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

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: - (1968)

Heft: 34-35

Artikel: Erzeugung, Technologie und Forschung der Eisen- und Stahlindustrie Japans

Autor: Hashimoto, Uichi

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-378083

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

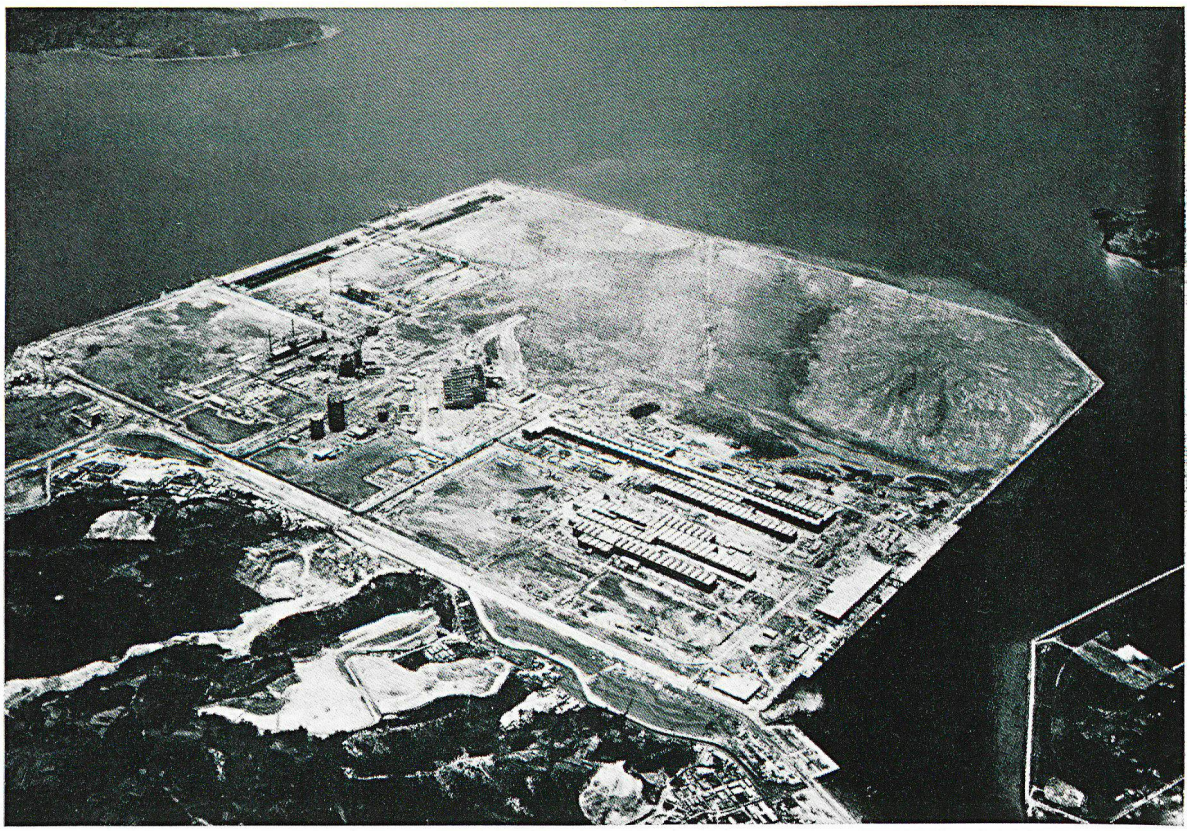
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 07.12.2025

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



Luftbild der Fukuyama Werke der Nippon Kokan Kabushiki Kaisha Gesellschaft, Standort am Meer. Der Standort der zukünftigen eisenschaffenden Industrie der Welt wird am Meer sein.

ERZEUGUNG, TECHNOLOGIE UND FORSCHUNG DER EISEN- UND STAHLINDUSTRIE JAPANS

VORTRAG VON PROF. DR. UICHI HASHIMOTO, TOKYO

1. VORWORT

Im Rahmen eines allgemeinen Überblicks der gegenwärtigen Lage der japanischen Eisen- und Stahlindustrie werde ich zunächst den Stand ihrer Entwicklung auf dem Gebiet der Produktion schildern und dann über die metallurgische Grundlagenforschung sowie über die Fortschritte in der Produktionstechnik und den technischen Umbruch, welche zusammen den technologischen Hintergrund bilden, sprechen. Die japanische Eisen- und Stahlindustrie war am Ende des zweiten Weltkrieges völlig vernichtet. Mit eisernem Willen wurde jedoch nach Kriegsende sofort mit dem Wiederaufbau begonnen. Bereits im Jahre 1953 überstieg die Rohstahlerzeugung mit 7,66 Millionen Tonnen (Diagramm 1) den höchsten Stand während des Krieges. In den folgenden Jahren wurden die Stahlwerke mehr und mehr entwickelt, es wurden jährlich eine Steigerung der Produktion geplant und erhebliche Umwälzungen der Anlagen und Einrichtungen und der Technik vorgenommen. Von Jahr zu Jahr schlug die Rohstahlerzeugung Japans ihren eigenen Rekord. Im Jahre 1956 wurde die 10-Millionen-Tonnen-Grenze überschritten, im Jahre 1960 die 20-Millionen-Tonnen-Grenze, und im Jahre 1963 wurden über 30 Millionen Tonnen Rohstahl erzeugt.

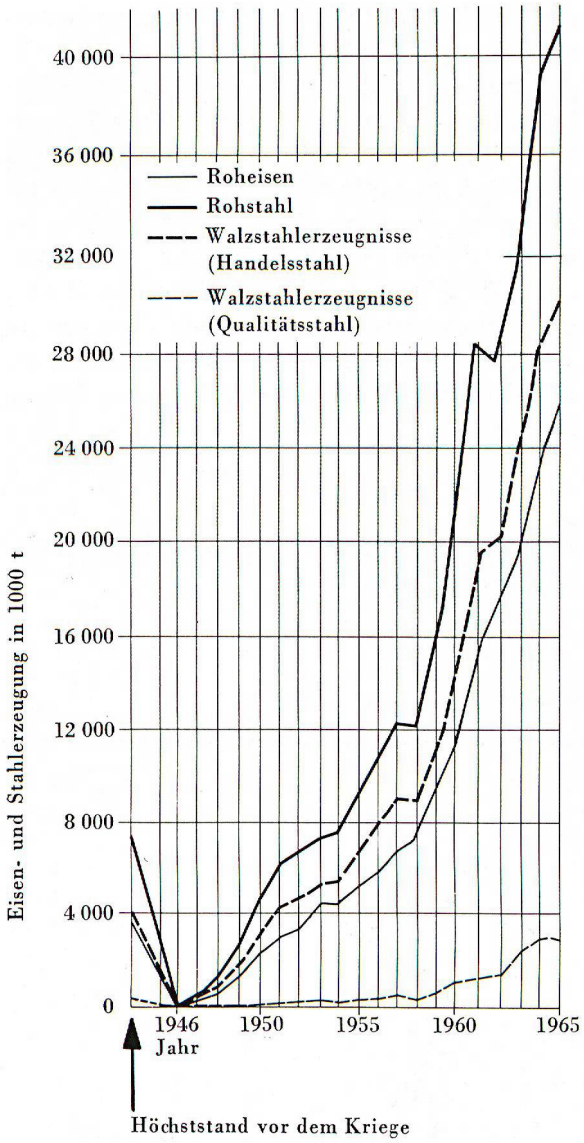


Diagramm 1
Entwicklung der Eisen- und Stahlerzeugung in Japan nach dem Kriege.

Tabelle 1
Wachstum der Stahlerzeugung in den wichtigsten Ländern seit 1954

	1954 = 100%	
	1959	1964
	%	%
Amerika	106	140
England	109	142
West-Deutschland	145	184
Frankreich	143	186
Belgien	129	174
Italien	161	233
Sowjet-Russland	145	204
Japan	215	513

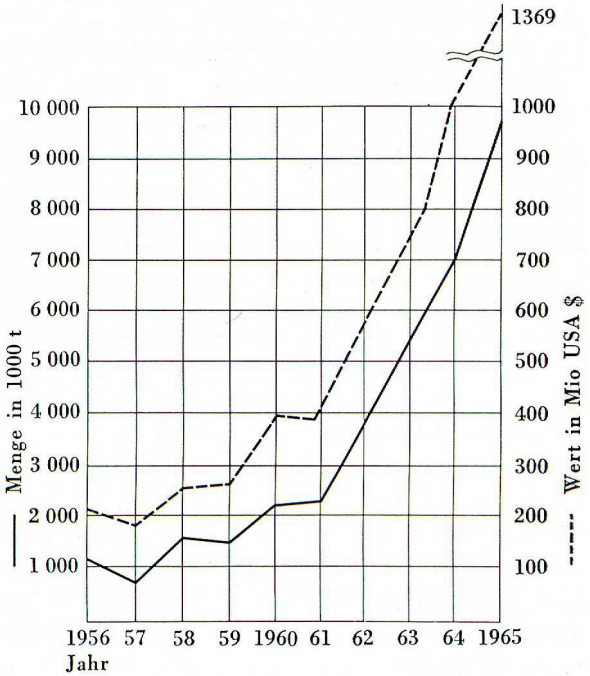
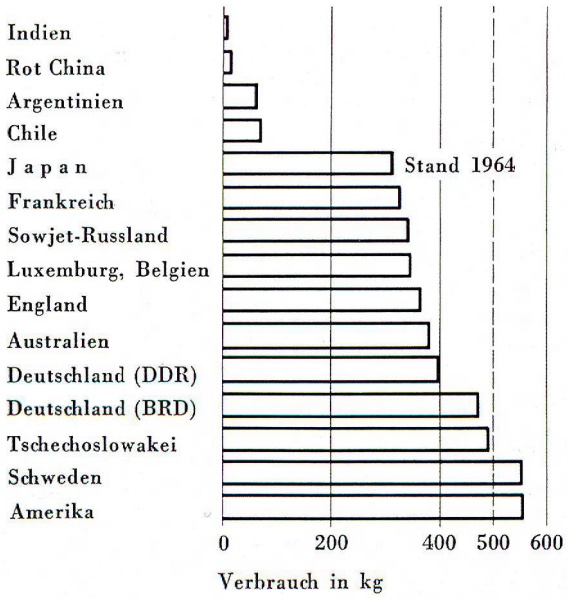


Diagramm 2
Wandlung des Eisen- und Stahlexportes seit 1956.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich wird, ist die Rohstahlproduktion Japans innerhalb 10 Jahren, vom Jahre 1954 ausgehend, auf das Fünffache gestiegen und von 1959 bis 1964 sogar auf das Doppelte angestiegen – ein Ergebnis, welches im Laufe der Geschichte höchst unwahrscheinlich erscheint.

Eisen und Stahl, der in der Industrie wichtigste Werkstoff, ist in Japan, welches arm an Rohmaterialien ist, die wichtigste Stütze seiner bedeutendsten Industrien: der Schiffsbauindustrie, der Maschinenindustrie u. a. m. Mit dem Inlandsverbrauch an Eisen- und Stahlerzeugnissen steigt auch deren Ausfuhr nach den asiatischen Ländern, den Vereinigten Staaten von Amerika und andern Ländern. Jährlich werden z. Zt. 7 Millionen Tonnen Eisen- und Stahlerzeugnisse, mit einem Wert von 1 Milliarde U.S. Dollars (Diagramm 2), ausgeführt. Bezogen auf den Ausfuhrumsatz nimmt Japan hinter der Bundesrepublik Deutschland, Belgien und Luxemburg den dritten Platz am Weltmarkt ein, ein Wachstum, welches mit der starken Expansion der japanischen Wirtschaft während der letzten zehn Jahre zusammenhängt.

Universell gesehen, besteht gegenwärtig in der Stahlindustrie ein Trend zur Überkapazität. Pro Kopf liegt jedoch der Verbrauch an Stahl in Ja-



pan, der bei 318 kg liegt, um 40% niedriger als in den traditionellen Stahlproduktionsländern (Diagramm 3). Japan kann also bei wachsendem Lebensstandard noch mit einem wachsenden pro-Kopf-Verbrauch an Stahl rechnen und kann mehr als andere Stahlproduktionsländer den sich gegenwärtig abzeichnenden Konjunkturrückgang durch erhöhten Inlandabsatz und seine internationale Aktivität auffangen. Von der Wachstumsrate des japanischen Volkseinkommens aus gesehen würde sich der Stahlverbrauch Japans mit den Jahren bis auf 80 Millionen Tonnen erhöhen.

Diagramm 3
Stahlverbrauch pro Kopf der Bevölkerung in den wichtigsten Ländern.

