Zeitschrift: Nachrichten aus der Eisen-Bibliothek der Georg-Fischer-Aktiengesellschaft

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: - (1962)

Heft: 24

Artikel: Vortrag von Professor Dr. Robert F. Mehl, Pittsburg : metallurgische Forschung in USA und Europa

Autor: Mehl, Robert F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-378065

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

1932 im «Carnegie Institute of Technology» in Pittsburg, wo er seit 1953 die Würde des «Dean of Graduate Studies» bekleidet. Von der wissenschaftlichen Arbeit Prof. Dr. Mehls legen über 150 Publikationen Zeugnis ab. Verschiedene Ehrendoktorate, ausgezeichnete Ehrenvorlesungen und Ehrenmedaillen zeugen von der weltweiten hohen Anerkennung des Gelehrten und Forschers. Gegenwärtig ist Prof. Dr. Mehl, als Verbindungsmann zwischen der amerikanischen und der europäischen metallurgischen Forschung tätig, auf unbestimmte Zeit beurlaubt.

Mit den Worten «I bid you a hearty welcome in the Iron Library and thank you for having agreed to speak to us on a very interesting topic, for which you are specially qualified as an eminent American metallurgist having a thorough knowledge of what is going in Europe in your field» leitete Dr. W. Amsler den in englischer Sprache gehaltenen Vortrag von Prof. Dr. Mehl ein.

Nach einigen Dankesworten an Prof. Dr. R. Durrer und Dr. W. Amsler für die Einladung, nach Schaffhausen zu kommen und über den Stand der metallurgischen Forschung in Amerika und Europa sprechen zu dürfen, ging der Referent zum eigentlichen Thema über. Seine Ausführungen seien hier in freier Übersetzung und gekürzt wiedergegeben.

VORTRAG VON PROFESSOR DR. ROBERT F. MEHL, PITTSBURG

METALLURGISCHE FORSCHUNG IN USA UND EUROPA

Ich habe in Europa in den letzten zwei Jahren über hundert Laboratorien der Industrie, von Universitäten und staatlichen Instituten besucht. Es liegt somit nahe, dass ich heute über die metallurgischen Forschungen in Europa und in den Vereinigten Staaten spreche und Vergleiche ziehe. Darüber hinaus werde ich jedoch auch einige Worte über das Wesen der Forschung im allgemeinen verlieren. Ich will mich kurz über den Ursprung der Forschung, die menschlichen Eigenschaften, die zur Forschung anspornen, äussern und möchte das phantastische Anwachsen der Grundlagen- und angewandten Forschung während der letzten Jahre kurz streifen. Dann werde ich mich mit der schwierigen Frage ihrer Organisation befassen, einer Frage, die dem Industrieführer und Politiker in gleichem Masse gestellt ist. Schliesslich will ich die Aktivitäten auf dem Gebiete der Grundlagen- und angewandten Forschung auf unseren beiden Kontinenten miteinander vergleichen. Ich glaube, dass heute jedermann erkannt hat, zu welch wichtigen praktischen Resultaten die Grundlagenforschung führt. Doch die eigentliche Triebfeder des Wissenschafters ist seine nie erlahmende Hoffnung, neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Die Wissenschaft gedeiht auch ohne die Bedürfnisse des Krieges, der Industrie und der angewandten Künste; all dies betrachtend, wird einem der grosse Einfluss von Wissenschaft und Forschung auf das moderne Leben bewusst.

Und all dies zugestanden, erkennt man, dass aus der Wissenschaft grosser Nutzen gezogen werden kann, wenn vielleicht auch nur als «Nebenprodukt», falls man sich so ausdrücken will. In Wirklichkeit hat der Osten die Nützlichkeit der Wissenschaft schon vor Jahrtausenden erkannt. Im Abendland wurde die Forschung und insbesondere die Forschung im Ingenieurwesen im Gefolge der industriellen Revolution angespornt. Neu ist nun aber ihre bewusste Organisation in der Industrie, die vor zweihundert Jahren einsetzte, und neu das Zusammenwirken zwischen der Forschung und der wissenschaftlichen Ausbildung. Ganz besonders auffallend ist die kolossale Ausbreitung der Forschung seit dem letzten Weltkrieg und ihre bedeutende Rolle bei der Bildung unserer neo-modernen Welt.

Nachdem jetzt die Vertreter der Unternehmer-Organisationen vom Wert der Forschung durchdrungen sind, nimmt die Zahl der Forschungslaboratorien in erstaunlicher Weise zu. Es werden gegenwärtig unter Teilnahme führender Persönlichkeiten Tagungen abgehalten, die sich mit den Problemen befassen, welche der Einsatz der Forschung in der Industrie stellt, und an denen die Notwendigkeit eines nützlichen Ausgleichs zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung zur Sprache kommt. Es ist wahrscheinlich, dass eines Tages ein bedeutender Teil der arbeitenden Bevölkerung in Forschungslaboratorien eingesetzt wird, dass dann die Fabrikarbeiter Ingenieure sind, die sich für wichtige Dinge interessieren, dass also in bezug auf den Einsatz des Menschen im Arbeitsprozess eine Veränderung stattfindet, die beweist, dass wir in einer neuen Aera leben.

