Société des Naturalistes Luxembourgeois
Gesellschaft Luxemburger Naturfreunde

Les auteurs sont responsables de leurs publications. — Tous droits de reproduction et de traduction réservés.
Für Inhalt und Form der Beiträge tragen die Autoren selbst die Verantwortung. Nachdruck und Übersetzungsrecht vorbehalten.

N° 12a. 31. 12. 1926.

Sommaire: *Dr. Aug. Jungblut:* Die technische Herstellung von reinem Wolframmetall. — *Fr. Schneider:* Zellkonstanz und deren Beziehung zur Lebensdauer. — Table des matières.

Die technische Herstellung von reinem Wolframmetall.

Von Dr. **Aug. Jungblut,** Dipl.-Ing.

HISTORISCHES. Das Wolfram kommt in der Natur nur sparsam und nie im gediegenen Zustande, sondern immer in der Gestalt von wolframsauren Salzen, Wolframaten, vor.

Im Jahre 1781 zeigte Scheele von dem Mineral «Tungstein» (hiervon der französische Name des Metalles: tungstène), daß es eine Verbindung aus Kalkerde und einer *eigentümlichen Säure* sei. Er stellte diese Säure rein dar, und betonte besonders die Unterschiede derselben in den Reaktionen gegenüber der von ihm früher entdeckten «Wasserbleysäure», d. i. Molybdänsäure. (1778). Später wurde das Mineral zur Ehre des großen Chemikers in «Scheelit» umgetauft. (Bereits 1761 hatte Lehmann eine Analyse des Wolframits (Eisen-Mangan-Wolframat) unternommen und die Wolframsäure abgetrennt; jedoch fehlte ihm der Gedankenblitz, den Scheele hatte, in der Wolframsäure etwas bis dahin Unbekanntes, etwas Neues entdeckt zu haben.)

1783 unternahmen die Gebrüder Juan Joseph und Fausto d'Elhuyar, zwei spanische Gelehrte, die Analyse des Wolframits, und stellten fest, daß in demselben die nämliche eigentümliche Säure enthalten sei, wie in dem von Scheele untersuchten Tungstein, nur an Eisen und Mangan gebunden statt an Kalkerde. Es gelang ihnen gleichzeitig, das Metall aus der Wolframsäure zu reduzieren; sie stellten das spez. Gew. zu 17 fest, beschrieben einige Oxyde und stellten sogar Ferrolegierungen dar. Die Feststellungen der spanischen Gelehrten wurden bald von bekannten Chemikern wie Gmelin und Klaproth bestätigt.

ROHSTOFFE UND VORKOMMEN, PRODUKTION. Die wichtigsten wolframhaltigen Mineralien sind: der Scheelit, WO_4Ca, der Wolframit, WO_4 (Mn-Fe), der Scheelbleispat, WO_4Pb; alle diese Mineralien fallen durch ihr hohes spez. Gew. von über 7 auf. Die wichtigsten Produktionsländer sind: Erzgebirge mit ca. 250 Tons, England ca. 300 t, Kolorado ca. 1700 t, Queensland ca. 1000 t, Argentinien 800 t, Portugal und Spanien 1000 t jährlich. Man kann heute eine Weltproduktion von 11—12 000 t Erz, mit 4 500 t Metallgehalt, annehmen.