Tabelle 2a
Handelsüblichen Stahl herstellende Firmen, welche Hochöfen besitzen

Firmennamen	Kapital	Anzahl der Beschäftigten (1965)	Jährlicher Umsatz (1965)	Jahresproduktion (1965) Rohstahl	Roheisen
	Milliard. Yen	x 1000	Milliard. Yen	Mio t	Mio t
Yawata Iron & Steel Co.	126,2	46,7	292,5	7,76	6,49
Fuji Iron & Steel Co.	82,0	31,7	240,4	6,04	5,70
Japan Steel Tube Co.	76,4	36,3	217,2	4,29	3,74
Kawasaki Steel Co.	66,9	29,2	162,8	4,34	3,57
Sumitomo Metal Ind. Co.	61,8	24,1	171,8	3,81	3,15
Kobe Steel Works Co.	58,0	25,9	167,1	2,32	1,77
Tokai Steel Co.	20,0	3,8	38,0	1,10	1,05
Nisshin Steel Co.	21,6	9,2	57,3	0,94	0,55
Nakayama Seiko (Steel) Co.	1,0	3,3	28,7	0,75	0,57
Osaka Steel Co.	2,2	1,6	11,4	0,36	0,26

Tabelle 2b
Sonderstahl herstellende Firmen

Firmennamen	Kapital	Anzahl der Beschäftigten (1965)	Jährlicher Umsatz (1965)	Jahresproduktion (1965) Rohstahl	Roheisen
	Milliard. Yen	x 1000	Milliard. Yen	Tausend t	Tausend t
Daido Steel Co.	8,000	8,509	35,6	566	343
Mitsubishi Steel Co.	4,767	4,881	14,4	227	117
Special Steel Co.	2,364	2,282		86	67
Nippon Yakin Kogyo Co.	2,206	2,932	18,8	77	15
Japan Steel Co.	8,615	7,940	26,3	228	20

2. DIE EISEN- UND STAHLUNTERNEHMEN SOWIE IHRE PRODUKTIONSTECHNIK

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die 6 besonders grossen Eisenhüttenwerke, die handelsüblichen Stahl herstellen. Die Sonderstähle werden überwiegend von Firmen hergestellt, die nicht einmal als mittelgross bezeichnet werden können. Tabelle 3 fasst die Stahlerzeugung und Ausfuhrmenge Japans der Jahre 1963 bis 1965 zusammen. Durch eine mengenmässige Leistungserhöhung, Verbesserung der Rohstoffe, der Arbeitsgänge und Anlagen, eine Verminderung des Einsatzes pro Tonne Eisen und die Verbesserung der Eisen- und Stahlerzeugnisse sowie die Entwicklung neuer Eisen- und Stahlerzeugnisse konnten die Fortschritte auf dem Gebiete der Erzeugungstechnik erreicht werden.

Tabelle 3
Produktion und Export von Walzstahlerzeugnissen in Japan

	1963		1964		1965	
	Produktion	Export	Produktion	Export	Produktion	Export
	Mio t	Mio t	Mio t	Mio t	Mio t	Mio t
Roheisen	19,9	—	23	0	27	0,01
Rohstahl	31,5	—	39	0,03	41	0,04
Handelsüblicher Stahl, davon						
Walzerzeugnisse	22,6	4,6	28	5,91	30	8,24
Sonderstahl	2,3	0,30	3	0,21	2	0,35
Von den Walzerzeugnissen						
Stabstahl	4,4	0,60	4,9	0,48	5,4	0,60
Profile	2,6	0,24	3,5	0,40	3,7	0,70
Draht	2,2	0,47	2,4	0,54	2,8	0,73
Grobbleche	4,0	0,59	5,0	0,78	5,7	1,14
Feinbleche	2,4	0,42	3,1	0,33	2,4	0,49
Röhren	2,1	0,67	2,8	0,88	3,0	1,18
Bandstahl	2,2	0,74	3,3	0,84	3,5	1,49
Verzinkte Bleche	1,2	0,42	1,5	0,50	1,4	0,57

2.1. FORTSCHRITTE UND ENTWICKLUNG DER PRODUKTIONSTECHNIK

Auf den Ruinen des letzten Weltkrieges und in einer Welt grösster technischer Umwälzungen vermochte die japanische Eisen- und Stahlindustrie ihre Anlangen von Grund auf zu erneuern. Mit Schwergewicht für die Stahlindustrie wurden von 1956 bis 1965 mit einem Kostenaufwand von ca. 2 Billionen Yen* fast alle erdenklichen neuesten technischen Verfahren eingeführt (Diagramm 4). Als bedeutendstes Beispiel dazu möge die Einführung der LD-Konverter hervorgehoben werden, die die Siemens-Martin-Öfen ersetzten und deren Leistungsfähigkeit in der Folge verbessert werden konnte, was die Stahlerzeugungstechnik Japans auf den höchsten Stand der Welt brachte. Die Vergrösserung der Kapazität der Hochöfen und die Vergrösserung des Aus-

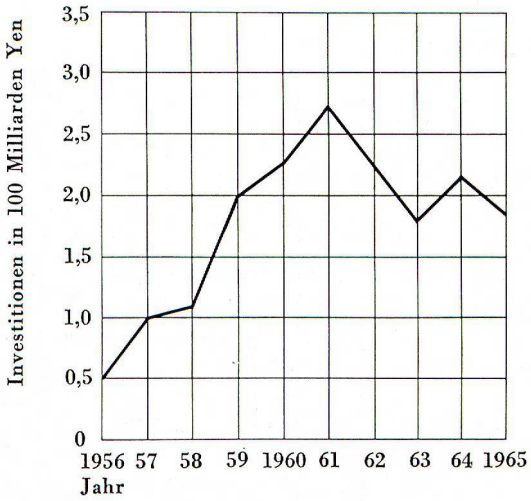


Diagramm 4
Investitionen der japanischen Eisen- und Stahlindustrie seit 1956.

* 1 Billion Yen = 12 Milliarden sFr.

bringens pro Tonne Einsatz sowie die Leistungssteigerung der Bandwalzwerke führten zu Fortschritten in der japanischen Eisen- und Stahlindustrie, die heute um den ersten oder zweiten Platz in der Welt wetteifern kann. (Nähere Auskunft über diese Entwicklung geben Tabelle 4 und Diagramm 5). Nun ein Rückblick auf die wichtigsten Fortschritte der Erzeugungstechnik Japans. Für die Rohstofflage der Eisen- und Stahlindustrie zeichnet sich seit kurzem eine grundlegende Änderung ab, die dem Wiederaufbau der japanischen Eisen- und Stahlindustrie ganz besonders zugute kommt. Heute können hochwertige Eisenerze in den Entwicklungsländern und andern überseeischen Ländern mit Vorteil abgebaut und an Ort und Stelle zur höchsten

Tabelle 4
Zahl und Kapazität der in der Welt errichteten LD-Konverter und Bandwalzwerke

Länder	LD-Konverter				Bandwalzwerke			
	Zahl der Konverter	Kapazität	im Bau (1965)		Warmbandwalzwerke		Kaltbandwalzwerke	
			Anzahl	Kapazität	Anzahl	Kapazität	Anzahl	Kapazität
		1000 t		1000 t		1000 t		1000 t
Japan	31	14,810	15	10,027	12	15,145	42	8,498
Indien	3	1,000	—	— —	1	300	2	107
Amerika	23	11,730	21	16,160	41	59,737	117	37,625
Mexiko	—	— —	—	— —	3	960	6	350
Brasilien	6	1,000	4	930	2	1,140	3	930
Frankreich	9	2,980	2	500	4	5,020	24	4,323
West-Deutschland	17	5,470	7	4,260	4	5,680	20	4,332
Benelux	9	3,370	6	2,150	5	4,600	14	3,065
Italien	2	2,000	5	3,250	2	1,850	10	2,268
Österreich	7	1,800	—	— —	1	1,100	3	404
England	9	4,220	6	2,270	6	7,670	18	5,478
Sowjet-Russland	9	2,700	12	8,000	7	9,650	11	4,300
Insgesamt in der Welt	141	55,600	100	54,037	104	123,608	293	75,749

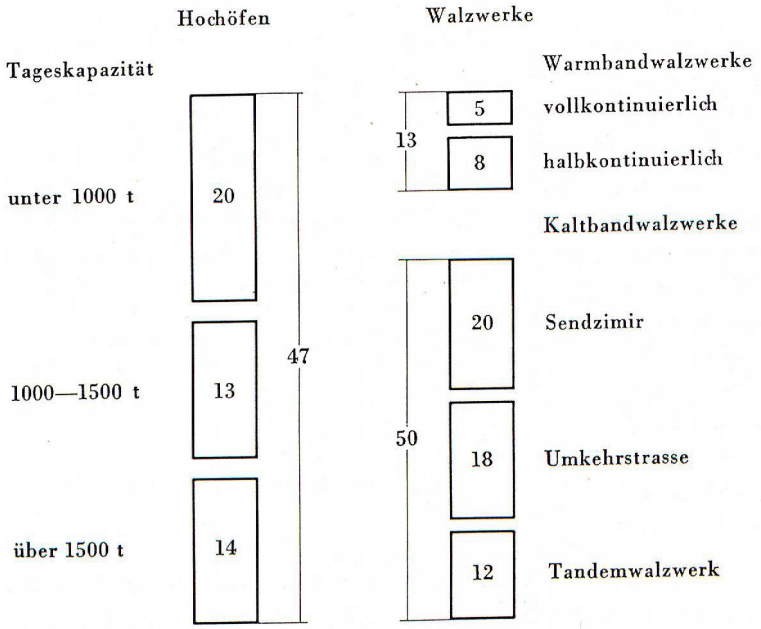


Diagramm 5
Zahl der in Betrieb stehenden Hochöfen und Bandwalzwerke, Stand Anfang 1965.

Qualität aufbereitet werden. Erzfrachter von bis zu 100 000 Tonnen ermöglichen eine wesentliche Senkung der Fracht, die ausserdem durch die Standortverlegung der Eisen- und Stahlwerke an das Meer verbilligt werden kann. Diagramm 6 zeigt den Verbrauch der Rohstoffe in Japan, Diagramm 7 den Stand des Baues von Erzfrachtern. Auch im Zusammenhang mit seiner Abhängigkeit von der hochwertigen amerikanischen Kohle musste Japan seine neuen Hüttenwerke am Meer errichten. Hochwertige Pellets und selbstgehende Sintererze können heute in Hochöfen mit mehr als 2000 m³ Fassung verhüttet werden. Das Brennstoffblasen, der sauerstoffreiche Gebläsewind und hoher Gebläsedruck erhöhten den Wirkungsgrad des Hochofens; so konnte das Koks-

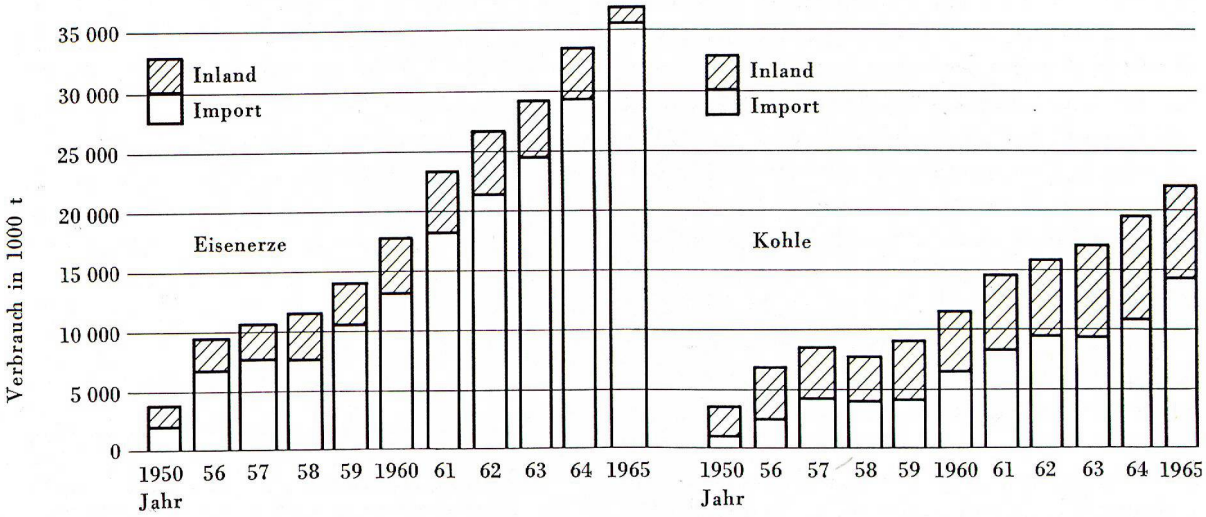


Diagramm 6 Verbrauch der wichtigsten Rohstoffe in Japan.

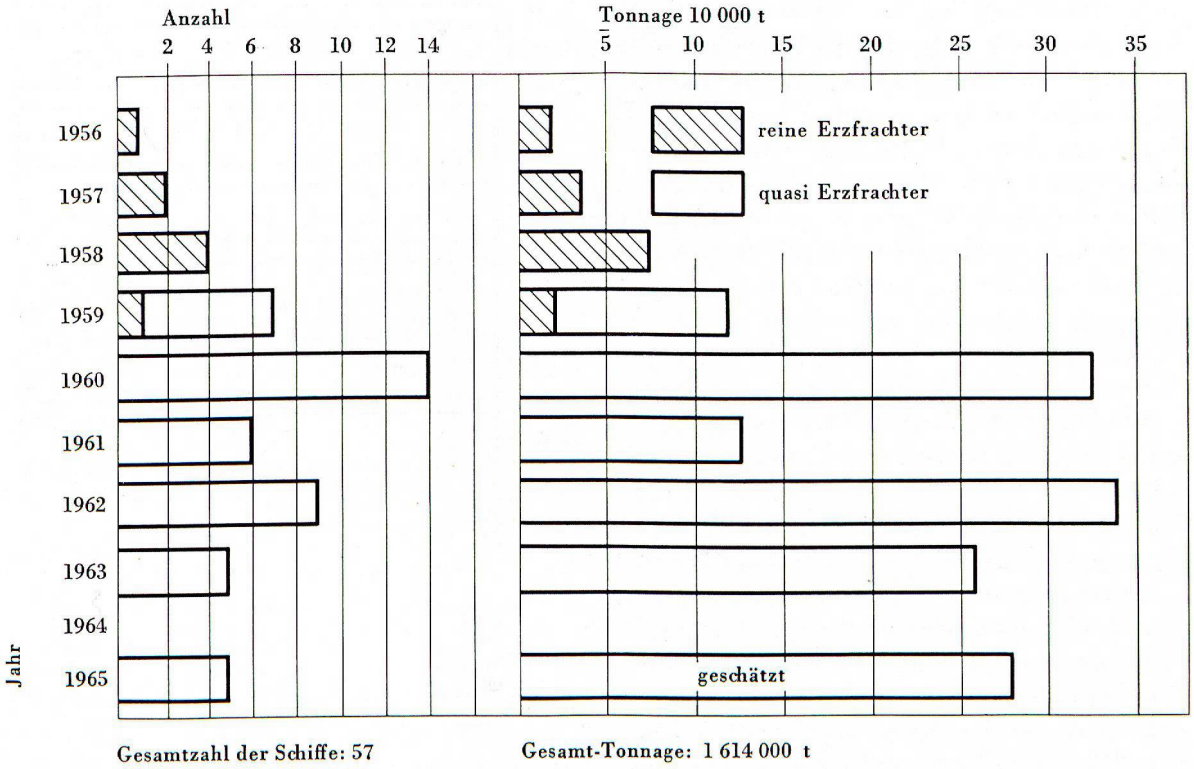


Diagramm 7 Im Bau befindliche Erzfrachter für japanische Schiffsgesellschaften.

verhältnis pro Tonne Roheisen bei uns die 500-kg-Grenze bereits unterschreiten und hat damit den niedrigsten Wert in der Welt erreicht (Diagramm 8).