Bevor wir jedoch diese Entwicklung im einzelnen

betrachten, wollen wir einen kurzen Blick in die Vergangenheit werfen. Die Forschungen der grossen Gelehrten früherer Epochen sind Ihnen gut bekannt; weniger bekannt ist jedoch, dass zahlreiche dieser Pioniere nebenbei für das praktische Leben wichtige Erfindungen gemacht haben, so z. B. Huygens und Hook am Uhrwerk, Watt an der Dampfmaschine, Liebig mit der Einführung des Mineraldüngers, Lord Kelvin (William Thomson) beim Legen der Übersee-Kabel. Dieser überwand die Schwierigkeiten, die sich bei der Übertragung von Signalen im Überseekabel stellten, mit seinen Verbesserungen bei der Kabelfabrikation. Perkin gelang die Indigo-Synthese, und Zeiss, der Entdecker neuer optischer Gesetze, baute hochwertige Mikroskope.

Das Zusammenwirken zwischen der Grundlagen- und der angewandten Forschung ist also nicht neu, neu ist hingegen das, was sich etwa seit dem Jahre 1900 in dieser Hinsicht ereignete. In der Folge wurden die grossen Laboratorien der amerikanischen Industriegesellschaften der General Electric, Westinghouse, Dupont, Eastman, Standard Oil gegründet. Wenn man die industrielle Revolution etwa mit dem Jahr 1800 beginnen lässt, so kann man den Beginn der «Wissenschaftlichen Revolution» etwa um das Jahr 1900 ansetzen. Um das Jahr 1800 führte Frankreich in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften, dann im 19. Jahrhundert England und im ersten Teil unseres Jahrhunderts Deutschland.

Nach dieser allgemeinen Übersicht möchte ich über die Forschung in der Metallurgie und darüber hinaus auch über die Forschung im allgemeinen in den Vereinigten Staaten sprechen.

Grundlagen- und angewandte Forschung wird in den Vereinigten Staaten von der Industrie, den Universitäten, dem Staate und von privaten Instituten betrieben; es existieren vier Typen von Laboratorien:

1. Laboratorien der Industrie, z. B. Bell Telephone Laboratories.
2. Laboratorien an den Universitäten, z. B. der Harvard University.
3. Laboratorien der Bundesstaaten, wie das Bureau of Standards und die zahlreichen Laboratorien, die der Landesverteidigung dienen, beispielsweise das Laboratorium der Convair Company, welches die Atlas-Rakete herstellt.
4. Private Laboratorien, wie z. B. das Batelle.

Der Gesamtaufwand für die Forschung betrug im Jahre 1960 in den USA 12 Milliarden Dollars, wovon ca. 7% für die Grundlagenforschung zugeführt wurden. 330 000 Wissenschafter und Ingenieure waren in den Forschungslaboratorien tätig, davon 30 000 für die Aufgaben der Grundlagenforschung. Über die Hälfte der Ausgaben hat die Bundesregierung selbst bestritten. 25% der Regierungszuwendungen gingen an die staatlichen Forschungslaboratorien. Die Universitäten andererseits könnten ohne die erheblichen Regierungsgelder nur etwa ein Viertel ihres Forschungsprogramms durchführen. 80% der Forschungsausgaben für die Flugzeugfabriken werden von der Bundesregierung finanziert. 7,5 Milliarden Dollars dienten den Forschungsarbeiten für die Rüstung. Seltsam ist, dass die metallgewinnende Industrie nur 10% ihres Forschungsaufwandes von der Bundesregierung vergütet erhielt. Diese Milliardenausgaben des Staates, der Industrie und der Universitäten sowie privater Laboratorin verteilen sich auf Entwicklungsarbeiten, angewandte und Grundlagenforschung und für die Ausbildung der Lehrer, Forscher und des Ingenieurnachwuchses.

Bei 180 Millionen Einwohnern der USA zählt man heute 1,4 Millionen nieder und höher Graduierte, beruflich tätige Wissenschafter, Forscher, Ingenieure und Lehrer, von denen 87 000 den Doktorgrad besitzen. Im Jahre 1961 erwartet man einen Zuwachs von 6000 Promovierten. Gegenwärtig besitzt Amerika 6000 von der Industrie betriebene Laboratorien, deren Zahl in fünf Jahren um ca. 15% anwächst. Dupont und die Bell Telephone Laboratories z. B. beschäftigen in ihren Laboratorien 7000 bzw. 11 000 Angestellte.

Ich erwähne folgende Unternehmen der Metallindustrie, deren Forschungslaboratorien besonders hervorzuheben sind:

United States Steel Corporation,
mit 1400 Mitarbeitern
Allied Chemical Corporation,
mit 780 Mitarbeitern
Bethlehem Steel Corporation,
mit 400 Mitarbeitern

von denen 35% Graduierte der Universitäten sind; das Verhältnis zwischen Wissenschaftern und technischem Hilfspersonal beträgt im Durchschnitt 1:2.

