Das Problem der direkten Stahlerzeugung aus Erzen unter besondere Berücksichtigung der elektrothermischen Verfahren

Autor(en): **Von Zeerleder, Alfred**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Wasser- und Energiewirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbau, Wasserkraftnutzung, Energiewirtschaft und Binnenschiffahrt**

Band (Jahr): **25 (1933)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-922403

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

nung bei Fischen. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. 229, S. 153, 1931; W. H. Der elektrische Fischrechen. 1932; Selbstverlag des Institutes für Wasserbau der technischen Hochschule Berlin.)[7])

Das Problem der direkten Stahlerzeugung aus Erzen unter besonderer Berücksichtigung der elektrothermischen Verfahren.

Protokoll der 13. öffentlichen Diskussionsversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 17. November 1932 in Zürich.

Referent: Prof. Dr. Ing. Alfred von Zeerleder, Neuhausen.*)

Der Vorsitzende, Ständerat Dr. Wettstein, heißt im Namen des Vorstandes des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes die Anwesenden herzlich willkommen. Das Thema stellt einen Ausschnitt dar aus dem großen Gebiet, dessen Bearbeitung der Wasserwirtschaftsverband sich zur Aufgabe gesetzt hat. Diese Aufgabe hat sich in den letzten Jahren eigenartig verschoben. Bis vor wenigen Jahren war eine Hauptaufgabe der Wasserwirtschaftspolitik, neue Energiequellen zur Deckung der außerordentlich rasch ansteigenden Bedürfnisse aufzufinden. Seit einiger Zeit ist nun die Sache umgekehrt: wir haben nunmehr eine sehr starke überschüssige Energieproduktion, für die wir neue Verwendungsmöglichkeiten suchen müssen. Es ist unsere Pflicht, das Möglichste zu tun, um alles das in den Kreis der Besprechung zu ziehen, was dazu dient, diesem Ueberschuß Absatz zu verschaffen.

Dazu gehört das Thema, das wir heute zu besprechen haben. Gerade in diesem Jahr ist ein Buch herausgekommen, das uns auf diese neue Verwendungsart hinweist. Es handelt sich um die Publikation: «Die schweizerische Eisenerzerzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung.» Der Verfasser dieses interessanten Werkes ist Ingenieur H. Fehlmann. Wir haben es nach Ingenieur Fehlmann in der Schweiz mit ganz bedeutenden Erzlagern zu tun; für ausbaufähig hält er namentlich diejenigen am Gonzen, die ja bereits abgebaut werden, und im Fricktal. Den Erzvorrat schätzt er mindestens auf 24 Mill. Tonnen. Die im Gonzenbergwerk gewonnenen Erze werden nicht bei uns verhüttet, sondern sie werden exportiert, womit wir gleichzeitig die Rheinschiffahrt befruchten. Die Fricktaler Lager sind bis jetzt nicht ausgenutzt, aber man spricht ernstlich von einer Ausbeutung. Der erste Versuch, der eine solche Ausnützung einleitete, ist allerdings mißlungen, weil die eidgenössischen Räte vor einigen Jahren die Finanzierung ablehnten. Sie hatten offenbar nicht das Vertrauen, daß hier auf die Dauer etwas Positives geschaffen werden könne. Sicherlich bietet uns diese Erzverhüttung die Möglichkeit, bedeutende Energiemengen rationell zu verwenden, und deshalb ist es unsere Pflicht, alle diese Möglichkeiten ernsthaft ins Auge zu fassen.

Diskussion.