Ferner können wir mit Zuversicht voraussagen, dass die Tagesproduktion pro 1 m³ unserer Hochöfen, die gegenwärtig mehr als 1,4 Tonnen Roheisen beträgt, bei geplanten grösseren Hochöfen auf über 2 Tonnen erhöht werden kann. Wobei neue Beschickungsanlagen, Winderhitzer, Anlagen für automatische Gasanalysen, Stichlochstopfmaschinen, Gebläse erheblich zur Erhöhung der Produktivität beitragen werden. Dazu kommen noch die Ausnützung der Automatisierung und Computeranlagen. Galt es neue Gross-Stahlerzeugungsöfen zu errichten, so wurden die LD-Konverter wegen ihren geringen Erstellungskosten und ihrer hohen Produktivität gegenüber den Siemens-Martin-Öfen bevorzugt. Der niedrige Schrottverbrauch, Fortschritte in der Qualitätskontrolle für Stahl, und Anwendung von reinem Sauerstoff trugen dazu bei, dass die LD-Konverter immer mehr gewürdigt wurden.

Gegenwärtig werden sogar Siemens-Martin-Öfen abgebrochen und durch 100 bis 160 t-Gross-Sauerstoffblas-Konverter ersetzt. Wenn im Jahre 1958 erst 6,9% der japanischen Rohstahlproduktion in LD-Anlagen hergestellt wurden, so ist diese Ziffer inzwischen auf 50% angestiegen. Man muss diese Änderung in der Stahlerzeugung als eine revolutionäre Umwälzung betrachten (Diagramm 9). Für den LD-Konverter konnten zahlreiche neue Verfahren entwickelt worden, so z. B. Benutzung einer Multidüsen-Sauerstofflanze, mit welcher Entphosphorung und Ausbringen erhöht werden konnten, oder die Gewinnung kohlenstoffreicher und legierter Stähle in grösseren Mengen und die Entwicklung der Nutzbarmachung der Abgase sowie die Verbesserung der Zustellungsstoffe für die Tiegel. Ferner hat die Anwendung des Computer-Systems für die Geschwindigkeit und die Stabilität des Stahlerzeugungsprozesses zu grossen Umwälzungen geführt.

Die Rationalisierungstechnik hat nach grossen Anstrengungen auch für das Walzwerk reiche Früchte getragen. Walzwerksanlagen mit grosser Durchlaufsgeschwindigkeit, die aus Amerika und Europa eingeführt wurden, konnten zur höchsten Produktionsleistung in der Welt entwickelt werden. So im Blockwalzwerk zu einer Walzmenge von 212 t, im Warmbandwalzwerk 229 t pro Stunde. Einige Drahtwalzwerke spulen 900-kg-

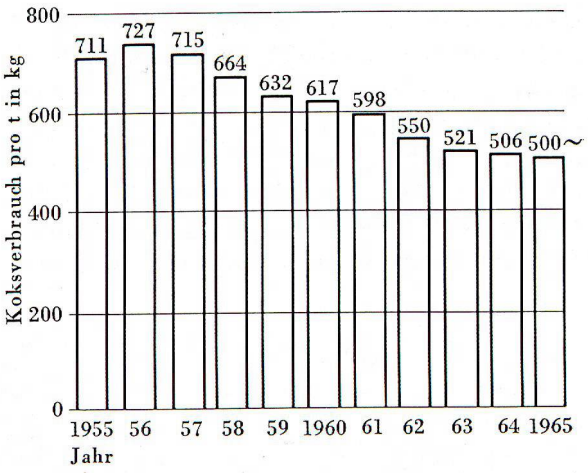


Diagramm 8 Koksverbrauch der Hochöfen in Japan pro t Roheisen.

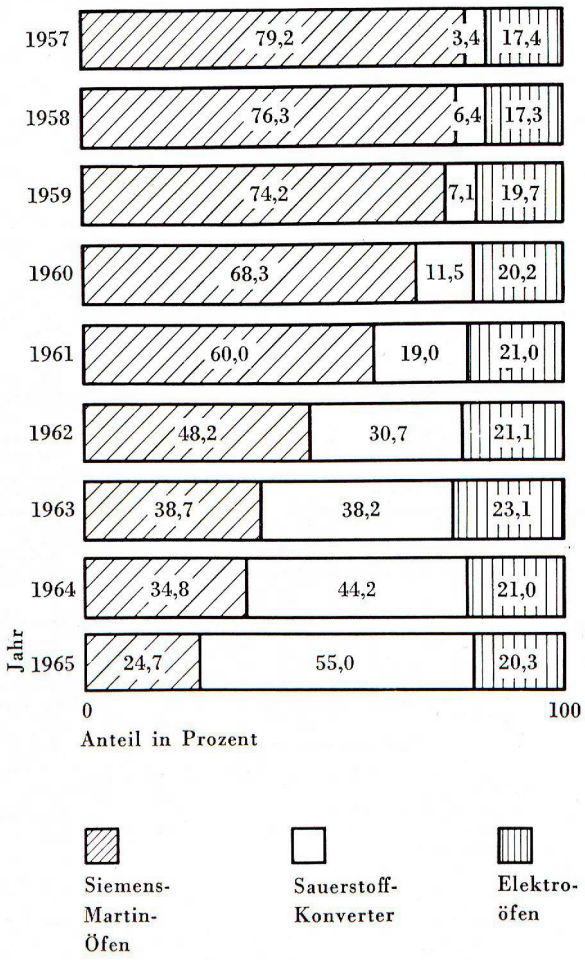


Diagramm 9 Anteil der Stahlerzeugung in den verschiedenen Typen von Stahlöfen.

Bündel von 5 mm Draht sogar mit einer Endgeschwindigkeit von 40 m/sek auf. In Japan hergestellte Walzwerksanlagen werden gegenwärtig in Südostasien abgesetzt. Die Rationalisierung hat noch andere Gebiete ergriffen.

Auf den verschiedenen Betriebsposten unserer Unternehmungen befinden sich unzählige tüchtige Techniker und Ingenieure mit ausserordentlich hervorragender Ausbildung, die um die Erhöhung der Produktivität, das Ausbringen und um die Verbesserung der Qualität kämpfen, so dass sich unsere Produktionstechnik in einer Art flüssiger Entwicklung befindet.

Unserer Metallurgie, unserem Maschinenbau und Messkunde stehen verhältnismässig genügend menschliche Hilfsquellen zur Verfügung. Dies wird verständlich, wenn man hört, was für die Heranbildung dieses Kaders in Japan getan wird. So konnte die Zahl der Akademiker für die Metallkunde erheblich erhöht werden. Ferner hat die Weiterausbildung der Ingenieure in firmeneigenen Klassen hervorragende Ergebnisse erzielt. Die «Japan Iron and Steel Federation» gründete eine eigene Eisen- und Stahl-Akademie, eine Universität einzigartigen Charakters mit verkürzten Unterrichtsjahren.

Die wissenschaftlichen Vereine und Forschungsorganisationen unserer Eisen- und Stahlindustrie erleichtern den Austausch technischer Erfahrungen. Auf Veranstaltungen des «Iron and Steel Institute of Japan» und der Forschungsorganisationen werden Ingenieure und Techniker zu höheren Leistungen angespornt. In der gemeinsamen Forschung findet der harte und bewusste Konkurrenzkampf innerhalb unserer Stahlindustrie einen gewissen Ausgleich.

Während vor dem zweiten Weltkrieg die Forschung der eisenschaffenden und eisenverarbeitenden Industrie durch das «Japan Iron and Steel Institute» getragen wurde, steht ihm gegenwärtig die Mitarbeit der Behörden und der Industrie zur Seite. Das System der gemeinsamen Forschung verbessert aber auch den Kontakt zwischen den einzelnen Unternehmungen. Da zwischen den Forschungsstätten zahlreiche Betriebsgeheimnisse bestehen, stellt sich das wichtige Problem, wie die Forschungsergebnisse zur Entfaltung kommen können.

2.2. VERBESSERUNG UND ENTWICKLUNG DER ERZEUGNISSE

Betrachten wir einmal die qualitätsmässige Verbesserung der Stahlerzeugnisse sowie die Entwicklung neuer Erzeugnisse verschiedener Stahlsorten etwa im Bereich der handelsüblichen Stähle, so stellen wir fest, dass die Stahlindustrie unter sich wetteifert, eine Qualität herzustellen, die den neuen Anforderungen für Bau- und rollendes Material sowie neuer Erzeugnisse entspricht. Für den Hochbau wurden Forschungserfolge für Träger und korrosionsbeständige Stähle wie auch Oberflächenbehandlungstechniken an Stählen erzielt. Die Entwicklung der Tiefziehfähigkeit der Feinbleche, die Qualität der Transformatorenbleche usw. hat sich den besonders strengen Abnahmebedingungen der japanischen Verbraucher anzupassen. Für derartige Entwicklungen und Forschungen steht ein leistungsfähiges Personal aller Stufen zur Verfügung. Die Grundlagenforschung der wissenschaftlichen Organisationen und Institute sind in ihrer Auswirkung auf die Kaltverarbeitbarkeit, die elektromagnetischen und mechanischen Eigenschaften der Stähle sowie die Entwicklung neuer Stähle vielversprechend. Die Qualitätsverbesserung steht vor grossen Umwälzungen.

3. DIE FORSCHUNGSTÄTIGKEIT AUF DEM EISEN- UND STAHLGEBIET

3.1. DIE STELLUNG DER FORSCHUNGSTÄTIGKEIT AUF DEM EISEN- UND STAHLGEBIET INNERHALB DER GESAMTEN FORSCHUNGSTÄTIGKEIT IN JAPAN

Die Eisen- und Stahlforschung Japans wird einerseits von den Werken, andererseits von öffentlichen Forschungsinstituten und Universitäten betrieben. Diese Forschungen beruhen auf breiten wissenschaftlichen Grundlagen. Einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Forschung vermitteln folgende Zahlen: Gegenüber dem Jahre 1962 stiegen die Forschungsausgaben des Jahres 1963 um 15% und betrugen 4 Milliarden sFr.; 3,53 Milliarden sFr., also 87% davon entfielen auf die naturwissenschaftliche Forschung, eine Quote, die gegenüber 1962 14% höher lag. Etwa 45% der Gesamtkosten entfallen auf Personalkosten, 15% auf Materialien und 27% auf die Immobilien, 12% auf Verschiedenes. Von der Gesamtzahl der 373 823 Forscher waren im April 1964 184 301 hauptamtlich tätig. Verglichen mit 1963 ist hier eine Zunahme von 11% nachzuweisen. 131 922, also 72%, waren Naturforscher. Näheren Aufschluss über die Kostenverteilung sowie das Verhältnis

der gesamten Forschungskosten zum Volkseinkommen vermitteln die Tabellen 5 bis 7. 91 % der Kosten für naturwissenschaftliche Forschungen entfallen auf Forschungen für die eisen- und stahlschaffende Industrie. 94 % der Forscher des naturwissenschaftlichen Gebietes sind für sie beschäftigt. Über das Verhältnis der Gewinne verschiedener Industriezweige zu ihren Forschungskosten gibt Tabelle 8 Auskunft. Die Forschungskosten der Eisen- und Stahlindustrie stehen an zehnter Stelle.

