

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Willstätter-Lignin ein negativ geladenes Gel darstellt, das basische Stoffe, wie Alkalilauge, Ammoniak und basische Farbstoffe mehr oder weniger stark irreversibel sorbiert; wahrscheinlich ist der irreversible Endzustand das Ergebnis einer der normalen Sorption (Gleichgewicht) überaus schnell folgenden sekundären Reaktion, welche zu stabilen Sorptionsverbindungen bzw. Molekülverbindungen zwischen Substrat und Sorbendum führt.

Daneben zeigt das Lignin die Fähigkeit, auch saure Stoffe, wie z. B. Salzsäure und schweflige Säure, zu fixieren, wenn auch z. T. schwächer; Salzsäure wird nur von feuchtem Lignin sorbiert. Diese Vorgänge

deuten wegen ihres linearen Laufes auf feste Lösungen; da sich aber hier ebenfalls keine Gleichgewichte ausbilden, so ist anzunehmen, daß auch bei der Einwirkung der sauren Agentien eine Überlagerung des primären Vorganges durch chemische Bindung erfolgt. Dasselbe gilt von dem Verhalten von Jodlösungen gegen Lignin; hier ist der starke Verbrauch an Jod (bis zu etwa 58%, berechnet auf das Trockengewicht des Substrates) auffällig.

Binäre Neutralsalze, wie Chlorkalium, Silbernitrat usw., werden von Lignin nicht sorbiert, wohl aber saure Salze, wie z. B. Kaliumbisulfat.

In einer demnächst a. a. O. erscheinenden Abhandlung wird auf die Kolloidnatur und das Sorptionsvermögen der Ligninsäure eingegangen werden. [A. 128.]

Zur Geschichte des Bunsenbrenners.

Von Prof. Dr. HEINRICH BILTZ, Breslau.

(Eingeg. 7. Dezember 1927.)

In der Zeitschrift „Chemische Apparatur“¹⁾ wurde von Feldhaus festgestellt, daß etwa gleichzeitig und unabhängig von Bunsen²⁾ der nach ihm benannte Gasbrenner auch von dem Gasingenieur R. W. Elsner (1851, 1854) gefunden sei; auch Elsner hat die Gasflamme durch Einführung von Luft entleuchtet und Rußbildung verhindert.

Der Vorschlag, eine Leuchtgasflamme durch Beimengung von Luft im Brenner von der Rußabscheidung zu befreien, ist viel älter. Ich finde ihn in der deutschen Übersetzung von M. Faraday, „Chemische Manipulation oder das eigentlich Praktische der sichern Ausführung chemischer Arbeiten und Experimente“, Weimar, im Verlage des Großh. S. priv. Landes-Industrie-Comptoirs 1828, wo auf Seite 128—130 ausführlich über Gaslampen gehandelt wird. Für gewöhnliche Brenner wird beschrieben und durch Abbildung erläutert, wie über das Brennerrohr ein Konus aus Messing- oder Kupferblech an drei bis vier Armen befestigt wird, so daß er auf- und abwärts geschoben werden kann; er hat etwa die Form der jetzt üblichen Schornsteine der Bunsenbrenner; nur ist das obere Loch viel enger, nämlich etwas größer als die Brennerrohrerendigung. Durch Niederschieben des Konus erhält man

¹⁾ Chem. Apparatur 14, 252 [1927].

²⁾ Veröffentlicht durch Vortrag in London im November 1856; beschrieben in Poggendorffs Annalen 100, 43 [1857].

eine leuchtende Flamme, durch Heben eine entleuchtete. Entsprechende Vorkehrungen sind beschrieben für das Entleuchten einer Argandbrenner-Flamme und für kreisförmige Flammen. Dieser Faraday'sche Brenner wurde auf meine Veranlassung im Deutschen Museum durch ein Modell wiedergegeben.