Direktor F. Meyer (Winterthur) dankt dem Vorstand des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes für die freundliche Einladung an einige Mitglieder der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten. Die Studiengesellschaft arbeitet im Fricktal weiter. Davon zeugen unsere Bilanzen! Noch mehr aber unsere fortwährenden Bestrebungen und Studien, die Fricktaler Erze nutzbar zu machen. Dies ist freilich nicht so einfach, wie man glauben könnte. Auch wir haben die Stahlerzeugung nach den direkten Verfahren studiert, sind jedoch der Meinung, daß sich unsere Fricktaler Erze hiefür nicht eignen, weil sie zu viel schädliche Verunreinigungen enthalten, denn für Eisenschwamm, der besonders für Qualitätsstahl Verwendung findet, ist in erster Linie ein reines Erz notwendig. Dagegen sind wir der Ueberzeugung, daß die Verhüttung unserer Fricktaler Erze auf Roheisen durchführbar ist. Wir haben sehr kostspielige Versuche mit der Erzanreicherung gemacht. Die Fricktaler Erze haben bekanntlich nur 32 % Eisengehalt und wir würden den Hochöfen bei der Verhüttung große Mengen schlackenbildende Gangart zuführen, die einen großen Wärmeverbrauch bedingen. Ausgedehnte Versuche haben aber gezeigt, daß man diese Erze bis zu 55 % Eisengehalt anreichern kann, indes ist es wirtschaftlicher, mit der Anreicherung nur auf 40 oder 45 % Eisengehalt zu gehen, was leicht durchführbar ist. Wir haben die Versuche und alles, was damit zusammenhängt, weiter verfolgt; leider verfügen wir aber nur noch über bescheidene Mittel, da wir für unsere Aufgabe schon sehr viel Geld ausgegeben haben. Die Mitglieder der Studiengesellschaft, als Initianten für die Verhüttung unserer einheimischen Erze, werden sich freuen, wenn der schweizerische Wasserwirtschaftsverband seine Hülfe leiht, weiter zu arbeiten. Es wäre zu begrüßen, wenn wir einmal in einer kleinen Kommission zusammenkommen könnten, um diese Frage weiter zu verfolgen.

Ingenieur G. Keller, Brown Boveri, Baden: Die Firma Brown Boveri hatte durch Lieferungen nach Schweden Gelegenheit bekommen, in den letzten zwei Jahren noch ein weiteres Verfahren für die direkte Herstellung von Stahl aus Erzen kennen zu lernen. Es ist das Flodinverfahren, das erstmals im Stahlwerk Hagfors der Munkfors Bruk A. B. in einem größeren Ofen ausprobiert worden ist. Als zweiter Ofen kam ein solcher in Längshyttan in Betrieb. Bei der Herstellung von Eisen aus Erzen nach dem Eisenschwamm-Verfahren erhält man zuerst nur Eisenschwamm; dieses Produkt ist noch nicht direkt in der Industrie verwertbar, sondern muß noch umgeschmolzen werden. Diese Umschmelzung beansprucht aber wieder, wenn sie in einem elektrischen Ofen vorgenommen wird, einen weitern Wärmebedarf von 600 bis 800 kWh für die Tonne. Dieser Mehrbedarf müßte eigentlich den Wärmeziffern, die Dr. von Zeerleder genannt hat, hinzugefügt werden, wenn wir wirklich darnach trachten wollen, verwertbares Eisen auf elektrischem Wege direkt aus Erzen zu verhütten. Um nun diesen Verschmelzungsprozeß zu umgehen, ist Ing. Flodin wieder auf den alten Wunsch zurückgekommen, flüssigen Stahl unmittelbar aus den Erzen herzustellen. Er hat die alten Versuche von Stassano eigentlich mit den neueren Apparaten wiederholt. Dieses Verfahren besteht darin, daß man aus gut gemahlenen, fein verarbeiteten Erzen mit Kohlenstoff stöchiometrisch Brikette mischt, preßt und im Ofen schmilzt und reduziert. Die entstehenden Kohlenoxyde entzieht er diesem Ofen. Der Ofen arbeitet gewissermaßen unter Druck, und das entstehende Kohlenoxyd wird im Hüttenwerk noch weiter verwandt, indem es zur Erwärmung von Walzbarren, zur Trocknung der Erze usw. benützt wird.

Sie sehen da den Vierelektrodenofen. Links und rechts von der Säule für die Führung der Elektroden des Vierelektrodenofens befinden sich Türme und Rohrleitungen. Das Erz wird durch diese Türme in den Ofen eingeführt und durch Schnecken in den Schmelzraum transportiert und der ganze Ofen hermethisch abgeschlossen. Das Gas wird, wie erwähnt, aus dem Ofen abge-

[7]) Sämtliche Arbeiten sind als Mitteilungen des Wasserbauinstitutes der techn. Hochschule Berlin, herausgegeben von Herrn Prof. Dr. A. Ludin, erschienen.