Die Zahlen beweisen, dass diese Industrieunternehmungen die Nützlichkeit der Forschung erkannt haben. Betrachten wir nun die grosszügig angelegte Forschung in einem einzelnen bestimmten Laboratorium, und zwar Westinghouse in Pittsburgh. Dort finden regelmässig gemeinsame

Sitzungen der Forscher und Konstrukteure statt. Für Spezialgebiete werden besondere Teams gebildet. Anlässlich einer Sitzung zwischen Forschern und Entwicklungsingenieuren der Dampfturbinenabteilung könnten etwa folgende Fragen gestellt werden:

«Welche Ausrüstung wird der Turbinen-Konstrukteur in 10 Jahren benötigen?»

«Was hindert ihn, sich heute schon auf diese Entwicklung einzustellen?»

«Entsprechen die gegenwärtig verwendeten Werkstoffe den zukünftigen Anforderungen oder sind ihnen bestimmte Schranken gesetzt?»

«Glaubt der Konstrukteur, dass jetzt verwendete Werkstoffe für die Turbinenschaufeln in Zukunft durch neue Stahllegierungen ersetzt werden müssen — welche spezifischen Eigenschaften müssen diese besitzen?»

Derart gestellte Fragen umreissen das Forschungsziel genau, ohne es einzuengen. Sie stellen Probleme, für welche im allgemeinen nicht sofort Lösungen gefunden werden, Probleme, die zum Teil dem Bereiche der Grundlagenforschung angehören. Anlässlich einer Konferenz der Mitarbeiter verschiedener Forschungslaboratorien und der Konstrukteure der Dampfturbinenabteilung der Westinghouse im Jahre 1952 wurde festgestellt, dass die grösste Schwierigkeit für die Entwicklung auf dem Gebiete des Turbinenbaues die Bereitstellung einer geeigneten Stahllegierung für die Turbinenschaufeln ist. Es war vorauszusehen, dass die Temperatur des in die Turbine einströmenden Dampfes während der nächsten 5 Jahre von 1050° F (565° C) auf 1250° F (677° C) ansteigen und dann die bisher für die Schaufeln verwendete Stahllegierung den bei der erhöhten Temperatur auftretenden Spannungen nicht mehr genügen würde. Wenn auch Legierungen bekannt waren, die diesen Spannungen genügten, so besassen diese nicht die zusätzlich notwendige Fähigkeit, die auftretenden Schwingungen, die zerstörend auf den Werkstoff wirken, genügend zu dämpfen.

Ein besonderes Forschungsprogramm befasste sich deshalb mit dem Studium der Dämpfungsfähigkeit der Stahllegierungen. Der sich bei der Dämpfung abspielende physikalische Vorgang wurde systematisch untersucht. Es zeigte sich, dass diese Dämpfung mit dem ferromagnetischen Verhalten der Legierungen zusammenhängt. Es war nun verhältnismässig leicht, die bei niedrigen Temperaturen ermittelten ferromagnetischen Eigenschaften für hohe Temperaturen zu interpolieren, somit Spannungs- und Dämpfungseigenschaften vorauszusagen. Aus diesem Beispiel geht hervor, dass auch die Grundlagenforschung zu unmittelbar praktischen Resultaten führen kann. Ein Forschungsleiter, der die Geschichte der Forschung und den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Gebieten der Wissenschaft und ihrer Anwendung auf praktische Probleme kennt, wird in der Lage sein, die Bedeutung eines bestimmten Forschungsprogramms für die angewandte Forschung zu ermessen.

Alle diese Tatsachen rechtfertigen die hohen Ausgaben der USA für Grundlagen- und angewandte Forschung. Gegenwärtig wird nur die Hälfte der Ausgaben für Grundlagenforschung von der Regierung in Washington bestritten. Es ist in allen Ländern heute noch schwer, die Politiker, die Regierungen und die Öffentlichkeit von der Notwendigkeit erhöhter staatlicher Ausgaben für die Grundlagenforschung zu überzeugen. Tatsächlich besteht auch in Amerika ein beträchtlicher Hang zur Kritik in dieser Angelegenheit.

Mir scheint, dass die gegenwärtig vom Staate getragenen 7 % des gesamten Forschungsaufwandes in Amerika zu gering sind. Es ist gesagt worden, dass die amerikanische Industrie sich immer noch mehr mit den Lippen zur Grundlagenforschung bekennt, als mit Dollars. Der Industrieführer oder der Leiter eines staatlichen Laboratoriums muss bei der Unterstützung einer sich mit Grundlagenforschung befassenden Forschungsgruppe noch vorsichtig sein. Wenn aber die angewandte Forschung die Grundlagenforschung zu verdrängen sucht, so folgt sie einer falschen Richtlinie. Betrachten wir nun die Grundlagenforschung in der Industrie! Worin besteht in Wirklichkeit die Berechtigung der Grundlagenforschung?

Am Forschungsergebnis eines Laboratoriums der United States Steel Corporation, welches sich nur mit Grundlagenforschung befasst und welches ungefähr 140 Mitarbeiter, von denen etwa 30 % den Ph.D. besitzen, beschäftigt, soll die unmittelbare praktische Nützlichkeit dieser Forschung erläutert werden. Im Verlaufe von kürzlich durchgeführten Untersuchungen der Mikrostruktur von Stahlproben, die bei mittleren Temperaturen gewalzt wurden, ist der stärkste je erzeugte Stahl gewonnen worden. Das Forschungsziel war in diesem Falle ein Ziel der Grundlagenwissenschaft, um die Kenntnisse über die Veränderungen der Mikrostruktur des Stahls nach einer bestimmten mechanischen Behandlung zu erweitern.