Hieraus ergibt sich, daß das Prinzip, eine Gasflamme durch Beimengung von Luft zu entleuchten, auf Faraday zurückgeht; Bunsen gehört die allgemein eingeführte Ausführungsform. Bunsen beansprucht auch nicht mehr; er zieht seine Konstruktion den „Drahtnetzlampen“ des Heidelberger Laboratoriums und „anderen Vorrichtungen zur Hervorbringung regelmäßiger Flammen von verschiedener Leuchtkraft“ vor. Wie ich aus der Veröffentlichung von Feldhaus entnehme, ist die Elsner'sche Ausführungsformel nicht näher beschrieben worden. Er benutzt in irgendeiner Weise das Faraday-Prinzip zu einer Brennerkonstruktion, die ersichtlich für die Konstruktion des Bunsenbrenners nicht maßgebend ist.

Bemerkt sei, daß der ursprüngliche Bunsenbrenner unten in einem Vierkantstück vier runde Löcher für den Eintritt der Primär Luft besaß, die zur Erzeugung einer leuchtenden Flamme einzeln verstopft werden mußten. Die bequeme Möglichkeit der Regulierung durch ein drehbares Röhrchen ist erst später eingeführt worden.

[A. 149.]

Berichtigung.

In dem Vortrag von P. Jaeger, Stuttgart, „Fortschritte in der Anstrichtechnik“, Ztschr. angew. Chem. 40, 1516 [1927], ist auf der zweiten Spalte, Zeile 13 und 14 von oben, das Wort „nicht“ ausgelassen, es muß also heißen: „Man hat darauf, daß Leinöl erhärtete pflanzliche Öle nicht angreift, keine Rücksicht genommen“ usw.

Versammlungsberichte.

Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften.

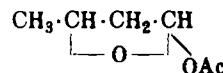
Berlin, 18. Januar 1928.

Prof. Dr. Max Bergmann, Dresden: „Einige Probleme aus der Chemie der Eiweißstoffe.“

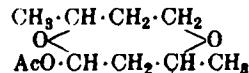
Würden wir aus der Elementaranalyse auf das Molekulargewicht von Eiweißstoffen schließen, so kämen wir beim Salmin auf den Umfang 2450, beim Hämoglobin auf 17 000, beim Leim hat man in kolloidaler, wässriger Lösung Teilchen vom Umfang 30 000 gefunden. In der Erklärung dieser großen Zahlen liegt das allgemeinste Problem der Eiweißchemie. Bedeuten solche Atomhaufen, daß die ganze große Anzahl der

in unseren Formeln aufgeführten Atome zu einem einzigen Molekül vereinigt sind, oder hat man die komplizierte Zusammensetzung und die umfangreichen Kolloidteilchen der Eiweißstoffe ganz anders zu verstehen? Sind es vielleicht nur Anhäufungen, Aggregationen viel kleinerer Moleküle, die durch Aneinanderreihung von kleinen Atomgruppen entstehen, so daß sie nach irgendeinem Prinzip im Raum angeordnet sind, aber doch deutlich voneinander unterschieden? Herzog und seine Schüler haben bei manchen Proteinen nach dem Röntgenverfahren Kristallinterferenzen erhalten und aus deren Lage auf recht kleine Moleküle geschlossen. Man könnte auch zugunsten der kleinen Moleküle die im Laboratorium des Vortr. durchgeführten Versuche anführen wollen, wonach es gelungen ist, aus einfach gebauten Stoffen durch einfache chemische Eingriffe Präparate vom typischen kolloidchemischen Verhalten der Eiweißstoffe zu gewinnen. Kein Befund hat bisher aber so viel Beweiskraft, daß die Frage der Molekülgröße der Proteine eindeutig entschieden werden könnte. Wir haben das Gefühl, vor einer Alternative zu stehen, deren Entscheidung weder in dem einen noch in dem anderen Sinne befriedigen kann. Entscheiden wir uns für die kleinen Moleküle, so wissen wir nicht, wie wir die verwickelte Zusammensetzung der Proteine und ihr chemisches Verhalten erklären können; nehmen wir große Moleküle an, dann sind die Eigenschaften