*) Das Referat ist publiziert in Nr. 12/1932 der «Schweizer. Wasser- und Energiewirtschaft».

zogen. Es ist gelungen, in diesem Ofen nach diesem Verfahren Stahl direkt aus Erzen zu erzeugen, und zwar sowohl reinen Kohlenstoffstahl als auch legierten Stahl. Eigentümlich ist, daß die Herstellung von legiertem, Chrom- und Nickelstahl usw. bedeutend einfacher war als die Herstellung von reinem Kohlenstoffstahl. Der Stromverbrauch bei diesem Verfahren betrug, auf die Tonne flüssigen Stahl berechnet, etwa 2000 bis 3000 kWh. Das ist wenig. Die Bilanz dieses Verfahrens wäre also im Vergleich zu den von Prof. Dr. Zeerleder gemachten Angaben nicht sehr verschieden. Aber die Führung des Ofens erfordert außerordentliche Geschicklichkeit des Personals, Fehlchargen gehören nicht zu den Seltenheiten, so daß das Verfahren hauptsächlich aus diesen Gründen nicht weiter gekommen ist. Der Ofen ist immer noch im Betrieb, doch besteht nicht die Absicht, die Anlage weiter auszubauen.

Es mag bei dieser Gelegenheit noch erwähnt werden, daß die Firma Brown Boveri der Frage der Verhüttung von Erzen auf elektrischem Weg volle Aufmerksamkeit schenkt. Wir haben in der letzten Zeit Studien gemacht, um nach einem eigenen Verfahren unter Ausnützung der Erfahrungen, die uns auf dem Gebiete des Baues von Elektroöfen, speziell Widerstandsöfen zu Gebote stehen, eine Konstruktion herauszubringen, mit der es uns möglich ist, kleinstückige Erze zu verhütten. Die in der Schweiz vorkommenden Erzsorten vom Gonzen und aus dem Fricktal sind ganz verschiedener Art. Das Gonzener Produkt kann nach jedem Verfahren verhüttet werden, das Fricktaler Erz dagegen bietet ganz besondere Schwierigkeiten, weil es sehr arm ist; es zerfällt gern. Das Verfahren, das von Brown Boveri ausprobiert wird, geht speziell darauf aus, dieses feinstückige Erz aus dem Fricktal verhütten zu können. Die Untersuchungen sind noch nicht so weit gediehen, daß es mir möglich wäre, in dieser Versammlung Einzelheiten darüber mitzuteilen.

Prof. Dr. B. Bauer, E. T. H.: Ich möchte an den Herrn Vortragenden eine Anfrage richten, die für die Beurteilung der Gestehungskosten wichtig sein mag. Soweit ich urteilen kann, hat Prof. Dr. von Zeerleder in seiner den Versammlungsteilnehmern zur Verfügung gestellten Tabelle mit ziemlich niedrigen Einheitskosten für Material, Löhne und auch für elektrische Energie gerechnet. Sind die sich ergebenden Gestehungskosten pro Tonne Eisenschwamm für schweizerische Verhältnisse tragbar?

Prof. H. Gugler, E. T. H.: Der Referent hat gesagt, mit dem Kalling-Verfahren hoffe man, auf einen Stromverbrauch von 1000 kWh pro Tonne Eisen zu kommen. Ich frage Herrn Dr. von Zeerleder an, ob dies möglich ist, weil nämlich nach den Zahlen, die uns gegeben sind, ein Wärmebedarf von 1200 kWh vorliegt, wenn mit Kohle reduziert wird. Nach der ganzen Art des Verfahrens ist eben nichts anderes anzunehmen, als daß nur direkte Reduktion durch Kohlenstoff in Frage kommen kann, unter Bildung von Kohlenoxyd und nicht Dioxyd.

Sodann möchte ich einige allgemeine Bemerkungen anschließen. Prof. Dr. von Zeerleder hat ausgeführt, man wolle das indirekte Verfahren der Stahlerzeugung verlassen und zur direkten Methode übergehen. Jedermann könnte nun glauben, das indirekte Stahlverfahren sei komplizierter als das direkte. Beim Studium der vorgeführten Bilder von Verhüttungsanlagen und der Schemata wird indessen jedermann erkennen müssen, daß das letztgenannte Verfahren eigentlich wesentlich verwickelter ist als das heute übliche Stahlerzeugungsverfahren. Als alter Hochöfner und daher Befürworter und Anhänger des Hochofens muß ich mich wundern, daß man zu so verwickelten Verfahren gelangt, wenn doch einfachere vorliegen. Ich bin der Meinung, für die Raffination des Roheisens stehen so leistungsfähige Verfahren zur Verfügung, daß im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit eben doch die heutigen Verfahren beibehalten werden müssen. Es sind Vertreter der Stahlfabrikation in der Versammlung anwesend, die elektrische Stahlöfen betreiben und die mir vielleicht beipflichten. Ich habe für mich das Gefühl, mit diesem Eisenschwamm hat man eben doch erst ein Zwischenprodukt; für das Endprodukt braucht es einen nochmaligen Schmelzvorgang, worauf auch Ing. Keller vorhin aufmerksam gemacht hat. Somit ist eigentlich nicht viel gewonnen. Das neue Verfahren bezweckt hauptsächlich, die nachträgliche Entkohlung zu vermeiden, die heute im Converter, im Martinofen und im Elektroofen verhältnismäßig billig bewerkstelligt werden kann.