EIGENSCHAFTEN DES METALLES. Das Wolfram als chemisches Element gehört in die Sauerstoffgruppe, mit Chrom, Molybdän, Uran. In chem. Hinsicht ist es charakterisiert als säurebildendes Element, als leicht oxydierbares Metall, allerdings erst bei höheren Temperaturen. Das Wolfram besitzt das hohe spez. Gew. von 18,7 (wie Uran), und wird hierin nur von den Edelmetallen Gold (19,3), Platin (21,4), Osmium (22,5), und Iridium (22,4) übertroffen. Das Atomgewicht ist ebenfalls sehr hoch (184), über ihm stehen in der Sauerstoffreihe nur mehr die radioaktiven Elemente Polonium und Uran. Die spezifische Wärme des Metalles ist 0,036, also ziemlich klein. Die hervorstechendste Eigenschaft des reinen Wolframmetalles aber ist sein enorm hoher Schmelzpunkt. Derselbe beträgt nach neuesten Feststellungen für reinstes Metall 3660° (± 20°). Daß derselbe bis heute immer niedriger angenommen wurde, hat seine Ursache darin, daß allerreinstes Metall erst seit kurzer Zeit hergestellt wird — bekanntlich wird bei allen Körpern der Schmelzpunkt durch Verunreinigungen herabgedrückt. Spuren von Fremdmetallen (Eisen und Molybdän), Sauerstoff- oder Kohlenstoffverbindungen (Oxyde und Karbide), welche sehr schwer zu vermeiden sind, da eben diese Elemente die größte Affinität zum Wolfram haben, setzen den Schmelzpunkt bereits wesentlich herab. Eine andere sehr wichtige Eigenschaft des Metalles ist seine Härte. Diese tritt besonders in den Legierungen mit Eisen hervor, und zwar behalten diese Verbindungen ihre Härte auch beim Erhitzen bis auf Rotglut fast unverändert bei.

ANWENDUNGEN.
a) zu Legierungen
b) in der Glühlampenindustrie. Man hat bereits frühzeitig die für die Technik wertvollen Eigenschaften des Wolframmetalles erkannt: seine große Härte und sein hoher Schmelzgrad. Die Seltenheit des Metalls und dessen schwierige Verarbeitung verhinderten jedoch lange Zeit hindurch eine Verwendung in größerem Maßstabe.

Zuerst erhielten die Ferrolegierungen Bedeutung: nachdem man erkannt hatte, daß Stahl durch Zusatz von 2—3 % Chrom und 7—9 % Wolfram die Eigenschaft erhält, selbst noch bei beginnender Rotglut nichts von seiner ursprünglichen Härte zu verlieren, war dem Wolfram der Weg in die Technik geöffnet. Diese sog. Rapidstähle, Schnell-Drehstähle, welche auch beim Glühendwerden ihre Schärfe behielten und so ein ununterbrochenes Bohren, Hobeln und Drehen ohne Abkühlung gestatteten, reformierten die ganze Metallbearbeitungstechnik. Es kam hierbei wesentlich zu statten, daß das Wolfram zu diesen Legierungen nicht im reinen Zustande benötigt wurde, ja man brauchte sogar nur die Erze zusammen zu verhütten, um direkt hochwertige Ferrowolframlegierungen zu erschmelzen; diese Ferrowolframe werden dem Stahlbade einfach in berechneter Menge zugesetzt. Es ist interessant zu erfahren, daß gewisse Wolframlegierungen wegen ihrer Härte sogar zum Glasschneiden benutzt werden.

Die zweite Eigenschaft des Wolframmetalles, welche erst seit kurzer Zeit voll ausgenutzt wird, ist seine Strengflüssigkeit.

Erst seitdem Edison die Glühlampe erfunden hat, konnte die elektrische Beleuchtung den ungeahnten Aufschwung nehmen, den wir heute mit Stolz feststellen. Jedoch Edison hatte bereits mit den Schwierigkeiten zu kämpfen, welche die Unzulänglichkeit des Materials ihm in den Weg stellten. Soll ein Körper Licht ausstrahlen, so muß derselbe erhitzt werden — und zwar steigt die Lichtausstrahlung auf Kosten der Wärmeausstrahlung im potenzierten Maße mit der Temperatur. In andern Worten, je höher es gelingt, den Licht ausstrahlenden Körper zu erhitzen, um so geringer werden im Verhältnis die Verluste durch Wärmeausstrahlung, also der Energieverbrauch pro Einheit der *Licht*stärke. Edison löste das Problem auf eine wirklich elegante und ingeniöse Weise, indem er den einzigen seinerzeit zur Verfügung stehenden Stoff mit genügend hohem Schmelzpunkt heranzog, nämlich den Kohlenstoff. Die Kohlenfadenlampe stellte jahrelang die einzige in der Praxis bewährte Form der elektr. Glühlampe dar, und heute noch leistet dieselbe für Spezialzwecke wertvolle Dienste. Der Nachteile waren aber eine ganze Reihe an der Kohlenfadenlampe: die Verbrennung des Fadens an der Luft wurde zwar unmöglich gemacht, indem man denselben in einer luftleeren Glasbirne zum Glühen brachte. Jedoch gelang es nicht, die Temperatur des Fadens genügend zu steigern, um ein helles, wirtschaftliches Licht zu erzeugen. Die Lampe leuchtete immer nur gelblich und hatte großen Stromverbrauch. Dies wurde anders, als man dazu überging, den Leuchtkörper aus schwerschmelzbaren Metallen herzustellen. Man versuchte Platin, Osmium, und