Grosse Industrieunternehmungen pflegen noch

folgende Methode, um sich die Grundlagenforschung in aller Welt dienstbar zu machen: Sie beschäftigen Wissenschafter, die in der Lage sind, sich mit bedeutenden Gelehrten über aktuelle Probleme ihres Gebietes zu unterhalten und gelangen auf diese Weise in den Besitz von wichtigen wissenschaftlichen Auffassungen. In Amerika nennt man diese Art der Information das «principle of coupling».

Nachdem ich mich darüber ausgesprochen habe, wie die Grundlagenforschung sich für das praktische Leben nützlich erweisen kann, möchte ich noch eine ihrer Eigentümlichkeiten verständlich machen. Zu allen Zeiten wird die Front der wissenschaftlichen Lehre so weit vorgetrieben, dass hinter dieser Front festgefügte Theorien errichtet werden können, die alles verständlich machen. Doch was wir in Amerika «Edisonian research invention» nennen, kann auch die beste Grundlagenforschung nicht ersetzen. Hier setzt die Erfindung ein. Für den Erfinder ist die wissenschaftliche Ausbildung weniger wichtig als ein angeborener Verstand, seine Genialität.

Einige Beispiele technischer Probleme, die in den Bereich des Erfinders gehören, seien hier hervorgehoben. Die Klebstoffe, mit denen Holz- und Metallteile im Flugzeugbau verbunden werden, entziehen sich der theoretischen Behandlung. Niemand kennt die Zusammenhänge ihrer werkstofflichen Eigenschaften. Verbesserungen auf diesem Gebiet können nur durch die Empirie des Erfinders erwartet werden. Auch die Bereitstellung brauchbarer hitzebeständiger Stahllegierungen, die 5 oder 6 oder mehr Legierungsmetalle enthalten, gehören dem Bereich der Empirie an. Niemand kann auf Grund der Theorie heute die werkstofflichen Eigenschaften einer Legierung voraussagen, die wir schon morgen brauchen. Die Grundlagen- und angewandte Forschung würde vielleicht erst in 200 Jahren dazu imstande sein. Ich will damit nur deutlich zum Ausdruck bringen, dass dem Erfindergeist und der Erfindergabe stets neben der Wissenschaft ein weiter Raum offen bleibt und dass die Wissenschaft die Erfindung nicht ersetzen kann.

Ganz neue Probleme stellt das rasche Wachsen der Forschung, Probleme, die wir heute noch nicht meistern können. Ein Problem dieser Art ist der Einsatz des Gelehrten in der Industrieforschung. Der Gelehrte ist von Haus aus ein ganz besonderer Erdenmensch. Er versucht in allem logisch zu bleiben, ist ungeduldig, unnachgiebig, peinlich genau, verschlossen; es sind dies Eigenschaften, die während einer strengen und langen wissenschaftlichen Erziehung geformt wurden. Er ist sich seiner Intelligenz bewusst. Sein besonderer Charakter und sein innerer Drang, letzten Wahrheiten nachzuforschen, führten ihn in den Dienst der Wissenschaft. Die Industrieforschung nimmt ihn so geformt als Spezialisten der Metallurgie oder Chemie in Dienst. Er ist gewissermassen Glied einer Berufssippschaft; die Industrieführung muss erst noch lernen, mit ihm umzugehen. Ein weiteres ungelöstes Problem der Industrieforschung besteht darin, dem Grundlagenforscher eine befriedigende Karriere zu ermöglichen. Es hat sich gezeigt, dass diese sehr oft bald ihrer eigentlichen Bestimmung der Forschung entzogen werden, indem sie mit besser honorierten Verwaltungsaufgaben beauftragt werden, die eine höhere soziale Stellung verschaffen. Der Mangel an erstklassigen wissenschaftlichen Kräften in der Industrie würde fraglos nicht so gross sein, wenn man ihre Stellung attraktiver machen und verhindern würde, dass das grosse Lebensziel auch des Forschers eine Position in der Verwaltung der Unternehmen bleibt.

Auch über den Hang der Forscher, sich der Lösung von Modeproblemen zuzuwenden, muss gesprochen werden, ein Verhalten, welches übrigens nicht neu ist und welches hemmend auf den Fortschritt der Wissenschaften wirkt. Viel zu viele Forscher arbeiten auf dem gleichen Gebiet, beispielsweise heute über die Versetzungen im Kristallgitter.

Ich setze diese Betrachtung fort und weise auf eine weitere Schwierigkeit für die Forschung hin, die entsteht, weil einige Wissensgebiete fast nicht mehr zu bewältigen sind. Darüber drückte sich letztes Jahr der Nobelpreisträger Dr. Libby ungefähr folgendermassen aus: «Wer sich nur ein Jahr lang nicht mehr mit Atomphysik befasst, muss in der Folge den Kampf aufgeben.»

Um auf der Höhe seines wissenschaftlichen Gebietes zu bleiben, muss man die grosse Zahl der wissenschaftlichen Informationen verarbeiten können. Man muss sich stets weiterbilden und darf nicht glauben, dass man nach den Universitätsstudien fertig sei. Jeder Forscher sollte einen wesentlichen Teil seiner Zeit für Studien und beim Lesen verbringen und möglichst nur etwa die Hälfte im Laboratorium.