Nun ist unsere Absicht ja das Studium der Frage der Anwendung elektrischer Energie für die Eisengewinnung. Ein Vorteil liegt in der Eisenschwammherstellung, auf die der Referent speziell hingewiesen hat, nämlich die besondere Reinheit. Diese Eigenschaft kann für ganz spezielle Zwecke, für die Edelstahlerzeugung in Betracht kommen, und wir wollen diesen Vorteil gelten lassen. Indessen möchte ich darauf aufmerksam machen, daß uns außer der Möglichkeit, mit Hilfe des elektrischen Stroms Eisenschwamm zu gewinnen, auch noch die andere Möglichkeit zur Verfügung steht, Elektro-Hochöfen zu verwenden, wie sie in Schweden in Betrieb sind und die wir auch in Aosta sehen können. Ich habe seinerzeit Berechnungen über die Möglichkeit gemacht, die Gonzenerze im elektrischen Hochofen zu verhütten. Ich bin für die Reduktion allein auf einen Stromverbrauch von etwa 1170 kWh gekommen, je Tonne Roheisen.

Noch eine andere Möglichkeit wäre hier zu erörtern, die heute noch nicht erwähnt worden ist. Der elektrische Hochofen, der zum Unterschied von Eisenschwamm flüssiges Eisen erzeugt, könnte wirtschaftlich dadurch verbessert werden, daß man ihm eine Gaszirkulation zufügt; mit andern Worten: der elektrische Ofen, der jetzt nur die direkte Reduktion ausnützt, könnte mit dieser Gaszirkulation teilweise für die indirekte Reduktion ausgenützt werden. Die Voraussetzung hierzu wäre, daß das herauskommende Hochofengas auf gewissem Wege, den die Chemie weist, von Kohlensäure befreit und wieder eingeblasen würde. Mit der Reduktion durch Kohlenoxyd kann man bei bisheriger Betriebsweise niemals eine volle Brennstoffausnützung erzielen, sondern immer nur einen gewissen Prozentsatz, weil das Endprodukt der Reaktion nie reines Kohlendioxyd sein kann. Dieser Nachteil ließe sich wahrscheinlich durch eine Zirkulation von Gas vermeiden. Ich wollte doch auf diesen möglichen Weg hinweisen, der vielleicht dazu angetan wäre, die Gestehungskosten besser tragbar zu machen. Zur Zeit, da wir diese Studien machten, wäre ein Preis von 1 Rappen per kWh ungefähr die Wirtschaftlichkeitsgrenze gewesen. Wenn die Gaszirkulation noch genauer studiert wird, ist vielleicht auch noch ein höherer kWh-Preis möglich.

A. Oehler (Aarau): Wenn wir die Möglichkeit der Verhüttung unserer Eisenerze zu Eisenschwamm betrachten wollen, müssen wir in erster Linie die wirtschaftlichen Verhältnisse Schwedens und der Schweiz miteinander vergleichen. Schweden ist ein Land mit einem großen Reichtum an Erzen, die einen Eisengehalt von teilweise über 60 % besitzen. Ferner exportiert es große Mengen Roheisen und Fertigstahl. Im Verhältnis zu diesem Export besitzt Schweden eine kleine Maschinenindustrie, ist somit nur ein kleiner Produzent von Eisenschrott.