verschiedene Legierungen. Der Stromverbrauch dieser Lampen war nur ein Drittel gegenüber der alten Kohlenfadenlampe, da der Ohm'sche Widerstand des Metallfadens gering war, und man bis nahe an den Schmelzpunkt der Metalle herangehen konnte. Man kann die Temperatur dieser Lampen beim Glühen auf 1500° schätzen. Weil es aber bei dem derzeitigen Stande der Technik unmöglich war, die gut leitenden Metallfäden zu genügender Länge auszuziehen, um die in den üblichen Stromnetzen verfügbare Spannung auszunutzen, mußte man sich auf Schwachstromlampen beschränken. (Osmiumlampen). Alle diese Arten von Lampen hatten keine Zukunft, da die benutzten Edelmetalle zu selten und zu teuer waren. Hierin wurde Wandel geschaffen, als die Firma Siemens-Halske die Tantallampen auf den Markt brachte. Das Tantal ist ein Metall von äußerst hohem Schmelzpunkte, ca. 2900°, übertrifft also die Edelmetalle noch um ein Bedeutendes. Das Tantal ließ sich in genügender Länge zu Fäden ausziehen, um für Starkstromlampen brauchbar zu sein. Der Faden war auch mechanischen Beanspruchungen gegenüber sehr widerstandsfähig, sodaß die Edison'sche Kohlenfadenlampe bald in den Hintergrund gedrängt wurde, besonders auch durch den verringerten Stromverbrauch. Jedoch die Technik ruhte noch nicht, denn man hatte längst berechnet, daß bei weiterer Steigerung der Temperatur des Leuchtfadens noch große Ersparnisse im Energieverbrauch zu erzielen wären. Hier kam das Wolfram wie gerufen. Man versuchte erst auf allerhand Wegen, das spröde und strengflüssige Metall in Drahtform zu bringen. Es gelang nach vielen Arbeiten; allerdings konnten die ersten «gespritzten» Drähte es an Haltbarkeit, besonders gegenüber mechanischen Beanspruchungen, nicht mit der Tantallampe aufnehmen, doch die erzielten Ersparnisse im Stromverbrauch ließen die Erfinder nicht rasten. Heute werden alle Glühlampen nur mehr aus dem einzigen geeigneten Material, aus Wolfram, hergestellt. (Osramlampe, 1906, «70 °/. Stromersparnis».)

Man schätzt jetzt die Weltproduktion an Glühlampen im Jahre auf etwa 400 Millionen Stück; nimmt man auch nur ein Durchschnittsgewicht der Glühfäden von 5 Centigramm an, so entspricht dies einem Verbrauch von 20 Tonnen Metall. Daneben wird heute massenhaft reines Wolframmetall in Stab- und Plattenform zu elektrischen Kontakten verbraucht, als Ersatz für Platin. Der größte Teil der Jahresproduktion an Wolfram geht allerdings in unreiner Form in die Stahlfabrikation.

Wir wollen nun kurz den Fabrikationsgang der Wolframglühfäden betrachten.

VERARBEITUNG UND REINIGUNG DES ROHMATERIALS. Vorweg sei bemerkt, daß die Herstellung und Reinigung des Rohmaterials, der Wolframsäure, aus dem Erz in Spezialfabriken vorgenommen wird; dies ist nämlich eine rein chemisch-technische Operation, während die Darstellung und Verarbeitung des Metalles selbst, eher eine metallurgische und mechanische Fabrikation darstellt.