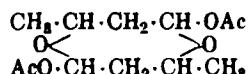
der kristallisierten Eiweißstoffe mit geringer Gitterperiode nicht ohne besondere Hilfshypothesen zu erklären. Wenn wir auf eine Frage keine klare Antwort finden, so müssen wir prüfen, ob vielleicht unsere Frage falsch gestellt ist. Tun wir recht, für jeden beliebigen Stoff im Sinne einer universellen Molekulartheorie anzunehmen, daß er aus Molekülen zusammengesetzt ist? Ist es richtig, zu glauben, daß die Atomstrukturen, die wir unseren Molekülen zuschreiben, unabhängig vom Aggregatzustand sind? Sind die Kräfte, welche molekulartige Gruppen in verschiedenen Aggregatzuständen miteinander vereinigen, chemisch wirklich so indifferent, wie wir es bisher allgemein angenommen haben? In diesen allgemeinen Fragen liegt eine der Ursachen, warum uns die Unklarheiten der Eiweißchemie nicht zur Ruhe kommen lassen. Die Molekulartheorie hat schon einmal versagt. Es ist allgemein bekannt, daß sie für kristallisierte anorganische Stoffe und speziell bei Ionengittern nicht ohne weiteres anwendbar ist, aber bei den indifferenten organischen Stoffen, zu denen die Eiweißkörper gehören, glaubte man das Fortbestehen des Moleküls durch alle Aggregatzustände beweisen zu können. Wir gehen hierbei von dem Gedanken aus, daß, wenn wir ein Gas, das aus einzelnen Molekülen aufgebaut ist, erst verflüssigen, dann verfestigen, die erhaltenen Kristalle wieder schmelzen und verdampfen, wir das ursprüngliche Gas mit all seinen chemischen und physikalischen Konstanten wiederbekommen, daß wir also, weil wir im Endzustand den Stoff genau wie im Anfangszustand erhalten, annehmen, daß die Moleküle in den Zwischenstadien mit all ihren charakteristischen Eigenschaften erhalten geblieben sind. Man darf aber nicht aus den Augen verlieren, daß dies ein indirekter Schluß ist, wir können nicht Wasserdampf mit flüssigem Wasser vergleichen. Wiederholt sind Vortr. Zweifel an der Richtigkeit dieses Gedankengangs gekommen, und er hat daher versucht, neue Experimente zu seiner Prüfung zu finden. Er hat hierzu das Acetyl-alcohol verwendet. Im Gaszustand entsprechen seine Moleküle dem Umfang der Formel



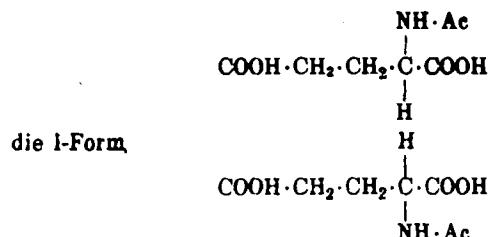
In Lösung dagegen hat die Verbindung eine Teilchengröße, die dem doppelten Umfange dieser Formel entsprechen würde, aber aus der Lösung kann man durch einfache Verdampfung des Lösungsmittels wieder ohne weiteres das gasförmige Alcohol der gegebenen Formel gewinnen und umgekehrt. Es handelt sich also hier zweifellos um verschiedene Formarten des gleichen Stoffes. Man könnte annehmen, daß in der Lösung zwei Gasmoleküle zusammengetreten sind, die aber ihre selbständige Existenz in demselben Strukturzustand wie im Gazzustand fortführen. Daß diese Ansicht jedoch nicht richtig ist, konnte Vortr. beweisen. Man kann die Oxyacetylgruppe durch Wasserstoff ersetzen. Wenn man diesen Versuch beim Acetyl-alcohol ausführt, werden aber nicht alle Acetyl-Sauerstoffgruppen beseitigt, sondern nur jede zweite, und es entsteht ein Stoff, dessen Kern nicht den Umfang von vier Kohlenstoffgliedern hat, sondern genau den doppelten Umfang; man erhält eine Verbindung