3. 2. DIE STRUKTUR DER FORSCHUNG AUF DEM EISEN- UND STAHLGEBIET

a) *Struktur und Tätigkeit der Forschung innerhalb der Eisen- und Stahlerzeugungsindustrie*

Unter den 990 eisen- und stahlschaffenden Firmen Japans im Jahre 1963 besitzen 183 eine eigene Forschung mit 2434 Forschern und einem Gesamtaufwand in der Höhe von 219 Mio. sFr. 2011 Forscher, also 83 %, ihrer Gesamtzahl, sind von den 42 Unternehmen mit einem Aktien-

Tabelle 5
Zahl der in der Forschung beschäftigten Personen, Stand 1. April 1964

	Je nach Aufbau	Im Forschungswesen Beschäftigte	darunter			
			Forscher im Hauptberuf	Forschungs-Assistenten	technische Angestellte	Büro-Angestellte
Gesamtzahl	Unternehmen usw.	179 658 [48,1 %] (100 %)	61 155 [33,2 %] (34,0 %)	56 654 [74,4 %] (31,6 %)	40 594 [69,8 %] (22,6 %)	21 255 [38,5 %] (11,8 %)
	Forschungsinstitute	50 755 [13,6 %] (100 %)	24 089 [13,1 %] (47,4 %)	7 764 [10,2 %] (15,3 %)	7 438 [12,8 %] (14,7 %)	11 464 [20,8 %] (22,6 %)
	Universitäten usw.	143 410 [38,3 %] (100 %)	99 058 [53,7 %] (69,1 %)	11 731 [15,4 %] (8,2 %)	10 145 [17,4 %] (7,1 %)	22 476 [40,7 %] (15,6 %)
	Insgesamt	373 823 [100 %] (100 %)	184 302 [100 %] (49,3 %)	76 149 [100 %] (20,4 %)	58 177 [100 %] (15,6 %)	55 195 [100 %] (14,7 %)
davon Naturwissenschaftliche Forschungen	Unternehmen usw.	179 658 [58,6 %] (100 %)	61 155 [46,3 %] (34,0 %)	56 654 [78,4 %] (31,5 %)	40 594 [70,9 %] (22,6 %)	21 255 [47,3 %] (11,9 %)
	Forschungsinstitute	47 451 [15,5 %] (100 %)	22 271 [16,9 %] (46,9 %)	7 328 [10,2 %] (15,5 %)	7 354 [12,8 %] (15,5 %)	10 498 [23,4 %] (22,1 %)
	Universitäten usw.	79 264 [25,9 %] (100 %)	48 496 [36,8 %] (61,2 %)	8 262 [11,4 %] (10,4 %)	9 349 [16,3 %] (11,8 %)	13 157 [29,3 %] (16,6 %)
	Insgesamt	306 373 [100 %] (100 %)	131 922 [100 %] (43,1 %)	72 244 [100 %] (23,6 %)	57 297 [100 %] (18,7 %)	44 910 [100 %] (14,6 %)

[ ] Prozent der in der Forschung Tätigen ( ) Prozent der Gesamtzahl der Beschäftigten

Tabelle 6
Forschungsaufwand je Forscher, Stand April 1964 (Mehraufwand im Vergleich zu 1963 in Prozenten)

	Durchschnittlicher Gesamtaufwand je Forscher	Davon für naturwissenschaftliche Forschung
	sFr.	sFr.
Unternehmen usw.	40 680 (4 %)	40 680 (4 %)
Forschungsinstitute	26 760 (1 %)	27 600 (1 %)
Universitäten usw.	12 960 (6 %)	15 480 (-0,3 %)
Durchschnitt	24 000 (4 %)	—

Tabelle 7
Verhältnis im Forschungsaufwand auf naturwissenschaftlichem Gebiet zum Volkseinkommen in den wichtigsten Ländern

Länder	Rechnungsjahr	Volkseinkommen	Forschungsaufwand für naturwissenschaftliche Forschung	Prozentsatz zum Einkommen
		Milliarden sFr.	Milliarden sFr.	%
Amerika	1961—1962	1944,0	64,15	3,3
England	1961—1962	260,4	7,55	2,9
Sowjet-Russland	1962	796,8	20,72	2,6
Deutsche Bundesrepublik	1962	295,2	5,90	2,0
Frankreich	1961	204,0	3,06	1,5
Japan	1963	218,4	3,94	1,8
	1962	189,6	3,42	1,8

Tabelle 8
Forschungstätigkeit der verschiedenen Industrien, Rechnungsjahr 1963

	Zahl der Unternehmen, die Forschungen vornehmen	Zahl in der Forschung Beschäftigten	davon Forscher	Forschungsaufwand innerhalb der Unternehmen	Forschungsaufwand		
					je Forscher	in % vom Umsatz: Durchschnitt	in % vom Umsatz: bei den Gesellschaften mit mehr als 1 Milliarde Yen Kapital
				Mio sFr.	sFr.	%	%
Elektromaschinenbau-Industrie	917	44 715	15 162	544	35 800	2,29	2,30
Chemische Industrie	1 332	40 029	14 855	458	30 800	1,64	1,84
Präzisionsmaschinen-Industrie	107	3 889	1 290	35,8	27 800	1,29	1,10
Maschinenbau-Industrie	663	12 306	4 069	112,7	27 600	1,12	1,06
Textilindustrie	817	12 748	2 898	148,4	50 800	1,08	1,15
Maschinen-, Transport-Industrie	267	14 511	4 581	236,0	51 500	1,06	1,09
Gummiwaren-Industrie	207	3 447	1 157	33,2	28 500	0,98	0,96
Keramikindustrie	319	5 047	1 561	48,3	31 000	0,74	0,76
Nichteisenmetall-Industrie	154	4 338	1 322	36,9	35 500	0,70	0,76
Eisen- und Stahl-Industrie	183	9 114	2 434	12,9	53 000	0,65	0,67
Industrie für Metallerzeugnisse	131	2 034	721	18,5	25 500	0,62	0,50
Zellstoff- und Papierindustrie	110	2 250	847	23,4	27 700	0,41	0,38
Nahrungsmittel-Industrie	1 242	7 395	3 242	67,8	20 900	0,32	0,35
Verlag- und Druckereiwesen	54	704	439	6,1	14 000	0,28	0,22
Holzindustrie und holzverarbeitende Industrie	68	473	168	2,8	16 500	0,23	x
Petroleum und Kohle verarbeitende Industrie	67	1 396	496	20,8	41 900	0,20	0,18
Weitere Industrien	515	3 908	1 666	33,0	19 800	0,39	x
Schaffende Industrien insgesamt	7 153	168 649	57 052	1955	4 500	1,04	1,11

Tabelle 9a

Forschungstätigkeit in der eisen- und stahlschaffenden Industrie, Rechnungsjahr 1963

	Anzahl der Forschung betreibenden Unternehmen	Anzahl der im Forschungswesen Beschäftigten	davon Forscher		Forschungsaufwand			Anteil vom Umsatz
			insgesamt	davon Hauptbeschäftigte	Unkosten*	Ausgaben**	Vermögen	
					Mio sFr.	Mio sFr.	Mio sFr.	%
Eisenschaffende Industrie (mit Hochöfen)	10 (5,5%)	4 086 (44,8%)	869 (35,7%)	869 (36,4%)	73,9 (57,2%)	79,1 (55,8%)	20,4 (60,8%)	0,65
Walzstahl erzeugende Industrie	27 (14,8%)	1 273 (14%)	349 (14,3%)	343 (14,4%)	14,6 (11,3%)	16,1 (11,3%)	2,9 (8,7%)	0,44
weitere Eisen- und Stahlindustrie	146 (79,7%)	3 755 (41,2%)	1 216 (50%)	1 178 (49,2%)	40,7 (31,5%	46,5 (32,9%)	10,2 (30,5%)	0,77
Eisen- und Stahlindustrie insgesamt	183 (100%)	9 114 (100%)	2 434 (100%)	2 390 (100%)	129,0 (100%)	142,0 (100%)	33,5 (100%)	0,65

( ) Prozent der Gesamtzahl in der Eisen- und Stahl-Industrie

* Unkosten = Personalkosten, Materialverbrauchskosten und Abschreibungskosten des festen Vermögens und weitere Spesen

** Unkosten = Personalkosten, Materialverbrauchskosten und Anschaffungskosten für festes Vermögen und weitere Spesen

Tabelle 9b

Forschungstätigkeit in der eisen- und stahlschaffenden Industrie, Rechnungsjahr 1963, Unternehmen mit mehr als 1 Milliarde Yen Kapital

	Anzahl der Forschung betreibenden Unternehmen	Anzahl der im Forschungswesen Beschäftigten	davon Forscher		Forschungsaufwand			Anteil vom Umsatz
			insgesamt	davon Hauptbeschäftigte	Unkosten*	Ausgaben**	Vermögen	
					Mio sFr.	Mio sFr.	Mio sFr.	%
Eisenschaffende Industrie (mit Hochöfen)	8	4 080 (510)	866 (108)	866 (108)	73,8 (9,2)	78,9 (7,4)	20,4 (2,5)	0,65
Walzstahl erzeugende Industrie	16	1 072 (67)	297 (19)	295 (19)	13,6 (0,8)	15,0 (0,9)	2,8 (0,02)	0,45
weitere Eisen- und Stahlindustrie	18	2 729 (152)	848 (47)	847 (47)	34,5 (1,9)	40,3 (2,2)	9,3 (0,05)	0,93
Eisen- und Stahlindustrie insgesamt	42 [23%]	7 881 [86,5%]	2 011 [82,6%]	2 008 [84%]	121,7 [94,3%]	133,8 [94,6%]	32,5 [96,9%]	0,67

[ ] Prozent der Gesamtzahl in der Eisen- und Stahlindustrie

( ) Durchschnitt je Unternehmen

* Unkosten = Personalkosten, Materialverbrauchskosten und Abschreibungskosten des festen Vermögens und weitere Spesen

** Unkosten = Personalkosten, Materialverbrauchskosten und Anschaffungskosten für festes Vermögen und weitere Spesen

kapital über 1 Milliarde Yen beschäftigt. Ihre Forschungskosten belaufen sich auf 121,7 Mio sFr. (Tab. 9a und 9b). Einige grössere Unternehmungen besitzen zentrale Forschungsinstitute für Grundlagenforschung, mit Forschungsaufgaben für einen längeren Zeitraum, die der Weiterentwicklung der Eisentechnologie dienen. Aus der Reihe solcher Institute seien folgende hervorgehoben:

Tokyo Research Institute of Yawata Iron & Steel Co., Ltd.

Central Research Institute of Fuji Iron & Steel Co., Ltd.

Central Research Laboratories of Sumitomo Metal Industries, Ltd.

Das Tokyo Research Institute of Yawata Iron & Steel Co., Ltd., befasst sich hauptsächlich mit Grundlagenforschung in Physik und Chemie im Hinblick auf die zukünftige Eisentechnologie. Etwa 50% seiner Mitarbeiter kommen von den naturwissenschaftlichen und 40% von chemischen Fakultäten.

Die meisten Eisen- und Stahlwerke besitzen technische Laboratorien, die sich in Zusammenarbeit mit ihrem Betriebspersonal überwiegend mit kurzfristigen, mehr praktischen Forschungsplänen befassen, so z. B.

Technical Research Institute of Yawata Iron & Steel Co., Ltd.

Fuji's Works Research Laboratories

Tabelle 10
Grössenüberblick der wichtigsten Forschungsinstitute

	Personenzahl			davon		Gesamt-Budget***	Bemerkungen
	insgesamt	Doktoren	Forscher**	Forschungs-Assistenten	Sonstige		
						Mio sFr.	
Yawata Iron & Steel Co., Techn. Forschungsinstitut	1277	55	291	196	790	—	() Tokio Research Institute Rechnungsjahr 1963
Tokio Research Institute of Yawata Iron & Steel Co.	(352)	—	(92)	(153)	(107)	(6,0)	() Tokio Research Institute Rechnungsjahr 1963
Central Research Institute of Fuji Iron & Steel Co.	317	19	87	148	82	(12,0)	ausserdem befinden sich Forschungs-Institute in Kamaishi, Hirohata und Muroran
Nippon Kokan Technical Research Laboratory	390	10	111	103	176	—	
Technical Research Laboratories of Kawasaki Iron & Steel Co.	540	—	70	70	400	(4,8)	Nur Chiba Forschungsanstalt der Technical Research Laboratories
Central Research Laboratories of Sumitomo Metal Ind. Col.	372	—	97	143	132	—	
Central Research Institute of Kobe Steel Co.	215	5	53	91	71	(6,0)	
Research Institute for Mineral Dressing and Metallurgy, University of Tohoku	89	18	44	19	26	1,4	*
Research Institute for Iron, Steel & Other Metals, University of Tohoku	332	81	145	56	131	4,9	*
Institute of Industrial Science, University of Tokio	558	70	216	128	214	7,4	*
Institute of Solid State Physics, University of Tokio	227	—	80	28	—	5,1	* Budget-Rechnungsjahr 1962
National Research Institute for Metals	454 (25)	50	192	100	162	12,9 (5,4)	*, ( ) Materialversuchs-abteilung
Forschungsinstitut für Eisenbahntechnik	912 (28)	62 (—)	255 (10)	418 (6)	239 (12)	14,4	*, ( ) nur bez. Metall-forschungsabteilung

* Forschungen auch auf nichteisenmetallischem Gebiet und anderen Gebieten.

** Akademiker und gleichwertig Ausgebildete.

*** Gesamtbudget 1964 und 1965, ( ) geschätzt.

Nippon Kokan's Technical Research Laboratory
Japan Steel Work's Research Center
Kawasaki Iron & Steel Co., Ltd., Technical Research Laboratories

Diese Laboratorien befassen sich mit Forschungen, die bezwecken, praktische Arbeitsgänge durch gründliche Untersuchungen der auftretenden Schwierigkeiten zu verbessern, um die Qualität zu garantieren. Sie führen Versuche für die Entwicklung neuer Erzeugnisse und in Zusammenarbeit mit dem verantwortlichen Betriebspersonal Qualitätskontrollen durch.

