Bewegung von gelösten Fremdatomen im Mischkristall zur Bildung von Verbindungen eintritt, bzw. daß sich die Atome des gelösten Stoffes zunächst auf bevorzugten Gittergeraden- oder -Ebenen sammeln und in einem späteren Stadium dann nach Austritt aus dem Gitter koagulieren. Der Name „Ausscheidungs-Veredlung“ ist demnach auch heute noch berechtigt.

Die wissenschaftliche Metallkunde ist als jüngstes Teilgebiet der Metallurgie noch in der ersten aber stark ansteigenden Entwicklung begriffen, und es läßt sich noch keineswegs absehen, welche technischen Fortschritte uns die Zukunft bringen wird. Einen Fortschritt aber können wir schon heute verzeichnen, und das ist die Erkenntnis von der Notwendigkeit einer innigen Wechselbeziehung zwischen der Eisen- und Metallhüttenkunde, die sich zunächst allerdings nur auf dem Gebiete der reinen Forschung bewußt auswirkt. Denn ob den Untersuchungen das Eisen oder ein anderes Metall zu Grunde gelegt wird, ist eine reine Zweckmäßigkeits- und Eignungsfrage. Jeder Fortschritt auf dem einen Gebiete kommt unmittelbar dem anderen zugute.

Es ist verwunderlich, daß die Vergütung zuerst an Leichtmetall-Legierungen und nicht an technischem Eisen festgestellt worden ist, da ja gerade auf der thermischen Behandlung des technischen Eisens seit jeher die vielseitige Anwendbarkeit dieses Metalls — oder besser gesagt — dieser Legierungen beruht. Denn auch Eisen zeigt die gleiche Vergütungsmöglichkeit, wie in den letzten Jahren festgestellt wurde, und zwar für eine recht große Reihe seiner Legierungen z. B. mit Wolfram, Molybdän, Kupfer, Stickstoff und Beryllium und selbst mit Kohlenstoff, wie 1927 von Masing und Köster gefunden wurde. Es ist, um auch hier wieder ein Leichtmetall als Komponente besonders anzuführen, möglich, durch Zusatz

von Beryllium zu ternären Eisen-Legierungen rostfreie Stähle von ausgezeichneter Härte herzustellen, also Verbesserungen auf einem Gebiete durchzuführen, das durch die grundlegenden Arbeiten von Borchers über säurefeste Legierungen erschlossen worden ist.

Ich habe aus dem großen Gebiete der Metallhüttenkunde nur einen recht kleinen Ausschnitt und auch diesen nur skizzenhaft behandeln können; was für die beispielsweise angeführten Metalle und deren Legierungen gilt, gilt in ähnlicher Weise für alle übrigen Metalle.

Das Gebiet ist in die Breite und Tiefe gewaltig gewachsen, und doch sieht man schon heute, daß in Zukunft noch größere Umwälzungen bestimmt zu erwarten sind, daß also in Zukunft auch noch größere Anforderungen an das Können der Metallurgen gestellt werden.

Es fragt sich nun, wie soll sich der angehende Metallurge auf die Aufgabe, die er später vorfindet, vorbereiten? Unser Ziel kann und will nicht sein, etwa Spezialisten auszubilden, die an das Zeichenbrett, in das Laboratorium oder in den Betrieb gestellt, sofort ihre Arbeit aufnehmen können; unser Ziel muß vielmehr darin bestehen, Ingenieure auszubilden, die sich in kurzer Zeit in jedes, zunächst auch scheinbar abseitsliegende Gebiet der Metallurgie einarbeiten können, wenn sie nur einmal seine „Technik“ erfaßt haben, um einmal den Ausdruck „Technik“ in dem falschen Sinne, wie es häufig geschieht, anzuwenden, nämlich als Gegensatz zur Wissenschaft.

Dieses Ziel läßt sich nur erreichen, wenn die Studierenden wohl eine klare Arbeitslinie befolgen, sich aber auch noch mit anderen, außerhalb der eigentlichen Fachrichtung liegenden Dingen beschäftigen.

Diese Vereinigung von Allgemein- und Fachbildung ist aber nur möglich, wenn man sich bei der Fachausbildung bewußt auf das Grundsätzliche konzentriert und das den verschiedenen Hüttenprozessen Gemeinsame klar herausstellt. Die Erkenntnis der Zusammenhänge läßt sich am sichersten durch die eigne Forschung erarbeiten. Es erscheint daher richtig, den Studierenden sofort mit Beginn des eigentlichen Fachstudiums mit kleineren Forschungsarbeiten zu beschäftigen. Damit setzen wir nur die gute Tradition

des leider allzu früh verstorbenen Altmeisters der Metallhüttenkunde, meines Lehrers und Vorgängers Borchers, fort, der schon im Jahre 1912 mit Recht behaupten konnte:

„Der im Institut unbeirrt durch andere Anschauungen durchgeführte Grundsatz, die Studierenden von vorneherein durch Forschungsarbeiten in das von ihnen gewählte Fach einzuführen und für ihren späteren Beruf vorzubereiten, scheint sich auf das Beste bewährt zu haben.“

Ich bin mir bewußt, daß den hohen Anforderungen nur bei freiwilliger nicht erzwungener Mitarbeit genügt werden kann, und wenn die akademische Jugend sich den Ausspruch von Mommsen vor Augen hält:

„Der Baum der Wissenschaft trägt wie der der Hesperiden seine goldenen Äpfel nur für den, der sie selbst bricht; anderen kann man sie zeigen, aber nicht geben.“