das heißt, das Acetyl-alcohol verhält sich in Lösung so, als ob es die Formel



hätte. Wir können weder durch die erste noch durch die letzte Formel das Acetyl-alcohol in seinen verschiedenen Aggregatzuständen erschöpfend wiedergeben. Um festzustellen, daß nicht erst durch den chemischen Eingriff die Veränderung des Moleküls bewirkt wird, die der Vortr. der Auflösung zuschreiben wollte, mußte er für die Beweisführung in den weiteren Experimenten sich nur auf Lösungsvorgänge beschränken. Er benutzte für diese Versuche die Acetyl-Glutaminsäure, die die Atome in einer solchen räumlichen Anordnung enthält, daß keine Symmetrie möglich ist. Die d-Form entspricht in der üblichen Schreibweise der Anordnung



Löst man nun die Rechtsform in einem Lösungsmittel, das etwas Essigsäureanhydrid enthält, und gewinnt daraus den Stoff wieder, dann ist er zu 50% in die Linksform übergeführt. An dieser Racemisation ist die Essigsäure schuld. Hier ist keine andere Erklärung möglich, als daß in der Auflösung der Acetyl-Glutaminsäure eine Verbindung mit dem Essigsäureanhydrid stattfindet; das vorübergehend sich bildende Aggregat muß weiterhin bei der Abscheidung der Acetyl-Glutaminsäure wieder zerfallen. Durch die Aggregation der Acetyl-Glutaminsäure mit dem Essigsäureanhydrid wird ihre Raumstruktur so beeinflußt, daß der Unterschied der Rechts- und Linksform vorübergehend aufgehoben werden kann. Durch die reversible Vereinigung der Acetyl-Glutaminsäure mit dem Essigsäureanhydrid wird die räumliche Anordnung der Acetyl-Glutaminsäure deformiert. Die Solvatbildung in der Lösung genügt, um die Molekülstruktur zu verändern. Nun ist ja bekannt, daß die optische Aktivität eines Stoffes oft auch vom Lösungsmittel abhängt. Man hat daraus auch schon auf eine Verbindung des Lösungsmittels mit dem gelösten Stoff geschlossen. Man konnte aber nicht schließen, daß die Verbindung mit einer Deformation bestimmter Atomgruppen verbunden ist. Das Eigenartige an solchen Racemisationen ist, daß der umgesetzte Stoff im Anfangs- und Endzustand die gleiche Zusammensetzung und eine äußerst ähnliche Atomanordnung hat. Der Übergang vom Anfangszustand zum Endzustand ist nicht anders zu erklären als durch eine vorübergehende tiefer greifende Änderung der Atomanordnung, die ursprüchlich zusammenhängt mit der Anwesenheit und der Menge eines zweiten Stoffes. Wir haben eine beträchtliche Anzahl derartiger Racemisationen von Eiweißbausteinen auffinden können; dabei haben wir auch Fälle kennengelernt, in welchen nicht ein einziger Stoff die Racemisation bewirkt, sondern ein Gemisch von zwei Stoffen, die, jeder für sich angewandt, unwirksam sind. Es muß also ein Aggregat aus mindestens drei Stoffen entstehen. Die Stoffe, die die Racemisation bewirken, brauchen oft nur in sehr geringen Mengen angewandt werden, nicht etwa im stöchiometrischen Verhältnis. Wir haben hier die typischen Kennzeichen einer katalytischen Reaktion. Man erklärt sich die Wirkung von Katalysatoren so, daß der Katalysator sich mit dem Substrat verbindet, und daß dann das Substrat eine Umwandlung viel schneller erleidet, als dies ohne Katalysator der Fall wäre. Die Versuche des Vortr. scheinen deutlich zu zeigen, daß die Aktivierung des Substrats nichts anderes ist als die normale Deformation, die jedes Atomsystem erleiden muß, wenn es in das Kraftfeld eines zweiten Atomsystems kommt, mag dies mit dem ersten identisch sein oder nicht. Der Atombau, die Affinitätsverhältnisse und der Chemismus eines einheitlichen chemischen Stoffes sind in den verschiedenen Aggregatzuständen nicht gleich, sondern bewegen sich zwischen zwei Extremen, deren eines das in selbständige Moleküle aufgeteilte ideale Gas, deren anderes der Kristall mit seinen übermolekularen Kraftfeldern ist. Zwischen dem Strukturzustand des Gases mit seinen selbständigen Molekülen und dem Kristallzustand durchläuft jeder Stoff eine ununterbrochene Reihe von Zwischenzuständen. Er wird dabei mehr oder weniger deformiert. Diese Deformation dürfen wir uns nicht so denken, daß die Anordnung der Atome in irgendeinem Zwischenstadium ganz regellos durcheinander geworfen wird; anderseits zeigt das Beispiel des Acetyl-alcohols, daß die räumliche Reihenfolge aller Atome nicht durch alle Aggregatzustände hindurch unverändert erhalten bleiben muß. Die Veränderungen, die die Atome des gleichen Stoffes durchmachen, sind nicht immer gering, sie sind aber streng reversibel und daher leicht zu übersehen. Unsere chemischen Einheitsformeln können vorerst auf die Deformation der Atomgruppen keine Rücksicht nehmen, sondern stellen jeden Stoff so dar, als ob er als ideales Gas vorläge. Dieser Vorteil wird zum Fehler, wenn ein Stoff in einem Zustand