In der Chiba Forschungsanstalt der Kawasaki Eisen und Stahl AG befasst sich eine Forschungsabteilung mit den Problemen der Brennstoffe, der Roheisenherstellung, der Stahlerzeugung und den feuerfesten Materialien. Eine weitere mit den Problemen der Fein- und Grobblech, Elektrostahl-, Seil- und Schweissdrahtherstellung. Eine dritte Abteilung mit Problemen der Verformung, Oberflächenbehandlung und der Analyse. Was zu zahlreichen neuen Erzeugnissen und erfolgreichen Ergebnissen führte (Tabelle 10). Der Forschernachwuchs dieser Institute wird in auswärtigen Ausschüssen, an Universitätsinstituten, Lehrkursen und Vorträgen weitergebildet und so in die Lage versetzt, seine schöpferische Kraft uneingeschränkt zu entfalten.

b) Struktur und Tätigkeit der Forschung innerhalb von Forschungsinstituten der Universitäten

Rückgrat der Forschungstätigkeit der Eisen- und Stahlindustrie sind die Forschungsinstitute des Wissenschaftlich-Technischen Verwaltungsapparates und des Ministeriums für Handel und Industrie mit ihrer Grundlagen- und technologischen Forschung, ergänzt durch die Forschungen an den dem Kultusministerium unterstehenden Universitäten und Technischen Hochschulen. Oft besitzen die Universitäten Forschungsinstitute, die nicht unmittelbar der Lehre dienen, so z. B. das «Research Institute for Mineral Dressing and Metallurgy», das «Institute of Industrial Science», das «Institute of Solid State Physics», alles Institute der Universität von Tokyo sowie das «Institute for Science and Industrial Research» der Universität Osaka (Tabelle 10). Ich verweise für die Auskunft über die japanischen Universitäten auf Tabelle 11 und 12 und bemerke hier, dass im Jahre 1964 1500 Studenten das Fachstudium

Tabelle 11
Zahl der Universitäten in Japan, Rechnungsjahr 1964

Universitäten mit 4 Studienjahren		Universitäten mit verkürzten Studienjahren (2 Jahre)		Insgesamt
Staatliche Universitäten	72 (25 %)	Staatliche Universitäten	25 (7,6 %)	97 [15,8 %]
Provinzial-Universitäten	31 (10,8 %)	Provinzial-Universitäten	39 (12 %)	70 [11,4 %]
Private Universitäten	185 (64,2 %)	Private Universitäten	262 (80,4 %)	447 [72,8 %]
Insgesamt	288 (100 %) [47 %]	Insgesamt	326 (100 %) [53 %]	614 [100 %]

Tabelle 12
Gesamtzahl der Universitätsstudenten in Japan, Rechnungsjahr 1964

Universitäten mit 4 Studienjahren		Universitäten mit 2 Studienjahren		Insgesamt
Staatliche Universitäten	204 000 (24,9 %)	Staatliche Universitäten	8 200 (6,5 %)	212 200 [22,5 %]
Provinzial-Universitäten	33 700 (4,1 %)	Provinzial-Universitäten	12 920 (10,3 %)	46 620 [4,9 %]
Private Universitäten	580 300 (71 %)	Private Universitäten	104 500 (83,2 %)	684 800 [72,6 %]
Insgesamt	818 000 (100 %) [86,7 %]	Insgesamt	125 620 (100 %) [13.3 %]	943 620 [100 %]

Tabelle 13 a
Staatliche Universitäten, denen Metallkunde-Fakultäten angeschlossen sind, Stand April 1966

Universität und Fakultät	Anzahl der Lehrstühle	regelmäss. Anzahl der Studenten	Universität und Fakultät	Anzahl der Lehrstühle	regelmäss. Anzahl der Studenten
Universität Tokio (Techn. Fakultät, Metallkunde)	8 [12]	30 [80]	Universität zu Hokkaido (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	6	40
Universität Tohoku (Techn. Fakultät, Metallkunde)	6	35	Techn. Hochschule Muroran (Metallkunde-Abt.)	4	40
Universität Tohoku (Techn. Fakultät, Metallwerkstoff, Technik)	6	40	Universität Akita (Bergakademie, Metallkunde-Abt.)	5	30
Universität Tohoku (Techn. Fakultät, Metallverarbeitungs-Abt.)	[6]	[40]	Universität Iwate (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	4	40
Universität Kioto (Techn. Fakultät, Metallkunde)	6	40	Ibaraki Universität (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	4	40
Universität Kioto (Techn. Fakultät, Metallverarbeitungs-Abt.)	6	40	Techn. Hochschule zu Tokio (naturwissenschaftl. und Maschinenbaufakultät, Metallkunde-Abt.)	6	40
Universität Osaka (Techn. Fakultät, Metallkunde)	6	40 [80]	Staatl. Universität zu Yokohama (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	4	40
Universität Osaka (Techn. Fakultät, Schweisstechnik-Abt.)	7	50	Universität Toyama (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	4	40
Universität Nagoya (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	6	40	Techn. Hochschule zu Nagoya (Metallkunde-Abt.)	4	40
Universität Nagoya (Techn. Fakultät, Eisenmetallurgie-Abt.)	6	40	Universität Ehime (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	3	40
Universität Kyushu (Techn. Fakultät, Nichteisenmetallkunde-Abt.)	4	20	Techn. Hochschule zu Kyushu (Metallkunde-Abt.)	5	38
Universität Kyushu (Techn. Fakultät, Eisenmetallkunde-Abt.)	6	40	Universität Kumamoto (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	4	40

[Geschätzte Zahlen 1 bis 2 Jahre später]

Metallurgie gewählt hatten, bei einer Gesamtstudentenzahl von 950 000, also etwa 0,16 % (Tabelle 13). Im Durchschnitt stehen jedem naturwissenschaftlichen Forscher 15 480 sFr. zur Verfügung; ihre Zahl betrug im Jahre 1964 49 000. Währenddem die Industriegesellschaften pro Forscher 40 680 sFr. aufwendeten. Ausser den budgetären Beträgen für die Forschung an den Universitäten können fehlende Mittel mit Antrag beim Kultusministerium, dem Ministerium für Handel und Industrie, dem «Agency of Science and Technology» und anderen Stellen ergänzt werden. Forschungssubventionen werden oft auch wissenschaftlichen Vereinen, Instituten und privaten Personen bewilligt, oder die Universitäten werden mit bestimmten Forschungen beauftragt. Wenn bisher der grösste Teil der Graduierten der Metallurgie in Industrieunternehmungen eintraten, wo sie sich an der Entwicklung neuer Erzeugnisse beteiligen konnten, so besteht nach der erfolgten Automation der letzten Jahre nun die Tendenz, die Graduierten zunächst in der Forschung zu beschäftigen. Ferner besteht bei den Akademikern gegenwärtig die Tendenz, zu promovieren, bevor sie in eine Firma eintreten. Zudem wird die Forschung an den Universitäten durch die Zunahme der Zahl der promovierten Akademiker aufgewertet und vertieft.

Tabelle 13b
Provinzial- und Privat-Universitäten mit Fächern der Metallkunde, Stand 1964

Universität	Anzahl der regelmäss. Universitäts-Studenten	Universität	Anzahl der regelmäss. Universitäts-Studenten
Osaka Provinzial-Universität (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	50 (54)	Kinki Universität (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.) (1. Abteilung)	80 (65)
Technische Hochschule zu Chiba, Metallkunde-Abt.	60 (125)	Kinki Universität (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.) (2. Abteilung)	80 (30)
Tokai Universität, Technische Fakultät, Metallkunde-Abt.	80 (80)	Kansai Universität (Techn. Fakultät, Metallkunde-Abt.)	80 (109)
Universität Waseda, Naturwissenschaftl. und Maschinenbau-Fakultät, Metallkunde-Abt.	— (153)	Eisen- und Stahl-Universität (Kurzstudium) (Eisenmetallurgie-Abt.)	80 (63)
Technische Hochschule zu Shibaura, Metallkunde-Abt.	40 (40)	Insgesamt	550 (719)

3.3. DIE TÄTIGKEIT DER WISSENSCHAFTLICHEN VEREINE UND AUSSCHÜSSE

Zahlreiche Institute oder Organisationen, wie das «Japan Institute for Metals», die «Japan Society for Technology of Plasticity», die «Japan Society for the Promotion of Science», das «Japan Iron and Steel Institute», führen Symposien, Konferenzen und Hauptversammlungen und Ausschusssitzungen durch und erleichtern die Kontaktnahme unter den Ingenieuren und ermöglichen die Publikation der Forschungsergebnisse. Kürzlich haben das «Japan Iron and Steel Institute», das «Japan Institute for Metals» und die «Japan Society for the Promotion of Science» unter dem Namen «The Joint Iron & Steel Basic Research Society» einen gemeinsamen Ausschuss für Grundlagenforschung gegründet.

a) Veröffentlichungen der wissenschaftlichen Vereine

Die meisten Forschungsergebnisse werden in den Zeitschriften des «Japan Iron and Steel Institute» und des «Japan Institute for Metals» veröffentlicht (Tabelle 14). Das «Japan Institute for Metals», bei einem Mitgliederbestand von 10 000, gibt jährlich ca. 700 Publikationen heraus, wovon 200 bis 250 auf Publikationen über Eisen und Stahl entfallen. Die eigentlichen Forscher sind grösstenteils Mitglieder beider Institutionen

Tabelle 14
Anzahl der von den Instituten herausgegebenen Veröffentlichungen

	1963*	1964	1965	Insgesamt
Japan Iron & Steel Institute	362	421	405	1188
Japan Institute for Metals	576 (207)	633 (221)	725 (254)	1936 (682)

* Im Rechnungsjahr 1963 Gesamtzahl der Veröffentlichungen von Oktober 1963 bis April 1964. Bei den Jahren 1964, 1965 wurden die Monate Oktober bis April als Referenz genommen.

( ) Zahl der Veröffentlichungen im Zusammenhang mit Eisen und Stahl.

Tabelle 15

Forschungsveröffentlichungen der zwei Hauptversammlungen im Frühling und Herbst des «Japan Iron & Steel Institute»

	Unterteilung	1963*		1964*		1965*		Insgesamt
		Forschungen von		Forschungen von		Forschungen von		
		Gesellschaften	Universitäten und Forschungs-Instituten	Gesellschaften	Universitäten und Forschungs-Instituten	Gesellschaften	Universitäten und Forschungs-Instituten	
Roheisen-Herstellung	Rohmaterialien im Zusammenhang mit:							
	Eisenerze	4	3	14	7	9	7	44
	Sintern	20	0	21**	2	19**	0	62
	Pelletisieren	5	0	10	2	5	2	24
	Laterite u. a. m.	14	4	10	6	9	5	48
	Hochöfen							
	Möller, Betriebsverfahren	37	0	32	2	33	3	107
	Weiteres	0	3	1	2	0	0	6
	Insgesamt	80	10	88	21	75	17	291
Stahl-Erzeugung	Betriebsoperation							
	Konverter	24	0	35	1	30	0	90
	Elektroofen	6	1	3	0	10	0	20
	S.M.-Ofen	10	0	8	0	4	0	22
	weitere Öfen	3	2	2	1	1	0	9
	Entgasung	2	0	2	0	5	0	9
	Stranggiessen	1	0	5	0	7	0	13
	Feuerfeste Stoffe	6	0	8	1	0	0	15
	Grundlagenforschungen							
	Erstarrung	7	0	13	1	22	1	44
	Einschlüsse	14	6	12	11	15	16	74
	Entschwefelung, Desoxidierung, Schlacke	7	13	15	19	7	13	74
	Säurereaktion	0	0	0	0	2***	3***	5
	Gasschmelzgrad	0	0	0	0	0	6	6
	Weiteres	11	0	9	0	4	0	24
	Insgesamt	91	22	112	34	107	39	405
Verarbeitung	Verformungsverfahren	20	1	20	1	20	0	62
	Verformbarkeit	11	1	9	2	8	0	31
	Weiteres: Wärmebehandlung Schweissverfahren	4	0	6	1	0	0	11
	Insgesamt	35	2	35	4	28	0	104
Eigenschaften	hochfester Stahl, fester Stahl	10	1	2	11	16	3	43
	Stahl für niedrige Temperaturen	1	2	0	1	0	0	4
	Werkzeugstahl	5	1	8	2	8	1	25
	Hitzebeständiger Stahl	24	10	25	6	16	6	87
	Federstahl	4	2	0	0	0	0	6
	Reineisen	0	0	2	0	0	0	2
	mech. Eigenschaften des Stahls	9	14	18	7	28	14	90
	Struktur der Wärmebehandlung	4	4	3	2	0	0	13
	Oberflächenbehandlung Korrosion, Antierosion	6	4	6	2	6	3	27
	Verstärkung des Stahls und Nb	0	0	0	0	1***	4***	5
	Einschlüsse u. mechanische Eigenschaften	0	0	0	0	5***	0	5
	Weiteres	5	2	10	8	7	2	34
	Insgesamt	68	40	74	39	87	33	341
Forschungen im Zusammenhang mit Analysen		12	2	13	1	16	3	47
Gesamtsumme		286	76	322	99	313	92	1188
Gesamtsumme je nach Rechnungsjahr		362		421		405		1188

* Rechnungsjahr 1963, Veröffentlichungen der Hauptversammlungen Oktober 1963 und April 1964, die Rechnungsjahre 1964 und 1965 wie 1963.