Werfen wir noch einen Blick auf die Flut der laufend erscheinenden Druckschriften, deren Studium kaum mehr möglich ist, so möchten wir

wünschen, dass in Zukunft nur wissenschaftlich fundierte Publikationen erscheinen.

Nachdem ich nun den gegenwärtigen Aufwand für Grundlagen- und angewandte Forschung in USA beschrieben habe, insbesondere auch versuchte, die Nützlichkeit der Grundlagenforschung an einigen Beispielen aus den Forschungslaboratorien der amerikanischen Stahlindustrie zu erläutern und wichtige Probleme, die im Zusammenhang mit dem Phänomen des raschen Wachstums der Forschung in Staat und Industrie stehen, umrissen habe, trete ich auf eine summarische Beschreibung der Forschung in der Stahlindustrie Europas ein.

In England werden die staatlichen Gelder für die Forschung hauptsächlich den Universitäten zugeleitet. Für die zweckmässige Verteilung dieser Gelder sorgt das sehr gut arbeitende «University Grants Committee». Ferner erhalten die englischen Universitäten kleinere Unterstützungen von der Industrie.

In der Struktur des englischen Forschungswesens existieren 44 Forschungs-Vereinigungen, von denen folgende, die sich mit metallurgischen Forschungen befassen, besonders hervorzuheben sind:

The British Iron & Steel Research·BISRA
The British Non-Ferrous Metals Research Association
Welding Research Laboratory
Ceramics and Castings

In Anbetracht der verhältnismässig kleinen englischen Stahlwerke, von denen die beiden grössten pro Jahr nur je 4 Millionen t Stahl produzieren, kann man diese Forschungs-Vereinigungen wohl als den englischen Verhältnissen am besten angepasst betrachten; sie garantieren eine erfolgreiche Forschungstätigkeit.

In Frankreich wird für metallurgische Forschungen verhältnismässig wenig Geld verwendet; durchgeführt werden diese in Universitätslaboratorien und – für die französische Stahlindustrie – bei der IRSID, einer Institution, welche von der französischen Stahlindustrie organisiert und unterhalten wird und bei der hervorragende Forschungen durchgeführt werden.

In Italien findet man eine gewisse begrenzte metallurgische Forschung an einigen Universitäten. Bezüglich der Forschung zeigt sich besonders die Industrie in Novara aktiv.

In Deutschland wird der grösste Teil der Forschung entweder durch das Max-Planck-Institut oder von besonderen Forschungsinstituten, wie beispielsweise dem Institut für Eisenhüttenwesen in Aachen, durchgeführt. Einige dieser Institute, wie das Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart, und das Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf, dienen ausschliesslich der metallurgischen Forschung. Universitätsinstitute, die Forschungsaufträge der Industrie durchführen, werden aus Fonds, wie z. B. aus speziellen Regierungsfonds oder aus Fonds des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, unterstützt.

Die gegenwärtige Zunahme der Forschung in Europa ist geradezu kolossal. Verglichen mit der United Steel Corporation sind die europäischen Stahlwerke durchwegs klein, dementsprechend auch ihre Forschungslaboratorien. Es ist jedoch interessant festzustellen, und dies in ganz Europa, dass für alle Forschungslaboratorien der Stahlindustrie Expansionspläne bestehen, Pläne, die eine Erweiterung der Forschungsmöglichkeiten um ca. 50—100 % während der nächsten fünf Jahre voraussehen lassen.

Zwischen den Forschern in Amerika und Europa bestehen gewisse sich auf das Forschungsziel auswirkende Unterschiede. Diese sind im wesentlichen auf die Herkunft und die Ausbildung der Forscher beider Kontinente zurückzuführen. Europäische Forschungslaboratorien und Universitäten haben es viel leichter als die amerikanischen, ihre Mitarbeiter aus einer Vielzahl von Ländern und Nationen zu gewinnen, Mitarbeiter, die die Eigenart und die spezifischen Talente ihrer Nation besitzen. Dieser Umstand führt zu einem besonderen Ideenreichtum der europäischen Forschung.

Dann kann beobachtet werden, dass der europäische Forscher kleinere Ansprüche an das persönliche Leben stellt als der amerikanische, allerdings scheint sich hier ein Ausgleich anzubahnen.

Wenn wir die europäische Forschung betrachten, so bieten sich Überraschungen, Befriedigung, aber auch Enttäuschungen. Einige Forschungszentren alter Tradition konnten ihr Niveau nicht halten, während andere, wie etwa Graz, unerwartet aufgeblüht sind. Forschung und Erfindung manifestieren sich gelegentlich an einem ganz unerwarteten Ort, so etwa das Linz-Donawitz-Verfahren in Linz und nicht im Ruhrgebiet.

Man wird überrascht sein, wenn ein wunderlicher Gelehrter an einem merkwürdigen Arbeitsplatz durch seine Genialität eine Wissenschaft und Industrie umzuwälzen vermag. So hat Einstein die spezielle Relativitätstheorie in Bern geschrieben, als er Patentprüfer beim Eidgenössischen Amt für geistiges Eigentum war.