untersucht wird, in dem von einem selbständigen Molekül nicht die Rede sein kann. Wir können den Quarzkristall nicht unserem Verständnis näherbringen, indem wir ihm eine molekulare Formel von einem Silicium und zwei Sauerstoffen zuschreiben; ebenso müssen wir es ablehnen, nach dem Molekül eines komplizierten Eiweißstoffes zu fragen. Selbst wenn es gelingen wird, die verhältnismäßig kleinen Bausteine, welche bei manchen Proteinen Röntgeninterferenzen hervorbringen, nach ihrem Atombau zu deuten, oder wenn es sich einwandfrei zeigen läßt, daß aus kleinen Atomgruppen ein Eiweißstoff reversibel aufgebaut werden kann, können wir nicht zufrieden sein; wir müssen die Aneinanderreihung der Gruppen studieren und die Kräfte, die sie zusammenhalten, wenn wir den Chemismus der Proteine verstehen wollen. Die Chemie der Eiweißstoffe wird durch diese Gedankengänge gewiß nicht einfacher gemacht, aber sie tragen zur Präzisierung der chemischen Problemstellung bei. Den größten Nutzen der modernen Proteinchemie und überhaupt der Erforschung der hochmolekularen Naturstoffe sieht Vortr. darin, daß sie uns die Notwendigkeit klargemacht haben, die Chemie des Moleküls auf die Chemie der Aggregatzustände auszudehnen und die Kräfte zu erfassen, die die kleinsten Atomgruppen der Stoffe zu gegenseitiger Verbindung zusammenfassen. Die Erfassung der Aggregatkräfte ist nicht so aussichtslos wie man glaubt. Ein Weg dazu ist uns schon durch die Lehre von den Verbindungen höherer Ordnung von Werner und die Arbeiten Pfeiffers gewiesen. Leider ist die Lehre von den Verbindungen höherer Ordnung selbst in zu weitgehender Weise mit der Molekulartheorie in Verbindung gebracht worden, indem man nach Molekülen höherer Ordnung fragt. Entschließt man sich, sie davon freizumachen, dann werden daraus auch die Bemühungen jener Physiker Nutzen ziehen, welche wie Kossel oder Lewis aus dem Elektronenbau der Atome eine Valenzlehre der chemischen Stoffe ableiten wollen. Auch sie werden sich künftig nicht mehr bemühen, den Bau von selbständigen Molekülen bei Stoffen zu ergründen, die nicht als selbständige Moleküle vorliegen.