Dagegen verfügen wir an Erzlagern nur über zwei, die abbauwürdig sind, nämlich den Gonzen und das Fricktal. Diese Erze haben jedoch einen bedeutend geringeren Eisengehalt, ca. 50 resp. 30 %, auch mangelt ihnen die notwendige Reinheit, vor allem dem Fricktaler Erz. In unserem Lande haben wir sodann eine recht

kleine Eisenindustrie, dafür im Vergleich zu dieser eine hochentwickelte und ausgedehnte Maschinenindustrie, die sehr viel Abfalleisen produziert. Schweden muß Alteisen einführen. Die Schweiz kann ihr Alteisen nicht selbst verhütten und muß es ausführen. Die Nachfrage nach einem Zwischenprodukt wie der Eisenschwamm ist daher in der Schweiz nicht vorhanden. In Schweden herrscht Nachfrage, weil die Eisenindustrie sonst Alteisen importieren müßte. Alle diese Faktoren sind zu berücksichtigen, wenn wir die Wirtschaftlichkeit eines neuen Verfahrens beurteilen wollen.

Ing. Hasler (Zürich): Die Frage der Erzeugung oder Verwertung der Eisenerze in der Schweiz wurde vor 12 bis 14 Jahren näher studiert, weil es in den Kriegsjahren immer schwieriger geworden war, Eisen und Stahl aus dem Ausland zu erhalten, oder dann mußten diese Rohprodukte sehr teuer bezahlt werden. Deshalb wurde das Bestreben, Eisen aus eigenen Erzen zu erzeugen, immer kräftiger. Heute, nach bald anderthalb Jahrzehnten, stehen wir aber doch vor einer ganz andern Situation. Die Eisenpreise sind sehr stark gesunken, und wie mein Vorredner ausgeführt hat, stehen wir bei uns vor der Tatsache, daß die Eisenabfälle in den vorhandenen Hochöfen nicht mehr eingeschmolzen und zu Erzeugnissen aus Stahl verarbeitet werden können. Meines Wissens sind die bestehenden Elektro-Schmelzöfen nicht voll beschäftigt. Die Preise für Abfalleisen sind derart tief, daß sie mangels an Absatz zu sehr niedrigen Preisen nach Italien ausgeführt werden müssen, wo sie zu edleren Produkten umgeschmolzen werden.

Angesichts der Situation, wie sie heute vorliegt, wäre es doch sehr naheliegend, mit den großen Mengen Alteisen, die uns von der Industrie anfallen, diese Veredelung künftig durch das Elektroschmelzverfahren selbst vorzunehmen. Ein technisches Risiko haben wir nicht dabei, weil das Verfahren ja bereits bekannt ist; das Anlagekapital ist relativ nicht hoch, und der Stromverbrauch ist bedeutend niedriger als für das Umschmelzen von Roheisen und Erzen. Ich möchte besonders der Industrie die Anregung unterbreiten, diesem Problem in der Schweiz erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden und ernsthaft und rasch zu prüfen, ob sich die Eisenabfallmengen nicht in den bestehenden Anlagen verwerten ließen.

Professor Dr. ing. von Zeerleder: Was die Frage in bezug auf die Fricktaler Erze, die Direktor Meyer aufgeworfen hat, anbetrifft, so ist es ebenfalls meine Ansicht, daß diese Erze nicht in weitgehendem Maße für die direkte Eisenschwamm-, das heißt Stahlerzeugung in Frage kommen können, weil sie zu viel Verunreinigungen und Schlacken aufweisen. Der ganze Prozeß ist deshalb unrationell und kostspielig. Ich habe für die Schweiz speziell die Erze vom Gonzen herangezogen, die qualitativ den besten schwedischen Erzen gleichwertig sind, sodann — ich habe es zwar nicht näher geprüft — die Erze von Mont Chemin in der Südwestschweiz, die auch einen hohen Eisengehalt aufweisen und sich wahrscheinlich ebenfalls für eine direkte Eisenschwammerzeugung eignen würden. Die Gonzenerze sind während langen Jahren exportiert worden; das zeigt am besten, was für einen Wert sie haben. Vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus ist es bedauerlich, wenn solche Rohprodukte aus einem Lande ausgeführt werden, das ja gerade die Veredelung von Rohprodukten als seine Hauptverdienstmöglichkeit betrachtet.