HERSTELLUNG DER REINEN WOLFRAMSÄURE. Das Erz wird nach der Sortierung und Waschung mit Alkalikarbonat durch Schmelzen aufgeschlossen. Hierdurch geht die an Schwermetalle resp. Calcium gebundene Wolframsäure in das lösliche Natriumsalz über. Hieraus wird die Wolframsäure mittelst Mineralsäure ausgefällt, durch öfteres Lösen in warmer alkalischer Lauge oder Ammoniak und Wiederausfällen, resp. durch Schmelzen mit Natriumkarbonat und Kristallisation der gebildeten Wolframate, gereinigt. Diese Wolframate haben je nach der Menge des angewandten Alkalis und der sonstigen Reaktionsbedingungen verchiedene Zusammensetzung: Normal-Wolframat = Na_2WO_4, Para-Wolframat = $Na_{10}W_{12}O_{41} + H_2O$, Meta-Wolframat = $Na_2W_4O_{13} + H_2O$.

Aus den rein dargestellten Wolframaten wird die Wolframsäure als Hydrat ausgefällt. Dieselbe wird meistens noch geglüht und kommt als Anhydrid WO_3, ein schweres gelbes Pulver, in den Handel. Viele Wolframfabriken beziehen aber die wasserhaltige Säure (mit 92—93 ·/. WO_3) direkt und glühen dieselbe im eigenen Betriebe aus. Es ist dies eine Kalkulationsfrage. Neuerdings wird in vielen Betrieben anstelle der Wolframsäure, das Ammoniumparawolframat, $5(NH_4)_2O$, $12WO_3$, $11H_2O$, mit ca. 86 ·/. WO_3, als Rohstoff benutzt; dasselbe geht durch Glühen direkt in das Anhydrid über. Das hieraus gewonnene Wolframanhydrid ist gröber krystallisiert als das gefällte und wird aus dem Grunde von verschiedenen Fabrikanten vorgezogen. Der Reinheitsgrad ist auch besser. Wie schon bemerkt, muß die Wolframsäure absolut frei sein von Molybdän- und Eisenspuren, da man sonst nie ein Wolframmetall mit genügend hohem Schmelzpunkt und genügender Dehnbarkeit erhält.

REDUKTION DER WOLFRAMSÄURE ZU METALL. Die reine und wasserfreie (eventuell bei Hydrat und Parawolframat vorher ausgeglühte) Wolframsäure, also die Verbindung WO_3, wird in mit Gas oder besser, elektrisch geheizten Röhrenöfen im Wasserstoffstrom reduziert. Dies geschieht in heller Rotglut, etwa 1200 °. Das WO_3-Pulver

befindet sich hierbei in Schiffchen aus Molybdän-Blech, das einzige bei dieser Temperatur zu diesem Zwecke geeignete Material. Der Wasserstoff muß absolut rein und trocken sein. (Trocknung mit $CaCl_2$ und H_2SO_4). Spuren von Arsen, Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasserdampf, müssen vermieden werden. Es ist vorteilhaft, den Wasserstoff im Betriebe selbst elektrolytisch herzustellen.

Die Heizung der elektr. Öfen ist sehr einfach: das Rohr, in welchem die Reduktion vor sich geht, besteht aus Graphit und stellt selbst den Heizkörper dar. Auf niedrige Spannung (bei Öfen von ca. 1 m Länge auf 20—30 Volt, bei geringerer Länge entsprechend weniger) transformierter Wechselstrom wird an beiden Enden mittelst starker Klemmen zugeführt und das Rohr kommt durch Joule'sche Wärme zum Glühen. Die entwickelte Hitze ist sehr konstant und leicht regulierbar, Verunreinigungen durch Verbrennungsgase sind ausgeschlossen. Es ist selbstverständlich, daß vor dem Anheizen die Luft in allen Teilen des Apparates durch Wasserstoff verdrängt sein muß.