Bezüglich der Organisationsform der europäischen und amerikanischen Forschung muss noch darauf hingewiesen werden, dass die europäischen Forschungszentren in weit höherem Masse zusammenarbeiten als die amerikanischen. So führt die British Iron and Steel Research Association (BISRA) Forschungen mit Laboratorien anderer europäischer Länder durch und auch das französische Institut de Recherches de la Sidérurgie (IRSID) arbeitet mit Forschungsinstituten deutscher Stahlwerke zusammen. Ferner weise ich noch auf das Internationale Komitee für die Ermüdung der Metalle, welches von einem Italiener präsidiert wird, und auf die Zusammenarbeit französischer und deutscher Stahlwerke mit der belgischen Forschung in Lüttich hin.

Für Amerika mit seinen grossen Unternehmungen ist diese Organisationsform der Forschung bedeutungslos.

Ich glaube, dass nun auch noch einiges über die Rolle der Universitäten gesagt werden muss. Wenn über die Grundlagen- und angewandte Forschung gesprochen wird, so erwähnt gewöhnlich niemand die Forschung an den Universitäten, und doch hat die Grundlagenforschung ihre Stätte von jeher an den Universitäten gehabt, wo ja auch der Nachwuchs ausgebildet wird. Hervorzuheben sind zunächst einige auffallende Unterschiede zwischen den amerikanischen und den europäischen Universitäten. Die meisten europäischen Universitäten sind staatliche Institutionen, die, wie hauptsächlich in Deutschland, angegliederte Forschungsinstitute besitzen. Ein grosser Teil der besten amerikanischen Universitäten hingegen ist privat. Ich möchte jedoch gleich betonen, dass die Bezeichnung Universität in Amerika eine etwas verschiedene Bedeutung hat als in Europa. Bei uns in Amerika bezeichnet man eine Ausbildungsstätte, die gleichzeitig niedrige akademische Grade und den Doktorgrad erteilt, als Universität. Wenn ich von einem «College» spreche, so verstehe ich darunter eine Hochschule, die man bezieht, um zum Doktor zu promovieren. Zu den besten amerikanischen «Colleges» in diesem Sinne, gehören folgende private Institutionen:

California Institute of Technology in Pasadena
Massachusetts Institute of Technology in Cambridge
Carnegie Instiute of Technology in Pittsburg
Columbia University in New York
Havard University in Cambridge
Yale University in New Haven
Princeton University in Princeton
University of Chicago in Chicago usw.

Unter den guten staatlichen Universitäten sind hervorzuheben die

University of California, Berkeley
University of Michigan, Ann Arbor
University of Illinois, Urbana
University of Wisconsin, Madison

aber auch einige jener kleinen ausserordentlich guten «Colleges», die den Studenten bis zum ersten Grad ausbilden, wie das

Reed College, Portland
Williams College in Williamstown
Swarthmore College in Swarthmore

Es existieren ca. 2000 solcher Colleges, worunter sich einige schlechte befinden. In Amerika fragt man nicht nur nach dem akademischen Grad, vielmehr gleichzeitig nach dem Grad und nach der Hochschule, an der man ihn erworben habe. Eine Promotion an der Harvard University ist natürlich viel mehr wert als die irgend einer Winkeluniversität.

Da in Amerika sehr viele Studenten zur Ausbildung drängen, pro Einwohnerzahl zwölfmal mehr als in England, halten wir das Nebeneinanderexistieren von Hochschulen verschiedener Gütestufen doch für zweckmässig. Man muss sich vergegenwärtigen, dass die Absolventen der Hochschule innerhalb der industrialisierten Gesellschaft von heute wichtige Funktionen zu erfüllen haben, Studenten ausbilden und sich mit Grundlagenforschung befassen.

Wissenschaft und Technik verlangen, dass das Erziehungswesen fortlaufend überprüft wird. So wie ein Forscher nie ausgelernt hat, so muss der Professor den Lehrstoff dauernd ändern und ergänzen. Indem nun die Hochschule dem Hochschullehrer nicht ein bestimmtes Forschungsziel vorschreibt, gleichgültig ob dieses einen praktischen Wert verspricht oder nicht, nimmt die Universität eine besondere Stellung unter den Forschungsstätten ein, das ist eine bemerkenswerte Tatsache. Diese verbürgte Freiheit der Forschung an den Universitäten schuf nicht nur eine Kultur, sondern lieferte gleichsam als «Nebenprodukte» wichtigste Erkenntnisse, die von den angewandten Wissenschaften für die Technik ausgebeutet werden konnten. In dieser nicht dirigierten, man kann fast sagen undisziplinierten Forschung an den Universitäten sehe ich einen der ganz besonderen Schätze unserer Welt.

Ein besonders eindrucksvolles Beispiel eines sol-

chen für die praktische Welt äusserst wichtigen, geradezu eine Umwälzung bewirkende «Nebenproduktes» der Grundlagenforschung waren die Erkenntnisse, die man aus dem Nachweis der Zerfallsreihen der radioaktiven Elemente durch Frederick Soddy und Ernest Rutherford zu Anfang unseres Jahrhunderts ziehen konnte. Kernphysik und ihre technische Anwendung, die Nutzbarmachung der Kernenergie, konnten sich auf dem soliden Boden dieser Schlussfolgerungen zu ihrer gegenwärtigen Bedeutung entwickeln.