Zu den Ausführungen von Ing. Keller ist zu sagen, daß Schweden infolge seiner Schrottarmut besonders hochwertiges Roheisen auf Stahl verarbeitet und daher an der Beschaffung eines geeigneten Rohstoffes, wie ihn Eisenschwamm darstellt, großes Interesse hat. Das ist selbstverständlich. Auffallend ist aber, daß sowohl die Schweiz wie Schweden in bezug auf die Industrie an der Spitze marschieren, und beide Länder auch gute Eisenerze haben, sei es nun viel oder wenig ist gleichgültig. Man kann jedenfalls sagen, das eine Land exportiert hochwertigen Stahl, das andere Schrott. Der Schrott wird in Italien, ebenfalls in einem Land, das keine Kohle, dagegen eine hochentwickelte Maschinenindustrie hat, zu Stahl verarbeitet. Warum verarbeiten wir den Schrott nicht selbst zu Stahl und exportieren entsprechend hochwertigen Stahl oder ganze Maschinen, anstatt aus dem Ausland Stahl und Roheisen einzuführen? Das sind alles Fragen, die wir hier nicht ergründen können, die aber immerhin zum Nachdenken Veranlassung geben.

Es ist vorgerechnet worden, daß beim direkten Verfahren beim Stahlofen, der das Eisenerz direkt zu geschmolzenem Stahl umarbeitet, 2000 kWh nötig sind, während das beim Eisenschwamm etwa 1200 kWh erfordert, wobei nachher noch 800 kWh benötigt werden, um den Stahl zu schmelzen. Der Vergleich zeigt bei genauerer Betrachtung, daß man ungefähr auf die gleichen Zahlen kommt; wir erhalten aber auf dem Umweg über Eisenschwamm, den die schwedischen Stahlwerke als einen Vorteil ansehen, ein reineres Ausgangsprodukt, als wenn man vom Schrott ausgeht. Allerdings liegen da die Verhältnisse anders, da Schweden besonders schrottarm, die Schweiz dagegen schrottreich ist. Es müßte in der Schweiz die Qualitätsstahlerzeugung ausgedehnt werden, um den erzeugten Eisenschwamm verbrauchen zu können. Da aber allgemein die schweizerische Industrie sich sowieso umstellen muß, sollte dies ebenso gut möglich sein wie z. B. die Aufnahme der Erzeugung und Weiterverarbeitung von Aluminiumlegierungen, die in dem großen Legierungswalzwerk Wallis in den letzten Jahren vollkommen neu aufgenommen wurde. Unsere heutigen Stahlwerke können nur die besten Schrottqualitäten für sich behalten; die minderwertigen führen sie nach Italien aus oder sie müssen froh sein, wenn sie vom Eisenhändler überhaupt nur aufgeladen werden.

Die Antwort auf die Frage Prof. Dr. Bauers, ob die Kosten tragbar sind, bringt mich am meisten in Verlegenheit. Es wird wohl jedem von Ihnen bekannt sein, daß heute der Bau neuer Werke für irgend eine Verarbeitung kaum tragbar ist. Im allgemeinen ist nur der Betrieb konkurrenzfähig, der auch ohne Abschreibungen auf seinem Werk mit dem finanziellen Ergebnis zufrieden ist, wenn er die reinen Selbstkosten herauswirtschaftet. Es ist im gegenwärtigen Zeitpunkt auch nicht aussichtsreich, Investitionen zu machen, um irgend ein neues Verfahren aufzunehmen. Man muß also hier bei den Gestehungskosten gegenüber den heutigen Eisen- und Stahlpreisen ausschließlich die Verarbeitungskosten, also die reinen Selbstkosten rechnen und die Amortisation vernachlässigen, da man diese bei den konkurrierenden Industrien gar nicht in Rechnung stellt. Der Strompreis, der sich allgemein aus diesen Berechnungen ergibt, schwankt zwischen 1 und 1,5 Rappen, um konkurrenzfähig zu sein.

Was den Elektroofen anbetrifft, so ist es interessant zu beobachten, daß in Schweden gerade die Industrie, welche am meisten Elektroöfen aufweist, so die Stora Kopparbergs Bergslags A. B. in Domnarvet, die sechs Oefen mit insgesamt 30,000 kW Anschlußwert besaß, sich heute am meisten für das Schwamm-Verfahren interessiert und nur noch zwei oder drei Elektroöfen im Feuer hat. Sie will, sobald die Versuche soweit gediehen sind, auf die direkte Stahlerzeugung (Eisenschwamm-Erzeugung) übergehen. Man muß immerhin bedenken, daß ein Elektroofen 2000 bis 2500 kWh benötigt bei einem gleichen Kohlenstoffverbrauch von 250 bis 300 kg, gegenüber 1200 bis 1800 kWh beim Eisenschwamm-Verfahren, wobei nur noch die reinen Schmelzkosten für das

Schmelzen des Stahls dazukommen; der hierfür benötigte Strom kann eventuell unter 800 kWh gebracht werden. Die Gonzenerze würden sich auf alle Fälle für die Verarbeitung auf Eisenschwamm ausgezeichnet eignen, da sie ja genau die selbe Zusammensetzung haben wie die hauptsächlich in Schweden und auch in Dortmund verarbeiteten Erze.