Das so gewonnene Wolframmetall-Pulver hat bei richtiger Arbeit und gutem Ausgangsmaterial einen Reinheitsgrad von 99,98—99,99 %, stellt also eines der reinsten technisch erzeugten Produkte dar. Es ist ein schweres, graues Pulver, welches in diesem feinverteilten Zustand leicht von chemischen Agenzien angegriffen wird.

PRESSEN DES METALLPULVERS ZU STÄBEN.

Das Wolframpulver wird in einer hydraulischen Presse in Stahlformen zu viereckigen Stäben von etwa 6 mm Breite gepreßt. Da dies ohne Bindemittel geschehen muß, ist man gezwungen außerordentlich hohe Drucke anzuwenden, um den sog. kritischen Kohäsionspunkt zu überwinden. Dieser Druck schwankt je nach der Art der Wolframpulverteilchen: ob amorph, grob oder fein krystallinisch, und beträgt etwa 500 Kg/qmm. Man sucht immer möglichst krystallinische und amorphe Teilchen gleichzeitig in der Mischung zu haben, da die Krystallform für die Qualität des zukünftigen Drahtes eine sehr große Bedeutung hat. Daher die Mannigfaltigkeit in der Auswahl des Ausgangsmaterials, je nach den Erfahrungen des Betriebsleiters.

Richtig gepreßte Stäbe haben bereits einen gewissen Zusammenhang und können leicht hantiert werden; sie halten natürlich keine starken mechanischen Stöße aus.

VORBRENNEN UND SINTERN. Die Preßlinge werden jetzt in einem mit Gas oder besser elektrisch geheizten Röhrenofen, der etwas kleiner ist als der Reduktionsofen, während etwa 8—10 Minuten auf 1200—1300° erhitzt. Dies geschieht in einer Wasserstoffatmosphäre, indem reiner Wasserstoff durch die Röhre durchgeleitet wird — immer unter den bekannten Vorsichtsmaßregeln. Der ausströmende Wasserstoff wird entzündet. Das Vorbrennen hat den Zweck, das Metallpulver dichter zu gestalten und die letzten Spuren von Sauerstoff und Schmutz zu entfernen, da dies aus dem gesinterten Metall nicht mehr möglich ist.

Die auf diese Weise vorbereiteten Presslinge werden nach der Abkühlung in den Sinterapparat gebracht. Dieser stellt eine bewegliche Glocke dar, die mit Wasser gekühlt ist. In derselben befindet sich eine starke, von innen ebenfalls mit Wasser gekühlte Kupferklemme mit Klemmbacken aus Molybdänmetall, in welche der Preßling eingespannt wird und welche den elektr. Strom zuführt. Senkrecht hierunter ist ein Napf mit Quecksilber, in welches das zweite Ende des Stabes eintaucht: hierdurch ist sowohl ein guter Stromaustritt wie gleichzeitige Ausdehnungsmöglichkeit für den erhitzten Stab gewährleistet. Etwa verflüchtigtes Quecksilber kondensiert sich an den wassergekühlten Teilen des Apparates und fließt in einer Rinne zurück. Durch die Glocke wird während der Sinteroperation Wasserstoff durchgeleitet, ein gasdichter Abschluß wird durch Eintauchen des Glockenrandes in Quecksilber erzielt.

Das Sintern hat zum Zweck, die einzelnen Teilchen des Metallpulvers durch oberflächliches Schmelzen zusammen zu schweißen. Hierdurch erhält der Stab ein homogen metallisches Gefüge unter gleichzeitiger Wahrung der ursprünglichen Krystallstruktur. Das Sintern wird durch elektr. Widerstandsheizung im Stab selbst hervorgerufen. Man führt durch die Einspannklammer einen transformierten Wechselstrom von 15—20 Volt zu. Die Stromstärke, welche nach und nach gesteigert wird, beträgt mehrere Tausend Ampères. Durch den Übergangswiderstand zwischen den einzelnen Metallpulverpartikelchen entsteht eine so große Hitze, daß innnerhalb einiger Minuten der Stab auf Weißglut erwärmt ist. Die Sintertemperatur beträgt ca. 2500°, bei Unachtsamkeit steigt dieselbe über 3000°. Hierbei tritt ein Schmelzen des Metalls im Innern des Stabes ein und es entstehen Hohlstäbe, indem das Metall ausfließt. Die Wärmeausstrahlung ist bei diesen Temperaturen nämlich so intensiv, daß das Metall äußerlich wesentlich kälter bleibt als im Innern und der Kern zum Schmelzen kommt, während die Außenhülle fest bleibt. Auch ein ober-