** Symposien inbegriffen.

*** Debattiergesellschaft.

Tabelle 16
Überblick der Forschungsveröffentlichungen des Japan Institute for Metals

Zweig-Abt.	(Gross-Unterteilung) Wichtigste Forschungsthemen	Jahr***	Zahl der Veröffentlichungen über Eisen und Stahl: Forschungen von Gesellschaften	Forschungen von Universitäten und Forschungsinstituten	Insgesamt	Gesamtzahl der Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Metallurgie (je nach den Versammlungen der verschiedenen Zweig-Abt.)
1	(Metall-Physik) Ausscheidung, Verbreitung, Verformung, Umwandlung, Magnetische Struktur und andere Strukturen, Versetzung, innere Reibung, Zweit-Kristallisation, Alterung, Kristallorientierung u. a. m.	1963	4	12	16	64
		1964	4	15	19	76
		1965**	9 (+1)	21 (+8)	30 (+9)	106
		Insgesamt	17 (+1)	48 (+8)	65 (+9)	246
2	(Metallverarbeitung) Walzen, Schmieden, Extrusion, Tiefziehen, Warmverarbeitung, weitere andere Verfahren und Eigenschaften der Metalle bei der Durchführung der Verarbeitung, Gesamtstruktur u. a. m.	1963	3	16	19	50
		1964	9	8	17	58
		1965**	14 (+1)	14 (+3)	28 (+4)	72
		Insgesamt	26 (+1)	38 (+3)	64 (+4)	180
3	(Physikalische Chemie der Oberflächen) Korrosion, Antierosion, Oxydierung, Zementation, Stickstoff, Plattierung und weitere Oberflächenbehandlungs-Verfahren, sowie Eigenschaften, Entkohlung, Oberflächenverschleiss	1963	20	26	46	84
		1964	25	19	44	66
		1965**	26 (+1)	19 (+4)	45 (+5)	76
		Insgesamt	71 (+1)	64 (+4)	135 (+5)	226
4	(Metallurgisch-physische Chemie) Schmelzpunkt des Gases bei Metall, Kohäsion der Schlacke, Aktivität der Schlacke, Reaktion der Eisenerzreduktion, Reaktion der Schlacke, Desoxydierung, Reaktion der Entschwefelung, u. a. thermodynamische Probleme	1963	5	15	20	58
		1964	4	20	24	51
		1965**	3	20	23	72
		Insgesamt	12	55	67	181
5	(Kohlenstoffstahl, Sonderstahl) Wärmebehandlung, Mechanische Eigenschaften, Verarbeitung Wärmebehandlung Eigenschaften, Ausscheidung Sprödigkeit, Transformation	1963	42	60	102	102
		1964	50	50	105	105
		1965**	33 (+16)	33 (+24)	66 (+40)	66 (+40)
		Insgesamt	125 (+16)	143 (+24)	273 (+40)	273 (+40)
6	(Giessen, Blöcke) Gussstahl, Erstarrung des Stahles, Einschlüsse u. a. Guss (in dieser Tabelle jedoch ist Guss nicht inbegriffen)	1963	1	3	4	13
		1964	1	1	2	20
		1965	4	0	4	9
		Insgesamt	6	4	10	42

* Zweig-Abt. 7 (Messwerkstoffe), Zweig-Abt. 8 (Nicht-Eisenlegierungen), Zweig-Abt. 9 (Analyse-Chemie) nicht aufgeführt.

** 7 Versammlungen bzw. Symposien mit Themen über Elektroeisen, Elektrostahl, Ermüdung, Streckgrenze, Versetzung, Spannungskorrosion, Sprödigkeit, Alterung, hochfester Stahl, Kerbzerreissfestigkeit.

*** Rechnungsjahr 1963, Hauptversammlung Oktober 1963 und April 1964, ebenso die Hauptversammlungen Oktober und April der Rechnungsjahre 1964 (Oktober 1964 bis April 1965) und 1965 (Oktober 1965 bis April 1966).

(Tabelle 15 und 16). 24% der Veröffentlichungen des «Japan Iron and Steel Institute» behandeln das Gebiet der Roheisenherstellung, 34% die Stahlerzeugung, 8% die Weiterverarbeitung von Eisen und Stahl, etwa 30% die Eisenkunde und 4% die Analyse. Unter den Veröffentlichungen überwiegen Abhandlungen über die Hochofen- und Konvertertechnik, ein Zeichen dafür, wie hochwertig die Eisen- und Stahltechnologie im Bestreben nach Verbesserung sich entwickelt hat. Demgegenüber publiziert das «Iron and Steel Institute» verhältnismässig wenig über die Weiterverarbeitung von Eisen und Stahl, da ein grosser Teil dieses Gebietes durch das «Japan Institute for Metals» und durch die «Japan Society of Mechanical Engineers» und durch die «Japan Society for Technology of Plasticity» veröffentlicht wird. Doch sollte die Verarbeitungstechnologie in der Zukunft mehr gepflegt werden. Forschungsergebnisse aus dem Gebiet der Eisenkunde werden grösstenteils durch das «Japan Institute for Metals» veröffentlicht.

Der eigentliche Zweck der Gründung des «Japan Iron and Steel Institute» war der Ansporn zu einer Verbesserung der Betriebstechnologie der Werke, deshalb erfolgen mehr als die Hälfte der Publikationen der Forschungsergebnisse grosser Firmen durch dieses Institut. Heute jedoch wird der Schwerpunkt der Forschungen auf eine Verstärkung der Grundlagenforschung verlagert. Im Gegensatz zum «Japan Iron and Steel Institute» veröffentlichen die Abteilungen 1, 2 und 4 des «Japan Institute for Metals» in grosser Zahl Forschungsergebnisse über Metallische Kristallographie und Physikalische Metallkunde, also Publikationen der Grundlagenforschung und auch in diesem Gebiet liegende Publikationen der Universitäten. Dies spiegelt die allgemeine Tendenz der ganzen Welt, für verhältnismässig einfache metallurgische Werkstoffe Theorien aufzustellen und dies auch für Eisen und Stahl, dort, wo erhebliche Erfolge erwartet werden können. Ging ursprünglich diese Forschung von den Naturwissenschaftlern aus, die darin Grosses leisteten, so forschen heute auch die Metallurgen in dieser Richtung. Gleiches gilt auch in den Betrieben, wo die Grundlagenforschung an Terrain gewinnt (Tabelle 16).

Immer häufiger werden aber auch Forschungsergebnisse auf Symposien oder in Debattiergesellschaften des «Japan Iron and Steel Institute» und des «Japan Institute for Metals» bekanntgegeben. Es seien hier Themen von Debattiergesellschaften des «Japan Iron and Steel Institute» hervorgehoben. So wurde über die Natur der Oxydierungsreaktion beim Strahlverfahren im Sauerstoff-Aufblas-Konverter, über den Einfluss des Zuschlags einer geringen Menge Niob auf die Eigenschaften des Profilstahls und über die nichtmetallischen Einschlüsse im Stahl und deren Einfluss auf seine Eigenschaften diskutiert. Derartige Diskussionen, die gegenwärtig im Brennpunkt des Interesses stehen, stellen sicher eine treibende Kraft für die zukünftige Entwicklung dar.

b) Die Tätigkeit der Ausschüsse der «Japan Society for the Promotion of Science» (Verein zur Förderung der Wissenschaften)

An dieser Stelle ist auch die «Japan Society for the Promotion of Science» zu erwähnen, die auf eine langjährige Geschichte zurückblicken kann. Diese Gesellschaft bildet je nach Bedarf Ausschüsse, wenn ein Thema als wichtig erkannt wird und es als notwendig erscheint, gemeinsame Forschungen darüber zu machen. Diese Ausschüsse lösen sich wieder auf, sobald das gesetzte Ziel erreicht ist. Auf dem Gebiet von Stahl und Eisen bestehen z. Zt. Ausschüsse für Stahlerzeugung, Roheisenerzeugung, feuerfeste Baustoffe, Ermüdung von Achslagern sowie für Gefüge, Fehler, Werkstoff-Festigkeit usw. Diese Ausschüsse werden hauptsächlich durch die Firmen finanziert. Es werden durchschnittlich viermal jährlich Versammlungen abgehalten, an denen Mitglieder von Forschungsinstituten, Universitäten und Unternehmen teilnehmen, ihre Forschungsergebnisse unterbreiten und eingehend über diese diskutieren. Dies ist jedoch nicht die einzige Aufgabe dieser Gesellschaft, sondern sie stellt gleichzeitig auch einen Verbindungsort dar für die Unternehmen, Forschungsinstitute und Universitäten untereinander, die dort ihre Kenntnisse untereinander austauschen.

Den Ausschüssen unterstehen Unterausschüsse, beratende Kommissionen sowie kleine Komitees. Ziehen wir Ausschuss 19, Stahlerzeugung, als Beispiel heran:

Ausschuss 19: Stahlerzeugung

Unterausschuss 1
(Analysen)

Unterausschuss 2
(Temperaturmessung)
beratende Kommission für Spektralanalyse

Unterausschuss 3
(Schmelze, Blöcke)

a) beratende Kommission für Eisen- und Stahl-Gasanalyse
b) beratende Kommission für Ultraschall-Fehlerprüfung
c) beratende Kommission für Reaktionen der Stahlerzeugung
d) beratende Kommission für nichtmetallische Einschlüsse im Stahl
e) beratende Kommission für Spurenelemente im Stahl (gegenwärtig Tätigkeit eingestellt)
f) beratende Kommission für Austenit-Kristallkorngrösse (Tätigkeit beendet)

c) Grundlagen-Forschungsinstitute auf dem Gebiet von Eisen und Stahl

In den letzten Jahren hat sich bei dem «Japan Iron & Steel Institute», der «Japan Society for the Promotion of Science» (Ausschuss 19 und Ausschuss 54) sowie dem «Japan Institute for Metals» die Tendenz verbreitet, gemeinsam grundlegende Probleme auf dem Gebiet des Eisens und Stahles aufzugreifen und zu bewältigen. Das Verwaltungskomitee der «Joint Iron & Steel Basic Research Society» setzt sich aus Vertretern der obengenannten Institute bzw. Gesellschaften zusammen, die Geschäftsführung liegt beim «Japan Iron & Steel Institute». Diese «Joint Iron & Steel Basic Research Society» befasst sich mit folgenden Themen, die in fünf Gruppen aufgeteilt sind:

1. Nichtmetallische Einschlüsse im Stahl
2. Spurenelemente im Stahl
3. Eigenschaften des Flussstahles und der Schlacke
4. Reines Eisen
5. Versetzungstheorie und ihre Anwendung auf Eisen und Stahl

Die Gruppe 1, die sich mit nichtmetallischen Einschlüssen im Stahl befasst, begann ihre Arbeit im April 1965 und ist gegenwärtig in voller Tätigkeit. Es finden gemeinsame Forschungen und gemeinsame Debatten über unberuhigten Stahl und Einschlüsse in Stahlblöcken und Knüppeln statt. Auch die verschiedensten Fehler werden hier debattiert. Vom jetzigen Rechnungsjahr ab ist geplant, parallel zu diesen gemeinsamen Forschungen und Debatten auch Forschungen über Einschlüsse im beruhigten Stahl usw. vorzunehmen.

Gruppe 2, die sich mit den Spurenelementen im Stahl befasst, plant zuerst Untersuchungen über Niob im Stahl vorzunehmen. Sie wird noch im Laufe dieses Rechnungsjahres ihre Tätigkeit aufnehmen. Das gleiche gilt für Gruppe 3, die sich mit den Eigenschaften des Flussstahles und der Schlacke befassen wird.

Gesellschaften, Universitäten oder Forschungsinstitute, die an diesen Problemen interessiert sind oder irgendwie Beziehungen dazu haben, lassen ihre Mitglieder an diesen Debatten und Untersuchungen teilnehmen. Gegenwärtig erhält die «Joint Iron & Steel Basic Research Society» Subventionen von der Regierung, die Firmen übernehmen die ihnen auferlegten bzw. zugeschriebenen Lasten. Solche Art von gemeinsamer Forschung wird gegenwärtig in bisher noch nie dagewesenem Masse durchgeführt.

3.4. GEGENWÄRTIGE LAGE UND TREND DER FORSCHUNG AUF DEM EISEN- UND STAHLGEBIET

Die theoretische und fundamentale Forschung wird, was bereits erwähnt wurde, hauptsächlich durch die Universitäten und Forschungsinstitute weiter gefördert. Es arbeiten mehrere Forscher über die Kristallographie von reinem Eisen und von Ferrolegierungen sowie auch über die Plastizität und das Verhalten beim spröden Bruch im Zusammenhang mit der Kristallorientierung. Die durch diese Forschung erzielten Ergebnisse finden praktische Anwendung, um den Zusammenhang zwischen der Kristallorientierung der definiert orientierten Elektrobleche und dem Walz- und Wärmebehandlungsvorgang besser verstehen zu können. Über die Entwicklung dieser Technik sind bereits einige Vermutungen aufgestellt worden.

Die meisten Forschungsgruppen bemühen sich, Klarheit zu erlangen über den Einfluss von Kohlenstoff, Stickstoff und anderen Legierungselementen auf die Umwandlungen des Stahles, die Mikroausscheidungen, die Verteilung und Fortbewegung der Versetzungen, die mechanischen Eigenschaften, die physikalische Bedeutung der Sprödigkeit, Festigkeit usw. Alle diese Aufgaben werden gründlich durchstudiert mittels elektronen-mikroskopischer Beobachtungen an sehr dünnen Proben, Messung der inneren Reibung und anderer Messungen. Wir hoffen, dass diese Forschung durch mikroskopische Beobachtungen dazu beitragen wird, die Verarbeitbarkeit und Veredelungsfähigkeit, die Sprödigkeit, die Dauerstandfestigkeit, die Werkstoffermüdung u. a. m. deutlicher vor Auge zu bringen, und dass sie zu

Veröffentlichungen führt, die für die weitere technische Forschung über Fragen der Warmbehandlung, der Schweissbarkeit usw. die nötigen Grundlagen schaffen. So wird die Metallforschung vom Gesichtspunkt der Festkörper-Physik begründet. Es ist bekannt, dass es bereits gelungen ist, magnetische Legierungen mit hervorragenden Eigenschaften zu entwickeln.