Die Bemerkungen Oehlers sind damit, wie ich glaube, schon beantwortet. Es ist allerdings richtig, daß heute die Verhältnisse sehr verschieden sind, aber es sind vielleicht Tatsachen, die wirtschaftlich nicht begründet sind, sondern in einer gewissen Trägheit in der Umstellung ihre Ursache finden. Auffallend ist, daß Schweden große Mengen Stahl ausführt, während die Schweiz disponible Wasserkräfte hat, die dem nordischen Staat fehlen. Die Verhältnisse in der Schweiz sind eben nicht ausschließlich auf wirtschaftlicher Basis, sondern teilweise auch auf Umständen aufgebaut, welche die Eisenerzeugung vorläufig noch nicht zum Leben gebracht haben.

Zum Schluß muß ich noch auf das Votum Prof. Guglers zurückkommen, der von einer Wärmebilanz, bzw. dem theoretischen Stromverbrauch gesprochen hat. Das muß ich berichtigen, der Stromverbrauch ist natürlich unter Einbezug der Verbrennungswärme der Kohle berechnet. Nach Richards berechnet sich der theoretische Wärmeverbrauch einschließlich Aufheizen auf 900° je Tonne erzeugten Eisens auf 1200 kWh, wobei die Verbrennungswärme zu 3 CO_2 + 6 CO entsprechend dem theoretischen Gleichgewicht, wie es bei Anwendung von festem Kohlenstoff sich einstellt, mitberücksichtigt ist. Rechnet man mit der Vorwärmung der Beschickung durch die abgehenden, heißen Gase unter vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure, auf 500—600°, so entspricht dies einem Stromverbrauch von 300—350 kWh, welcher ungefähr den Wärmeverlusten des Ofens gleichkommt. Wenn wir mit dem direkten Verfahren arbeiten, haben wir einen Kohlenstoff bei der Reduktion, der ungefähr zu 80 % Kohlenoxyd und zu 20 % Kohlensäure verbrannt wird. Die dabei frei werdende Wärme reduziert dementsprechend den Stromverbrauch. Das ist tatsächlich durch die schwedische Studiengesellschaft beim Kalling-Verfahren kontrolliert worden. Es ist also nicht anzunehmen, daß er falsch ist. Er erklärt sich dadurch, daß hierbei ungefähr 280 kg Kohle noch mitverbrannt wurden, wenigstens 80 Prozent auf Kohlenoxyd und 20 Prozent auf Kohlensäure.

Was die Gestehungskosten anbetrifft, so sind natürlich die Angaben in meiner Tabelle auf konstanten, ganzjährigen Betrieb eines Werkes berechnet, nicht auf unkonstante Kraft. Frühere Studien haben mir gezeigt, daß gerade die Elektrometallurgie des Eisens, gleichgültig ob Elektrohochöfen, Eisenschwamm-Verfahren oder Elektrostahlöfen ganz besonders geeignet sind für die Ausnützung von Spitzenenergie. Diese Betriebe können meistens vorübergehend abgestellt werden, ohne große Betriebsstörungen, und nachher nach Belieben wieder in Betrieb genommen werden. Wenn Sie berücksichtigen, daß eine Anlage von ungefähr 10,000 Tonnen Eisenschwamm-Erzeugung im Jahr rund 1 Million kostet und dabei 10 Millionen kWh verbraucht, so sehen Sie, wie in bezug auf den Energiekonsum das investierte Kapital klein ist. Somit kann auch unkonstante Energie die investierten Summen wohl rechtfertigen.