In der Metallurgie sind während der letzten Jahre, neben einigen kleinen, nicht besonders auffallenden, jedoch laufend erzielten und einträglichen Verbesserungen, auch recht bedeutende Forschungsergebnisse erreicht worden. Ich erinnere Sie in diesem Zusammenhang an den in Schweden in Aufschwung gekommenen Kaldo-Prozess, an das Linz-Donawitz-Verfahren, an die Herstellung von Vakuumstahl, an das kontinuierliche Giessen, die Gewinnung hitzebeständiger Stahllegierungen und die hauptsächlich im Walzwerk und in der Giesserei eingeführte Automatisierung.

Auf meinem wissenschaftlichen Spezialgebiet wurde die Mikro- und Feinstruktur der Metalle weitgehend erforscht. Die Feinstrukturforschung führte zur quantitativen Kenntnis des Kristallgitters des Metallkristalls. Es ergab sich nun die verblüffende Tatsache, dass man die Möglichkeit einer erfolgreichen Warmbehandlung oder die Diffusion eines Metalles in ein anderes Metall namentlich zwei Unvollkommenheiten des Kristallgitters zuschreiben muss, den Fehlstellen und den Versetzungen im Kristall, wobei man unter einer Fehlstelle einen unbesetzten Gitterpunkt, unter einer Versetzung nicht perfekte Gitterebenen versteht. Diesen Fortschritt in der Kenntnis der Metallkristalle, die zum Verständnis der Formbarkeit und Härtung führte, wurde durch Strukturforschungen mittels des Elektronen- und Feldemissionsmikroskops erzielt. Mit diesen Instrumenten kann man die Versetzungen sehen, man sieht die Begrenzung der Netzebenen selbst dann, wenn die Versetzung aus einer einzigen Netzebene besteht, also die Dicke eines Atomdurchmessers besitzt. Ja, man kann sogar das Herausspringen einzelner Atome aus dem Kristallgitter bei der Verdampfung direkt beobachten, ebenso die einzelnen Atome einer Netzebene, was ich als ein wahres Wunder bezeichnen möchte.

Wie ich schon sagte, hat die Wissenschaft wundervolle Dinge vollbracht und nur, weil sie gern Modeproblemen nachhängt, weist sie auch negative Züge auf.

Es wäre sehr zu begrüssen, wenn man beispielsweise in Zürich ein Laboratorium gründen würde, welches Forschungsziele aufzugreifen hätte, die anderswo nicht genügend Beachtung finden, wie etwa die Erforschung der Diffusionsvorgänge in Legierungen, der Ursachen, die zur Ermüdung unserer metallischen Werkstoffe führen, oder weitere Untersuchungen über die Umwandlungen im Stahl. Am meisten überrascht mich aber, dass die strukturellen Veränderungen, die während des Erstarrens der Metalle eintreten, gegenwärtig noch so wenig erforscht sind, so zum Beispiel auch das «Einfrieren» der bei höheren Temperaturen verhältnismässig stark gestörten Struktur bei rascher Abkühlung.

Nachdem ich mich nun mit einigen wichtigen praktischen Ergebnissen und wissenschaftlichen Fortschritten der letzten Zeit in der Metallurgie befasst habe und von hier aus zur Betrachtung der möglichen Fortschritte der Wissenschaft und Technik im allgemeinen übergehe, bin ich geneigt, resigniert auszurufen: «Kann man denn voraussehen, was sich in Wissenschaft und Technik künftig ereignen wird?»

Wir sehen mit Elektronen- und Feldemissionsmikroskop die Welt des Mikrokosmos in der Grössenordnung der Atome, sehen die Urzelle des Lebens — dabei ist das Feldemissionsmikroskop ein erst kurze Zeit zur Verfügung stehendes Instrument. Was können wir von der Transistorphysik und den mit ihr zusammenhängenden Erfindungen, den elektronischen Rechenmaschinen und der Automation noch erwarten? Was von der bei tiefsten Temperaturen eintretenden Überleitfähigkeit der Metalle, die die Erzeugung stärkster magnetischer Felder ermöglicht, und schliesslich von den Fortschritten der Plasmaforschung?

Wahrscheinlich wird es bald möglich sein, Fusionsplasma zu speichern. Die unerschöpflichen Vorräte an schwerem Wasserstoff der Ozeane werden dann den Energiebedarf jeder Grössenordnung zu decken vermögen. Mit der Nutzbarmachung der Atom- und insbesondere der Fusionsenergie stehen uns dann billige Energiequellen zur Verfügung, so dass es nicht schwer fallen wird, allerorts die Armut zu beseitigen. Auch in der Landwirtschaft lassen sich ausserordentliche Fortschritte feststellen, heute schon könnte man mit den gegenwärtig zur Verfügung stehenden

Hilfsmitteln ca. 450 Millionen Menschen in den USA ernähren.