flächliches Verbrennen tritt ein, indem bei den hohen Temperaturen das Wolfram begierig die unvermeidlichen Spuren von Sauerstoff des Handelswasserstoffs an sich reißt. Schönste blaue und violette Anlauffarben zeugen für die oberflächliche Oxydbildung. Wegen der Wahrung der mehrfach erwähnten Krystallstruktur des Metalles vermeidet man ein Schmelzen, anderseits aber ist genügendes Sintern erfordert, damit das Metall nicht porös bleibe. In beiden Fällen eignen sich die Stäbe nicht zur Drahtzieherei. Der Betriebsleiter muß alle seine Aufmerksamkeit auf die Sinterarbeit richten, denn von ihr hängt wesentlich die Güte des Endproduktes ab. Man verfolgt den Vorgang durch ein tiefschwarzes Glimmerfenster, durch das man den gepeinigten Stab sich winden und dehnen sieht. Trotz der Schwärzung der Scheibe strahlt der Vorgang ein helles Licht aus, welches den Raum erhellt. Diese hohen Temperaturen können nur mit optischem Pyrometer gemessen werden, da kein Material denselben standhält.

Inklusive Anheizen und Abkühlen des Stabes, welches sehr langsam zu geschehen hat, beträgt die Dauer der Sinteroperation etwa 10—15 Minuten. Die Maximalstromstärke wirkt während 1—2 Minuten ein.

Bei zu raschem Arbeiten verbiegen sich die Stäbe. Eine einfache Probe, um genügendes Sintern festzustellen, besteht darin, daß man auf die fertigen Stäbe Tintenstriche aufzeichnet: an den Stellen die noch porös sind, wird die Tinte sofort aufgesaugt. Die Enden an welchen der Stab eingeklemmt war, und die wegen der Wärmeleitung nicht genügend hoch erhitzt wurden, gehen in den Ausschuß; dieser wird durch Lösen in Säuren wieder aufgearbeitet.

HÄMMERN DER STÄBE. Die gesinterten Stäbe werden jetzt gehämmert, um ihnen die zukünftige Drahtform zu verleihen und das noch sehr spröde Metall dehnbar zu machen. Die Stäbe werden, um ein Reißen zu verhindern, in einem elektr. Ofen auf 1600—1700° erhitzt und sofort in die bereits im Gang befindliche Hämmermaschine gebracht. Diese Maschine besteht aus zwei Backen aus Spezialstahl, welche in einer eigenartigen Führung durch Motorantrieb gegeneinander hämmern. Diese Backen haben Aussparungen von dem Durchmesser des zu erzielenden Drahtes. Erst wird der viereckige Stab zur runden Stange ausgehämmert, danach passiert diese unter beständigem Wiedererhitzen eine ganze Serie von Backen mit immer kleinerem Durchmesser, bis zu ungefähr 1—0,7 mm Durchmesser. Bei diesem Dm. ist das Metall genügend dehnbar geworden, um zu kleineren Durchmessern gezogen zu werden. Das Hämmern bei hoher Temperatur ruft eine weitgehende

Änderung des krystallinischen Gefüges hervor, die Krystalle dehnen sich, und der Zwischenraum zwischen ihnen und dem amorphen Teil vergrößert sich. Die langgestreckten Krystalle sind biegsam und dehnbar, sie sind ausschlaggebend für die Güte der Fäden. Man hat also dafür zu sorgen, daß möglichst wenig amorphes Material beigemischt ist. Die Wahl des Ausgangsmaterials — nicht minder wie die Details der Verarbeitung selbst — erfordert große Erfahrung von Seiten des Betriebsleiters.