Exzellenz v. Harnack hebt die Bedeutung des Vortrags hervor, der einen Einschnitt in der Entwicklung eines Bezirkes der Chemie bedeutet. Die Tatsache, daß auch die Molekulartheorie nicht einen exzptionellen Charakter hat, daß wir uns auch hier nicht auf ein für alle Zeiten gegebenes bequemes Faubett niederlegen können, beweist, daß auch hier der Satz gilt: Es gibt keine absolute Erkenntnis, sondern nur Erkenntnisse, die dazu dienen, nach einigen Jahren zu weiteren Erkenntnissen ausgebaut zu werden.

Werkstofftagung.

Berlin, 27. Oktober 1927.

Reihe 11: Kupfer und seine Legierungen.

R. Müller: „Kupferlegierungen in der Feinmechanik“.

In der Feinmechanik haben Kupferlegierungen wegen ihrer Festigkeit, Kaltformbarkeit und Bearbeitbarkeit große Bedeutung. Die wichtigste Kupferlegierung der Feinmechanik ist das Messing, von dem zwei Arten, nämlich das Hart- und Schraubenmessing mit hervorragender Bearbeitbarkeit durch Schneidewerkzeuge und das Druckmessing mit seiner vorzüglichen Kaltbearbeitbarkeit in erster Linie in Betracht kommen. Die Neusilber- und Nickelin-Legierungen finden als Federmaterial und als Widerstandsmaterial Verwendung. Typische Widerstandsmaterialien für Belastungs- und Präzisionswiderstände sind Konstantan und Manganin. Von den Bronzen kommen reine Zinnbronzen und zinkhaltige Zinnbronzen sowie Aluminium-Bronzen in Frage. Für die Verwendung ausschlaggebend sind die hohen Festigkeits- und Elastizitätsgrenzen und die große Verschleißfestigkeit, welche die Bronze für Werkstoffe und stark dem Verschleiß ausgesetzte Teile, wie Schneckenräder und dgl., geeignet erscheinen läßt.

Reichsbahnrat Reitmeister, Kirchmöser: „Der Rotguß, seine Verarbeitung zu Gußstücken und seine Eigenschaften“.

Vortr. schildert den Einfluß des Rohmaterials auf die Qualität der Gußstücke. Aus der chemischen Analyse kann man nicht ersehen, ob man mit der Legierung gute oder schlechte Gußstücke erhalten wird. Auch aus Neumetallen hergestellte Gußstücke können schlechte Qualitätseigenschaften

zeigen. Dies hängt mit den Erstarrungsvorgängen des Rotgusses und den dabei auftretenden Seigerungen zusammen. Es gibt Kristallseigerungen, sowie normale und umgekehrte Zonenseigerungen. Fast alle unter normalen Umständen in Sandformen gegossene Rotgußstücke zeigen Kristallseigerungen. Eine Verminderung der Güteeigenschaften des Gußstückes tritt dadurch nicht ein. Von höchst schädlichem Einfluß sind dagegen die aus den Kristallseigerungen entstehenden Zonenseigerungen. Sie sind nicht nur als Erreger der inneren Porosität der Rotgußstücke anzusehen, sondern bilden auch die Ursache niedriger Verschleißfestigkeit, sowie schlechter Festigkeits- und Dehnungswerte. Es ist schwierig, die Güte von Rotgußteilen einwandfrei durch Zerreißprobe festzustellen, da die Festigkeits- und Dehnungswerte stark durch die Zerreißstabform beeinflußt werden. Auf Grund der bisherigen Forschungsergebnisse über das Wesen der Rotgußlegierungen ergeben sich für Konstrukteur und Gießereileiter neue Richtlinien, die beachtet werden müssen, um Höchstwerte mit diesen Legierungen zu erzielen.