Es ist auch nicht unwahrscheinlich, dass der Weltraum einmal erschlossen und erobert wird. Eine Energiequelle noch höherer Grössenordnung als die Kern- und Fusionsenergie wird nach der Entdeckung der Antimaterie sichtbar. Für einige wichtige Elementarteilchen, das Neutrino, die Mesonen, die Nukleonen Proton und Neutron sowie die Mehrzahl der Hyperonen, sind die entsprechenden Antiteilchen wie für das Elektron gefunden worden. An der Existenz dieser Antimaterie kann heute nicht mehr gezweifelt werden. Die gesamte Masse der Elementarteilchen wird bei Koinzidenz mit den ihnen entsprechenden Antiteilchen nun aber zerstrahlt, geht in Strahlungsenergie über, die Masse hat sich als eine Energieform entpuppt. Die ausserordentlich hohen Temperaturen gewisser Sterne können nur mit diesen Zerstrahlungen der Masse erklärt werden, die weit grössere Energien freilegen als die Kernspaltung oder die Kernfusion.

Näherliegende Probleme unseres Gebietes wirft der Ruf nach billigerem rostfreiem Stahl auf. Das Linz-Donawitz-Verfahren ist möglicherweise nur der Anfang in dieser Richtung. In der Stahlgewinnung müssen wir mehr und mehr zu den kontinuierlichen Methoden übergehen. Wir benötigen bessere Werkstoffe für die Beanspruchung bei höheren Temperaturen.

Wir müssen einsehen lernen, dass die Wissenschaft heutzutage neben den alten klassischen Kulturgebieten, wie Literatur, Musik, Malerei und Architektur, einen Teil der allgemeinen Kultur darstellt. Ich möchte betonen, dass der Kulturbeitrag des 20. Jahrhunderts in der Wissenschaft zu liegen scheint. Wenn oft geklagt wird, dass die Massen die Wissenschaft nicht voll verstehen können, weil es für sie schwierig sei, in diese einzudringen, so lässt sich erwidern, dass die gleichen Massen auch Musik und Literatur nie in ihrer ganzen Tiefe verstehen. Man geht wohl nicht fehl mit der Behauptung, dass die Anzahl Menschen, welche die klassischen Künste verstehen, im Verhältnis nicht grösser sei als die Zahl derer, welche die Wissenschaft wirklich verstehen. Gegenwärtig zeigen sich uns die Resultate der Wissenschaft in Form von Flugzeugen, Satelliten, des Fernsehens, der Medizin usw., sowie in den entsprechenden Publikationen. Ähnlich sprechen uns die graphischen Künste und die Musik unmittelbar durch Sehen und Hören an. Doch der Ruhm der Wissenschaft liegt in der Tiefe des menschlichen Geistes. Möglicherweise bedeutet die Wissenschaft als Kulturform in erster Linie Klarheit des Denkens und gründliche Zergliederung. Mathematik und Geometrie als Beispiele offenbaren neben ihrer Nützlichkeit eine ganz besondere Form der Ästhetik. Wie auf allen Kulturgebieten bleibt die Tiefe des Verständnisses nur wenigen Menschen vorbehalten. Die Gelehrten unserer Tage, in einem schwierigen und hochdisziplinierten Bereich arbeitend, sind meiner Ansicht nach in diesem letzten Teil des 20. Jahrhunderts die Führer einer neuen hervorragenden Kultur geworden. Heute und für eine gewisse Zukunft — wer kann voraussehen, wie lange — errichtet die Wissenschaft ein neues und geradezu bewundernswertes goldenes Zeitalter, und dies inmitten all der Wirren, die unsere Welt bedrängen. Adlai Stevenson sagt: «Da die Welt sich verändert, müssen sich die Nationen den neuen Bedingungen anpassen, sonst verschwinden sie wie die Dinosaurier. Und die Mittel zur Anpassung sind Ideen — ganz besonders neue Ideen. Das erste Erfordernis, wenn eine Nation überleben will, ist also ein stetiger Fluss neuer Gedanken, neuer Auffassungen und, wenn Sie wollen, neuer Träume.»

R. F. Mehl

An der auf das Referat von Prof. Dr. R. F. Mehl folgenden Diskussion beteiligten sich Prof. Dr. R. Durrer, Dr. E. Bloch, Prof. Dr. A. von Muralt, Dr. F. Hummler und Dr. M. H. Schneebeli. Unter anderem wurde die besondere Lage der Forschung in der verhältnismässig kleinen schweizerischen Stahlindustrie gestreift, der nur bescheidene Mittel zur Verfügung stehen. Ihre Forschung hat deshalb eine diesen besonderen Verhältnissen angepasste Organisationsform zu wählen. Eine weitgehende Zusammenarbeit der Forschungslaboratorien und lebendige Kontakte ihrer Forscher erscheinen als beste Lösung. Diese Auffassung vertrat in seiner Replik auf die Voten der Diskussionsredner auch Prof. Dr. R. F. Mehl, der als weiteren gangbaren Weg für die Behandlung gewisser Forschungsprobleme kleiner Industrien die Mitarbeit von Beratern oder die Mitwirkung privater Forschungsinstitute vorschlug.

Nach dem offiziellen Teil der dritten Eisen-Bibliothek-Tagung hatten die Teilnehmer ausgiebig Gelegenheit, im geselligen Zusammensein die während des Vortrages und in der Diskussion aufgeworfenen Probleme in kleinen Gruppen zu besprechen.

Die Redaktion