ZIEHEN DER WOLFRAMFÄDEN. Die zu einem Dm von etwa 0,7 mm ausgehämmerten Drähte werden nun weiter gezogen. Die Fadenzieherei ist die feinste und schwierigste Arbeit des ganzen Betriebes. Das Ziehen geschieht auf ca. 10 m langen Bänken; auf diesen läuft in Schienen ein Wagen, welcher die Klemmbacken trägt, der Wagen wird mittelst Kettenzuges von einem Elektromotor angetrieben. Man hat meist mehrere Bänke in Betrieb, wovon ein Teil die gröberen Durchmesser, ein Teil die feinsten Fäden liefert.

Für den Grobzug werden die zugespitzten und angewärmten Drähte durch eine durchlochte Platte aus einer Molybdän-Stahl-Legierung durchgesteckt, in die erwähnte Klammer gespannt und vorsichtig angezogen. Das Loch der Ziehplatte ist konisch ausgearbeitet, mit der großen Öffnung zur Seite des noch unverarbeiteten Drahtstückes. Die kleine Öffnung bestimmt den Dm des gezogenen Drahtes. Natürlich werden trotz der großen Härte der benutzten Molybdänlegierung die Ziehplatten abgenutzt und liefern immer gröbere Durchmesser. Man hat also durchgängig nur feine Durchmesser anzuschaffen.

Der Feinzug geschieht durch gelochte Diamanten; die Fäden werden direkt auf metallene Spulen aufgewickelt. Es können Fäden bis zu 10-Tausendstel Millimeter gezogen werden. Das Metall ist jetzt silberweiß und hat ein spez. Gew. von fast 19.

Die Fäden müssen absolut genaues Kaliber haben und vollkommen rund sein: die geringste Ungleichmäßigkeit im Profil verursacht ein Druchbrennen der zukünftigen Lampe.

Von der Feinheit dieser Drähte kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß dieselben 5—10 mal feiner als Haare sind, 1 kg Metall gibt einen Faden von mehreren Hunderttausend m Länge. Der Durchmesser derselben — der während des Ziehens andauernd kontrolliert wird — kann nicht mehr mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln bestimmt werden. Das Mikrometer zeigt nur bis hundertstel mm an, das Mikroskop gestattet nur Schätzungen. Man behilft sich in der Technik damit, indem man als Norm das Gewicht eines Fadens von 20 cm Länge in Mikron

(= Tausendstel Milligramm) angibt. Der Faden wird auf einer Torsionwage gewogen, die chem.-analytische Wage genügt nicht mehr, da sie nur Zehntel Milligramme anzeigt. Den Durchmesser entnimmt man nach der Gewichtsbestimmung aus einer Tabelle. (20 cm Faden von 0.016 mm Dm wiegen genau 1 Milligramm.)

Der Wert des Wolframmetalles schwankt natürlich je nach dem Stadium der Verarbeitung: während das reinste Metall in Pulverform etwa 75 fr/kg kostet, notieren gesinterte Stäbe bereits 700 fr, feinste Fäden bis zu 250 000 fr/kg. Zur Einrichtung einer Wolframfädenfabrik ist sehr viel Anlagekapital erfordert, die Apparate müssen alle äußerst exakt gearbeitet sein. Der Betriebsleiter muß ein sehr gewandter und gewissenhafter Spezialist sein, da die geringsten Unregelmäßigkeiten im Betrieb Ausschuß liefern.

Es ist interessant zu erfahren, daß man heute wieder zum alten Spritzverfahren zurückkehrt. Namhafte Firmen erzeugen wieder Drähte nach diesem Verfahren, und zwar solche mit einem Zusatz von ca. 2 % Thoriumoxyd, wodurch die Leuchtkraft stark verbessert wird. Das pulverförmige, reine Wolframmetall wird in feinster Mischung mit dem Thoriumoxyd, glühend heiß (bei 2400—2600 °) durch Diamantdüsen durchgepresst und sofort weiter gezogen. Der Arbeitsgang ist also wesentlich vereinfacht. Diese Fäden bestehen ebenfalls nur aus einem einzigen, sehr langgestreckten Metallkrystall.