Die Forschung über hochfesten Stahl, wodurch dem Stahl neue Verwendungsgebiete eröffnet werden sollen, erfolgt von zwei Seiten, einerseits auf dem Boden der physikalischen Metallkunde und andererseits durch Entwicklung neuer Stahlerzeugnisse, wobei auch die neuen Arbeitsverfahren mit inbegriffen sind. Die Entwicklung neuer Stahlerzeugnisse wird von den Stahlerzeugern energisch vorwärtsgetrieben, besonders mit dem Ziel, die Schweissbarkeit und die Kaltsprödigkeit zu verbessern. So können z. B. die Festigkeits-Eigenschaften des Stahles verbessert werden, wenn während des Schmelzvorganges statt der gebräuchlichen Mengen von Aluminimum oder anderen stickstoffbindenden Elementen etwas grössere Mengen dieser Elemente hinzugefügt werden.

Praktische Forschungen über hochfesten Handelsstahl, welcher Feinkorngefüge und hohe Streckgrenze aufweist, sind im Gange, wobei Aluminium, Nitrierungselemente und andere Elemente wie Niob, Vanadin usw. Anwendung finden. In der letzten Zeit kommen bei der Erforschung der Struktur und der Gefügebestandteile des Stahles in verstärktem Masse die verschiedensten Forschungstechniken, wie Mikrosonde, Elektronenbeugung usw. zur Anwendung. Grundlagenforschungen über hochwertige Sonderstähle, die fein verteiltes Blei enthalten, sind mit der Entwicklung der Erzeugungstechnik und der Qualitätsverbesserung eng verbunden. Als Beispiel soll erwähnt sein, dass der warmbehandelte bleihaltige Sonderstahl, der für die Kraftübertragung im Automobilwesen benutzt wird, einen grossen Bedarf hervorgerufen hat, so dass die jährliche Produktion mehr als 60 000 t beträgt.

Nun möchte ich hier an einem Beispiel den Trend der Forschung aufzeichnen und die Verhältnisse des hochfesten Stahles sowie des hitzebeständigen Stahles kurz streifen.

a) Hochfester Stahl

Unter den verschiedenen Sorten von Sonderstahl ist in Japan in der letzten Zeit ein besonders hoch entwickelter, hervorragender, hochfester, schweissbarer Baustahl auf den Markt gekommen. Nach dem Kriege wurden ernstliche Forschungen über hochfesten Stahl erstmals um 1952 herum wieder aufgenommen. Es wurde zuerst mit der Forschung des orthodoxen Mn-Si-Stahles der 50-kg-Klasse begonnen, mit der Zeit ist man hier jedoch bis zu einem Stahl der 100-kg-Klasse gekommen. Ausserdem wurden durch Lizenzübernahme ausländischer Entwicklungen verschiedene Sorten hochfester Stähle, entsprechend dem Verwendungszweck, für die industrielle Verwendung hergestellt. Angeregt durch den von der U. S. Steel Co. (USA) entwickelten T-1-Stahl (1952) wurde ein Si-Mn-Stahl der 50-kg-Klasse sofort nach dem Walzen wassergelöscht und angelassen und als vergüteter Stahl der 60-kg-Klasse auf den Markt gebracht. Dieser vergütete 60-kg-Klasse-Stahl wird heute von verschiedenen Stahlunternehmen hergestellt und mit Ausnahme des SM-50-JIS-(*J*apan *I*ndustrial *S*tandard = Japanische Industrie Norm) Mn-Si-Walzstahles, am meisten abgesetzt.

Durch die Übernahme einer ausländischen technischen Lizenz für die Herstellung von vergüteten Grobblechen wurde neuerdings ein Stahl auf den Markt gebracht, indem die Menge der Legierungselemente eines Stahles der 80-kg-Klasse leicht erhöht und die Temperatur beim Vergüten leicht gesenkt wurde, was die Geburt des Stahles der 100-kg-Klasse bedeutete.

Schliesslich sei hier noch der IN-Stahl erwähnt, welcher das Ergebnis neuer technischer Fortschritte auf dem Gebiet der Stahlerzeugung und des Walzens darstellt. Bei diesem Stahl wurde Stickstoff und Aluminium oder Titan, Zirkon, Niob, Beryllium usw. hinzugefügt und die Temperatur der Fertigstrasse gesenkt sowie Nitrid fein ausgeschieden, wodurch die Streckgrenze erhöht und das Korn verfeinert wird. Praktische Forschungen werden fortgesetzt, um zu finden, von welchem Stahl ausgehend die verschiedensten Klassen von Baustahl bis zur 100-kg-Klasse herzustellen sind, so z. B. ein durch Ausscheidung gehärteter hochfester Stahl, welcher mit Niob behandelt und sofort anschliessend an das Walzen gehärtet und danach angelassen wird. So kann also mit Recht behauptet werden, dass in Japan das Stadium erreicht ist, wo Stähle bis zur 100-kg-Klasse praktisch Anwendung finden.

Es wurde ausserdem noch die Erzeugung von Stahl der 50-kg- und 60-kg-Klasse im Sauerstoffkonverter verwirklicht. Als eine Auswirkung die-

ser Forschungen sind in der letzten Zeit Bemühungen im Gange, den hochfesten Stahl bis zu einer garantierten Streckgrenze von 47 kg/mm² in die japanischen Industrie-Normen «JIS» aufzunehmen. Das japanische Hochdruck-Institut und die japanische Schweisstechnische Gesellschaft haben ausserdem schweissbare hochfeste Baustahlbleche bis zur 100-kg-Klasse genormt. Diese Normen sind auch vom internationalen Gesichtspunkt aus als höchst fortschrittlich anzusehen.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung des hochfesten Stahles wurden grundlegende Forschungsarbeiten über die Wirkung kleinster Legierungszusätze durchgeführt, wobei die Forschung über den mit Niob behandelten Stahl im Mittelpunkt des Interesses steht, und bereits bis ins Kleinste gehende, der bisherigen Theorie widersprechende Betrachtungen angestellt wurden. Die meisten Forschungen stehen in engem Zusammenhang mit den Grundlagen der oberen Streckgrenze des Stahles. Besonders zu erwähnen ist noch das im Oktober 1965 von dem «Japan Institute for Metals» veranstaltete Symposium für hochfesten Stahl. Im April 1966 veranstaltete das «Japan Iron & Steel Institute» ebenfalls eine Vortragsversammlung, auf der Debatten über die Wirkung des Niobs auf den Mechanismus der Verfestigung und auf die Eigenschaften des Baustahles gehalten wurden.

Hand in Hand mit der Erweiterung des Verwendungsbereiches des Stahles der 50-kg- und 60-kg-Klasse schreitet die Entwicklung der verschiedenen Stahlsorten mit höherer Festigkeit. Diese Stahlsorten dringen immer mehr in den Markt ein, ihre Verwendungsmöglichkeit erstreckt sich gegenwärtig auf alle Gebiete, wo Witterungsbeständigkeit, Alterungsbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit gegen Schwefelverbindung und Verschleissfestigkeit verlangt wird. Ausserdem werden sie bei niedrigen Temperaturen und in Atomöfen verwendet. Verschiedene Stahlsorten, die für solche Zwecke geeignet sind, werden entwickelt und für den Markt zugängig gemacht.

b) Trend der Forschung über hitzebeständigen Stahl

Die Forschungsarbeiten an rostfreien Stählen werden vor allem unternommen mit dem Ziele, die Warmverarbeitbarkeit zu verbessern. Es wird über den Einfluss der chemischen Zusammensetzung, der nichtmetallischen Einschlüsse, die δ-Ferrit-Phase, die Wirkung von Zuschlägen seltener Erdelemente usw., geforscht. Starkes Interesse erweckt die Tatsache, dass die seltenen Erdelemente zusammen mit Kalzium und Silizium angewandt, den Reinheitsgrad des Schmelzbades erhöhen und das Ausscheiden von Unreinigkeiten und schädlichen Karbiden in den Korngrenzen verhindern. Dadurch wird nicht nur die Rostsicherheit erhöht; der stark wirkende Stabilisierungsprozess gegenüber den Schwefelverbindungen wirkt sich auch auf die Warmverarbeitbarkeit und die Zähigkeit bei hoher Temperatur ausserordentlich günstig aus.

Für sehr dicke rostfreie Grobbleche sowie für plattierte Stahlbleche, die für Druckbehälter von Atomöfen dienen sollen, wird als Rohmaterial Mangan-Molybdänstahl benutzt. Dieser Stahl wird in einer Stärke bis zu 200 mm mit 18-8-rostfreiem Stahl bekleidet. Es werden auch mittels des Hohlröhren-Kaltziehverfahrens plattierte Stahlröhren hergestellt, welche inwendig aus rostfreiem Stahl und auswendig aus Kohlenstoffstahl bestehen; diese finden in der chemischen Industrie Anwendung.

Da vorauszusehen ist, dass der Bedarf an rostfreien Stahlröhren für Öfen und Rohrleitungen an austenitischen Erzeugnissen grossen Durchmessers und grösster Längen für die petrochemische Industrie erheblich zunehmen wird, werden Versuche unternommen, diese durch Schleuderguss herzustellen. Forschungen sind im Gange, um die Warmfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit der 18-8-Mo- und 18-8-Nb-rostfreien Schleuderguss-Stahlröhren mit Aussendurchmessern bis zu etwa 200 mm und einer Stärke von 25 mm zu klären. Ferner werden in den Hikari Werken der Yawata Iron & Steel Co., Ltd. im Stranggussverfahren rostfreie Stahlbleche der Gruppe Cr-Ni hergestellt. Es wurde festgestellt, dass bei den durch Stranggussverfahren hergestellten Brammen die nichtmetallischen Einschlüsse sehr klein sind, verglichen mit den Block-Brammen, und dass der Anteil an δ-Ferrit durch Erhitzen leicht verringert werden kann.

Was die Qualität des rostfreien Stahles anbelangt, so zielen die Hauptbemühungen gegenwärtig darauf ab, die charakteristischen Eigenschaften bei hoher Temperatur weiter zu verbessern.

Da in der Martensitgruppe die Dämpfungseigenschaften des 12-Cr-Stahles gut sind, wird dieser Stahl für die Herstellung von Dampfturbinenschaufeln benutzt. Der δ-Ferrit und die mechanischen Eigenschaften werden aufmerksam verfolgt.

Dieser Art von Stahl wurden 1% Mn, 0,2% V und Nb sowie eine geringe Menge von Bor und Stickstoff zugesetzt, wodurch eine neue Stahlsorte entwickelt wurde, die bei 500 bis 600° C ausserordentlich fest ist. Sie ist unter dem Namen TAF-Stahl bekannt geworden.

Bei den Stählen der Ferrit-Gruppe konnte durch Hinzusetzen einer geringen Menge von Molybdän die Korrosionsbeständigkeit verbessert werden. Durch Hinzufügen von Titan und Niob konnte die Desoxydation verbessert werden, was eine leichtere Verarbeitbarkeit zur Folge hat.

Grosse Nachfrage besteht für die Stahlsorten der 17-Cr-Gruppe, welche eine ausgezeichnete Tiefziehfähigkeit besitzen und als Baumaterial für Haushaltgeräte, Autoverzierungen usw. Verwendung finden.

Unter den in diese Cr-Gruppe fallenden rostfreien Automatenstählen besitzt der Stahl, welcher etwa 0,1% Pb enthält, eine ausgezeichnete Zerspanbarkeit. Anderseits, für die Herstellung von Kesseln mit kritischem Überdruck und als Material für schnellarbeitende Atomöfen sind Forschungen über die Hitzebeständigkeit von rostfreiem Stahl der Austenit-Gruppe im Gange, und zwar für: 304 (18-8), 316 (18-8 Mo), 321 (18-8 Ti), 347 (18-8 Nb) usw. So wird z. B. im Falle von rostfreiem Stahl der Sorte 316 eine gute Verarbeitbarkeit und Schweissbarkeit durch Zuschlagen von geringen Mengen an Ti-B, Nb-B, Ta-B usw. erreicht. Es ist so möglich, ein Material zu erhalten, das eine hohe Dauerstand-Zerreissfestigkeit bis zu 700° C aufweist. Die Beständigkeit gegen Oxydierung konnte durch Zuschlagen von Beryllium erheblich verbessert werden.

Als Baustoff, der in der chemischen Industrie bei hohen Temperaturen und unter Hochdruck Anwendung findet, verdient der Gussstahl der Sorte 304 besondere Beachtung. Forschungen über die Warmfestigkeit und Strukturveränderung der Stahlsorten 304, 304 L, 304 L-0,18 Nb usw. sind im Gange.

Als Sondermaterial ist der austenitische Stahl 0,53 C – 18 Mn – 4,5 Cr zu erwähnen, der für die Kaltverarbeitung verbessert wurde. Dieser Austenit-Stahl wird erforscht, um ihn bei Teilen für Elektromaschinen anwenden zu können. Der 50 Ni – 30 Cr – 10 Mo – 4 Cu – 0,2 Ti-Stahl wird ebenfalls erforscht, um ihn für die chemische Industrie verwendbar zu machen. Die letztgenannte Ni-Legierung ist sehr geeignet für die petrochemische Industrie, wo im allgemeinen ein gegen Oxydation beständiger Stahl dem Isopropylen Schwefelsäure-Ester 75% H_2SO_4, bei 60 bis 65° C nur schwer standhalten kann. Diese Legierung auf Ni-Basis ist insofern beachtenswert, als sie gegenüber dieser Säure eine Korrosivitätsbeständigkeit von nur 50 Mikron pro Jahr aufweist.