W. Wunder, Berlin: „Messing und Sondermessing“.

Unter Messing versteht man die Zweistofflegierungen aus Zink und Kupfer, während man unter Sondermessingen die Drei-, Vier-, Fünf- und Mehrstofflegierungen anzusprechen hat, die dadurch gewonnen werden, daß man den reinen Messingen, also den Zink-Kupfer-Legierungen, ein, zwei, drei oder mehrere Elemente zusetzt. Um sich über den Gefügeaufbau der Messinge ein Bild zu verschaffen, hat man das Zustandsschaubild der Zink-Kupfer-Legierungen aufgestellt. Als Abszisse wählt man die Zusammensetzung der Messinge und als Ordinate die Temperaturen; trägt man in dieses Schaubild die Temperaturen von dem Beginn und dem Ende der Erstarrung sowie die etwaigen Umkristallisationen für jede Zusammensetzung ein und verbindet entsprechende Punkte durch Kurven, so erhält man Felder, die den Aufbau in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und der Temperatur wiedergeben. Aus diesem Zustandsdiagramm ersieht man, daß bei Raumtemperatur sämtliche Messinge von 100–61% Kupfer nur aus einer Kristallart, und zwar aus den kupferreichen α -Mischkristallen bestehen, während die Messinge unter 61% Kupfer bis etwa 54% Kupfer heterogen aufgebaut sind, d. h. aus zwei Kristallarten, und zwar den kupferreichen α - und den zinkreichen β -Mischkristallen bestehen. Da der kupferreiche α -Mischkristall bei Zimmertemperatur, und der zinkreiche β -Mischkristall bei Rotglut sehr gut knetbar sind, so wird man die Messinge, die nur aus α -Mischkristallen bestehen, für solche spanlosen Formungen verwenden, die bei Raumtemperaturen vorgenommen werden, wie z. B. Kaltwalzen, Kaltziehen, Kaltprägen, Kaltdrücken usw., und die Messinge, die aus $\alpha+\beta$ -Mischkristallen bestehen, für solche, die bei Rotglut ausgeführt werden, wie Warmwalzen, Warmpressen, Warmkneten, Warmziehen usw. Sollen sich die Messinge außerdem mit schneidendem Werkzeugen gut bearbeiten lassen, so gibt man ihnen einen Bleizusatz bis etwa 3,5% Blei. Hierdurch erreicht man einen kurzen, spritzigen Span, der die Werkzeuge wenig beansprucht. Da die Zugfestigkeit der reinen Messinge im gegossenen Zustand etwa 26 kg/mm² und im weichgeglühten Zustand höchstens 38 kg/mm² beträgt, so erhöht man die Festigkeit durch Zulegieren eines oder mehrerer Elemente und erhält für den weichgeglühten Zustand 70–80 kg/mm² und den gegossenen Zustand bis zu 50–70 kg/mm². Hierdurch werden Werkstoffe geschaffen, die den guten Stahlsorten gleichkommen. Durch diese Zusätze werden die Mischkristallgrenzen für die kupferreichen α - und die zinkreichen β -Mischkristalle, falls sie von diesen beiden Mischkristallarten auch im festen Zustand gelöst werden, verschoben. Je nachdem nun die Grenzen nach der Kupfer- oder Zinkseite verlegt werden, unterscheidet man zwei Gruppen von Zusätzen, die eine Gruppe erhöht scheinbar den Kupfergehalt, die Mischkristallgrenzen werden also nach der Zinkseite verschoben, während die andere Gruppe scheinbar den Kupfergehalt erniedrigt. Die Mischkristallgrenzen werden nach der Kupferseite gerückt. Zur ersten Gruppe gehört das Nickel und zur zweiten alle anderen Elemente, wie Mangan, Aluminium, Zink, Magnesium, Silicium, Blei und Eisen. Den einzelnen Zusatzelementen kommen Wertkoeffizienten zu, die zur Berechnung des scheinbaren Zinkgehaltes dienen. Aus dem scheinbaren Zinkgehalt