ANHANG. DIE HERSTELLUNG VON MOLYBDÄN-METALL.

Das Molybdän wird auf genau gleiche Weise wie das Wolfram gewonnen. Als Rohmaterial dient die blaßgelbe Molybdänsäure im entwässerten Zustande, MO_3. Dieselbe wird mit Wasserstoff reduziert, gesintert und gehämmert, genau wie Wolfram. Nur ist der Arbeitsgang viel einfacher, da das Molybdän leichter zu bearbeiten ist als das Wolfram, und meist chemisch reines Metall nicht gefordert wird. Man stellt meist direkt Legierungen her, welche wegen ihrer Härte Verwendung finden. Reines Molybdän wird sehr viel verbraucht für die Fadenträger der Glühlampen, sowie für die Elektronenröhren der drahtlosen Telegraphie und der Röntgentechnik.

Das spezifische Gewicht des Molybdän ist 9, der Schmelzpunkt ca. 2700 °.

SCHLUSS-BEMERKUNG.

Ref. verdankt die techn.-metallurgischen Details dieser Beschreibung Herrn F. Knepper, Ing., Diekirch. Herr Knepper hat im Auftrag des Direktors der «Soc. An. Industrie de Bois»-Diekirch, Herrn F. Majerus, eine Wolframmetall-Fabrik mit

Fadenzieherei eingerichtet, welche der gen. Firma unter der Bezeichnung «Elektra», angegliedert ist. Es ist der Initiative der gen. Herren zu verdanken, hierzulande im Interesse der Volkswirtschaft eine neue und aussichtsreiche Veredelungsindustrie geschaffen zu haben. Herrn Knepper, der langjähriger Fachmann auf dem besagten Gebiete ist, erlaube ich mir an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank für seine Anregungen und Auskünfte auszusprechen.

Zellkonstanz und deren Beziehung zur Lebensdauer.

«Man hat», sagt Martini, «den Organismus eines Tieres oder einer Pflanze mit einem Zellenstaat verglichen, aber abgesehen, daß histologisch der Vergleich manchmal auf Schwierigkeiten stößt, unterscheidet solch ein Zellenstaat sich in der Regel von den entsprechenden menschlichen Einrichtungen durch straffere Organisation, und viel festere soziale Instinkte. Wenn auch Streiks, Versagen von Organen im Zellenstaat vorkommen, so sind deren Folgen einschneidender, als es für den menschlichen Staat gilt. Dies beruht auf der bis ins Extremste gehenden Spezialisierung der Zellen im Metazoenkörper, die soweit geht, daß die Teilungsfähigkeit der Einzelzellen zurücktritt und schließlich ganz erlischt.»

Das pflanzliche Leben ist virtuell unsterblich, eben weil embryonale Zellenherde das Wachstum in extremis fortsetzen können. Bei den Pflanzen ist die Zellenzahl eine unbeschränkte, wie auch ihre Form meistens unbestimmt ist.

Bei den Tieren nun aber mit beschränktem Wachstum, mit konzentrierter Organisation, mit streng funktionnel spezialisierten Zellen, wäre es nicht möglich, daß ihre Zellenzahl auch eine beschränkte wäre? Wie leicht würde sich dann das Lebensdauerproblem lösen können, das sich in diesem Falle auf die relativ exakte Untersuchung der spezifisch festgelegten Daten der Lebensdauer der Einzelzellen, wenn auch nur der wichtigsten Zellen stützen könnte, wobei als Unbekannte die äußeren Bedingungen und die Abhängigkeitsverhältnisse der Einzelzellen im Innern des Komplexes zu erforschen wären.

Schon lange war es aufgefallen, daß durchsichtige Tiere, wie Rädertiere und Tardigraden in gewissen, leicht zu übersehenden Organen z. B. im Darm und Körperepithel, in wenigzelligen