Über den 17-4 PH- und 17-7 PH-rostfreien Stahl als korrosionsbeständiges Material, dessen Beanspruchungs/Gewichts/Verhältnis hoch ist und der deshalb in der Flugzeugindustrie und Raketenindustrie Anwendung findet, werden zahlreiche Forschungen unternommen. Unter dieser Art von Material kann auch der neu entwickelte 15 Cr – 4 Ni – 2,5 Mo – 4 Co – 0,4 Nb-Stahl erwähnt werden, der eine Zugfestigkeit von 150 kg/mm² bei 130 kg/mm² Streckgrenze, 18% Dehnung und 60% Einschnürung besitzt. Dieser Stahl wird als ST-154 PH-Stahl bezeichnet.

Forschungen in weitem Masse werden durchgeführt, um zu klären, wie sich die Warmbehandlung auf die Warmfestigkeit des 1 Cr – 1 M – ¼ V-Stahles auswirkt. Wenn man die Abkühlungsgeschwindigkeit von der austenitischen Temperatur kontrolliert, bildet sich Bainit der oberen Stufe, was für eine normale Dauerstand-Festigkeit bei 550° C vorteilhaft ist. Für die Kerb-Dauerstand-Festigkeit anderseits ist die Struktur der unteren Bainit-Stufe vorteilhafter.

Ausserdem fanden Untersuchungen statt, um die Wirkung des Aluminiums auf die Warmfestigkeit des 2¼ Cr – 1 Mo-Stahles und des 5 Cr – 0,5 Mo-Stahles für Kesselrohre zu klären, ferner auch um die Warmfestigkeit des im L.D.-Konverter hergestellten niedriggekohlten Stahles für den Kesselbau zu prüfen. Es wurde festgestellt, dass bis zu einem gewissen Grade Stickstoff verwendet werden muss, um das gesetzte Ziel zu erreichen.

Die Technologie des Frischens für die Herstellung von niedriglegiertem Stahl im Konverter ist gegenwärtig in der Entwicklung begriffen. Die Stähle 2¼ Cr – 1 Mo; 2¼ Cr – 0,5 Mo; 1 Cr – 0,5 Mo u. a. m., die als Kesselrohre Verwendung finden, besitzen dieselben Eigenschaften wie die Elektrostähle. Ausserdem konnte festgestellt werden, dass für eine lang anhaltende Warmfestigkeit des 1 Cr – 0,25 Mo-Stahles SCM 3 ein Zuschlag von 0,04% Nb empfehlenswert ist. Für hitzebeständigen Stahl der 12% Cr-Gruppe ist es angebracht, 1,5% Co und 1,5% Mo hinzuzuschlagen, um die Dauerstand-Zerreissfestigkeit zu erhöhen. Dies gilt auch für den bereits er-

wähnten TAF-Stahl; bei diesem Stahl entsteht kein δ-Ferrit, selbst wenn 3% Co und 0,8% Ni zugeschlagen und obendrein noch 1,5% Mo und 0,5% V sowie 0,35% Nb hinzugefügt werden, und die Dauerstand-Festigkeit sowie die Kerbzähigkeit erhöhen sich. Um die Warmfestigkeit bei hoher und normaler Temperatur zu erhöhen, ist es notwendig, die Abschreckung von der austenitischen Temperaturstufe aus vorzunehmen. Dazu ist Wasserabkühlung und Ölkühlung empfehlenswert. Wenn jedoch bei schweren Walzstahlerzeugnissen mit Gebläsewind abgeschreckt wird, so ist festgestellt worden, dass man unbedingt darauf bedacht sein muss, eine Abkühlungsgeschwindigkeit von mehr als 1000° C pro Stunde zu erhalten.

Von den Stählen der hochchromhaltigen Legierungsgruppe ist der Stahl 25 Cr – 1,5 Al – 1,5 Si-Röhren durch Warm-Strangpressen zu hervorragender Oxydationsbeständigkeit bei hoher Temperatur und hervorragender Beständigkeit gegenüber Schwefelsäure verarbeitet worden. Bei dieser Stahlsorte konnte die Warmverarbeitbarkeit und die Zähigkeit bei normaler Temperatur, die stets ein Problem für sich darstellen, durch Zuschlagen von 0,4 – 0,5% Ti verbessert werden. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Bruchfestigkeit des Ventilstahles 21 Cr – 4 Ni – 0,3 N bei 800° C durch Zuschlagen von 1% Mo und 0,5% W hervorragend verbessert werden kann.

Die hitzebeständigen Stähle der Austenit-Gruppe können in zwei Hauptgruppen unterteilt werden:

a) Cr – Ni – Fe Gruppe
b) Cr – Ni – Co – Fe Gruppe

In der Cr – Ni – Fe-Gruppe sind zahlreiche Forschungen an hitzebeständigen Legierungen, wie TIMKEN 16 – 25 – 6 (16 Cr – 25 Ni – 6 Mo) durchgeführt worden. Bei diesem Stahl konnte durch einen Zusatz von 2% Ti und 0,2% Al die Alterungsbeständigkeit verbessert werden. Von den Stählen mit niedrigeren Ni-Gehalten werden die folgenden z. Z. untersucht:

der 15 Cr – 12 Ni – 2 Mo-Stahl, gemeinsam von der Universität Tokio und der Hitachi Konzoku Kogyo Co (Hitachi Metall Industrie AG),

der 15 – 17 Cr – 12–15 Ni – 1–2 Mo-Stahl, von dem Hitachi Forschungsinstitut,

der 18 Cr – 12 Ni – 3 Mo-Stahl, vom National Research Institute for Metals,

der 14 Cr – 16 Ni – 2 Mo-Stahl, von der Nisshin Seiko K. K. (Nisshin Stahl AG).

Alle diese Forschungen verfolgen den Zweck, die Dauerstand-Zerreissfestigkeit zu erhöhen; sie werden mit allen Kräften vorangetrieben und haben bereits hervorragende Ergebnisse gezeitigt. Bei den folgenden Stahlsorten brachte der Zuschlag weiterer Legierungselemente gute Resultate:

15 Cr – 12 Ni – 2 Mo-Stahl:
Zuschlag von 2,7% Cu + 0,1% B;

15–17 Cr – 12–15 Ni – 1–2 Mo-Stahl:
Zuschlag von 0,06% Bi + 0,06% B;

18 Cr – 12 Ni – 3 Mo-Stahl:
Zuschlag von 0,1 – 0,2 B, um bei 0,1 – 0,4% C, 0 – 2% Ti, 0 – 2% Nb
ein Verhältnis von Ti/C = 2 bis 4, Nb/C = 3 bis 6 einzustellen;

14 Cr – 16 Ni – 2 Mo-Stahl:
Zuschlag von 2 – 3,5% Ti.

Es ist zu hoffen, dass es gelingen wird, auf dieser Grundlage in Zukunft hochfeste neue Stahlsorten zu entwickeln.

Für die Erzeugung von hitzebeständigem Stahl für die Herstellung von Auspuffventilen ist dem 0,3 C – 20 Cr – 11 Ni – 2 Mo-Stahl ein Zuschlag von 0,18 – 0,25% P und 0,001 – 0,01% B zugefügt worden; dieser Stahl hat die Bezeichnung CRK-Stahl erhalten. Der Phosphor erhöht ausserordentlich die Alterungsbeständigkeit; das Bor dient zur Erhöhung der Warmverarbeitungsfähigkeit, der Zähigkeit bei hohen Temperaturen und der Bruchfestigkeit.

Bei den hochhaltigen Cr- und Ni-Stählen sind die Arbeiten zur Erhöhung der Lebensdauer des 38 Cr – 15 Ni-Gussstahles, der für Retorten bei einer Temperatur von 1200° C benutzt wird, erwähnenswert.

Um die Bildung der δ-Phase bei den 25 Cr – 20 Ni-Legierungen zu vermeiden, wird bei einem 25 Cr – 28 Ni-Stahl der Ni-Gehalt erhöht und 0,1 bis 0,5% Stickstoff als Zuschlag hinzugefügt. Bei einem nicht-chromhaltigen Stahl mit 9% Ni wird die Umwandlungstemperatur untersucht. Es ergab sich, dass die Übergangstemperatur, die nach Abschrecken von 875° und Anlassen auf 600° bei — 65° C liegt, durch Anlassen auf 600° bis auf — 160° C heruntergedrückt werden kann.

Bei den Stählen der Cr – Ni – Co – Fe-Gruppe wird die Alterungsbeständigkeit und die Warmbehandlung der N-155-Legierung mit 20% Cr – 20% Ni und 20% Co, welche eine ausserordentlich gute Hitzebeständigkeit aufweist, auf weiter Basis erforscht.

Mit dem Ziel, Nickel einzusparen, hat das «Na-

tional Research Institute for Metals» Forschungen unternommen, um zuerst einmal das Nickel der N-155-Legierung teilweise durch Mangan zu ersetzen. Ein solcher Stahl, Legierung 11, mit folgender Zusammensetzung:

Cr 20%	Ni 10%	Mn 10%
Co 20%	Mo 3%	W 2,5%
Nb 1%	C 0,2%	N 0,38%

besitzt bei 700 bis 800° C höhere Festigkeit als die Legierung N-155, und das Schmieden ist einfacher. Diese Legierung 11 enthält jedoch eine grössere Menge von kostbarem Kobalt, so dass weitere Forschungen daraufhin abzielten, einen hochgradigen manganhaltigen hitzebeständigen Stahl herzustellen, der kein Kobalt mehr enthält. Es gelang, einen Stahl zu entwickeln, der bei gleichen Gehalten an Mn, Cr, W und Nb, einem Ni-Gehalt von nur 6% und einem Mo-Gehalt von 2% durch Erhöhen des C-Gehaltes auf mehr als 0,2% und einen N-Gehalt von mehr als 0,5% wesentlich höhere Festigkeit besitzt als die ursprüngliche Legierung N-155. Dieser Stahl wurde 10 M6N-Legierung benannt. Er besitzt die Fähigkeit, bis zu 1% Stickstoff zu legieren, und infolge des hohen Mangan-Gehaltes ist die Verschmiedbarkeit gut. Die Vickers-Härte wird pro 0,1% N um etwa 8% erhöht, die Dauerstand-Zerreissfestigkeit, die bei der N-155-Legierung bei einer Temperatur von 700° C und 26 kg/mm²/Belastung, 100 Stunden betrug, wird pro 0,1% N um etwa 60 Stunden erhöht.

Gegenwärtig sind weitere Studien im Gange, um die Wirkung von Zusatzelementen auf den 10-M6N-Stahl zu erforschen. So steht gegenwärtig eine 10-M6NB-Legierung in der Entwicklung, der 0,04% B als Zuschlag gegeben wurden, um die Hitzebeständigkeit zu erhöhen.

Als hitzebeständiger, hochmanganhaltiger Stahl mit hervorragenden Wärmeeigenschaften, kann noch der von der Mitsubishi Jukogyo (Mitsubishi Schwerindustrie AG) und der Tokushu Seiko (Special Steel AG) gemeinsam entwickelte YA-2 benannte Stahl erwähnt werden. Die Zusammensetzung dieses Stahles ist wie folgt:

Cr 20%	Ni 10%	Mn 8%	Mo 1,5%
W 1,5%	Nb 0,5%	C 0,3%	N 0,3%

Als hochwertiger Werkstoff für Anlassventile wurde ein Stahl mit 18% Cr, 13% Mn, 1,9% Ni, 0,5% W, 0,5% Mo, 0,3% Ni und 0,5% C entwickelt. Dieser Stahl weist bei einer Temperatur von 700° C eine Dauerstand-Zerreissfestigkeit auf, die 1,6mal grösser ist, als die des gebräuchlichen 21-4 N-Ventilstahles.

Die hitzebeständige Legierung auf Nickelbasis mit hoher Alterungsbeständigkeit vom Typus des in England entwickelten Nimonic und der in Amerika entwickelten Inco 700, M 252, Udimet 500, IN 100 usw. wurden überprüft. Das «National Research Institute for Metals» hat die Wirkung des Al und Ti auf Legierungen der Gruppe Nimonic 100 erforscht und festgestellt, dass im Bereich von 5 bis 6% Al, 3 bis 4% Ti ein Werkstoff von höchster Warmfestigkeit erzielt werden kann. Durch Zuschlag von 0,1—0,3% C und 0,15—0,3% B kann die Festigkeit noch erheblich verbessert werden. Dieses neue Erzeugnis, 64 BC genannt, mit 12% Cr, 20% Co, 5% Mo, 4% Ti, 6% Al, 0,15% C, 0,2% und Rest Nickel, besitzt bei einer Temperatur von 1000° C eine Zugfestigkeit von 45 kg/mm². Bei 1000° C und 10 kg/mm² Dauerlast liegt die Bruchfestigkeitsgrenze bei 400 Stunden. Dieser Gusswerkstoff besitzt die Fähigkeit, wesentlich höheren Temperaturen widerstehen zu können als die Nimonic 100-Legierung.

Was die hitzebeständigen Legierungen auf Kobalt-Basis anbelangt, so ist in den Vereinigten Staaten von Amerika bereits seit langem eine geschmiedete Legierung S-816 im Gebrauch. Es wurde die Zusammensetzung und die Warmbehandlung dieser Legierung neu überprüft. Der Gusswerkstoff auf Kobalt-Basis, X-40, konnte im «National Research Institute for Metals» wesentlich verbessert werden. Es konnte ein Werkstoff entwickelt werden, dessen Lebensdauer diejenige der X-40-Legierung um mehr als das 23fache übertrifft. Dieser neue Werkstoff mit geringen Zuschlägen von Zirkon und Bor mit Cr 27%, Ni 8%, W 7%, C 0,45%, B 0,22%, Zr 0,73%, Rest Co, der unter der Bezeichnung IZ05B hergestellt wird, konnte unter den obengenannten Versuchsbedingungen 14 kg/mm² bei 900° C, 1506 Stunden widerstehen.