Ing. H. Fehlmann (Bern): In der Diskussion ist auch das Vorkommen von Mont Chemin genannt worden. Die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten hat sämtliche Erzlagerstätten untersucht und dabei gefunden, daß das Vorkommen von Mont Chemin nicht abbauwürdig ist. Es enthält allerdings ein Erz von guter Qualität, im Gehalt ähnlich den schwedischen Magnotiten, die ungefähr 55 % Eisen aufweisen. Aber die Linsen sind in viel zu geringer Mächtigkeit vorhanden, und die Menge des aufgeschlossenen Erzes wird höchstens einige Hunderttausend Tonnen ausmachen. Nach den Feststellungen der Studiengesellschaft liegen die in der Schweiz abbauwürdigen Vorkommen in erster Linie am Gonzen und im Fricktal. Die Gonzenerze sind bekannt; sie sind von sehr guter Qualität, sonst könnten sie nicht ausgeführt werden. Die Tätigkeit der Studiengesellschaft hat sich in den letzten fünf bis sechs Jahren ausschließlich auf die Herausbringung eines Anreicherungsverfahrens für die Fricktaler Erze beschränkt. Heute dürfen wir sagen, daß es gelungen ist, aus diesen ungefähr 30—31 prozentigen Erzen Konzentrate herzustellen, die 45—50 % Eisen enthalten. Solche Konzentrate stellen schon hochwertige Erze dar; außerdem ist der ganze Anreicherungsprozeß verhältnismäßig einfach und infolgedessen auch wirtschaftlich. Die Studiengesellschaft hat damit seit einiger Zeit die Grundlagen für die Probleme geschaffen, die heute zur Diskussion stehen.

Ueber die Frage jedoch, ob die Ausbeutung der Fricktaler Erze, die quantitativ in erster Linie in Betracht kommen, in der Weise erfolgt, daß sie elektrisch verhüttet werden, oder ob Eisenschwamm daraus erzeugt wird, sind wir noch nicht einig. Dieses Problem muß noch näher studiert werden. Die Studien haben ergeben, daß die Konzentrate unbedingt abbauwürdig sind und bei normalen wirtschaftlichen Verhältnissen auch ausgeführt werden können. Der Verbrauch im Inland ist selbstverständlich klein, weil wir nur einen einzigen Hochofen besitzen. Im Interesse der Volkswirtschaft sollte die Ausfuhr nun aber vermieden werden. Die Schweiz als rohstoffarmes Land sollte nicht noch die wenigen Rohstoffe, die sie selbst gewinnen kann, ausführen. Vom rein volkswirtschaftlichen Standpunkt aus wollen wir unser ganzes Bestreben darauf richten, sie auf hochwertige Fabrikate umzuarbeiten. Seit einiger Zeit kommt noch ein weiterer Gesichtspunkt hinzu: die Verwendung der elektrischen Energie für diesen Umwandlungsprozeß. Die Aufbereitung der Fricktaler Erze wird für sich schon, wenn sie in einem großen Werk geschieht, verhältnismäßig viel elektrische Kraft erfordern. Noch viel mehr elektrischer Strom könnte durch die Erzeugung von Eisenschwamm oder durch die elektrische Verhüttung konsumiert werden.

Die Studiengesellschaft begrüßt es deshalb außerordentlich, daß im Wasserwirtschaftsverband für diese Fragen ein so großes Interesse besteht. Wir danken dem Vorstand bestens dafür und hoffen gerne, daß er uns in unsern weitern Studien beistehen werde. Es würde unseres Erachtens am besten sein, wenn der Schweizer. Wasserwirtschaftsverband eine Delegation von Fachleuten beauftragen würde, sich mit der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten in das weitere Studium und Abklärung der heute diskutierten Fragen zu teilen.

Obering. H. Niesz (Baden): Gestatten Sie mir im Anschluß an die letzte Bemerkung meines Vorredners zu dem ganzen Fragenkomplex vom Standpunkt der Energiewirtschaft aus einige Worte. Aus der vom Referenten aufgestellten Tabelle der Gestehungskosten ist ersichtlich, daß für die Erzeugung von Eisenschwamm so und soviel kWh nötig sind. Wenn dafür ein Preisansatz von 1,5 Rappen eingesetzt ist, so nehme ich an, daß hierbei die Absorption von Konstantenergie gemeint ist, d. h. ungefähr 8000 Stunden im Jahr zur Verfügung gestellt werden. Das wäre dann knapp die untere

Grenze der Selbstkosten für neue Werke. Die heutige Stromüberproduktion oder «Ueberdisponibilität» in der Schweiz, von der Ständerat Dr. Wettstein in seinem Eröffnungswort gesprochen hat, kann natürlich für die Industrie niemals die gesunde Basis für die Erzverhüttung abgeben, bei der man die konstante Energie zu 1,5 Rappen oder noch darunter beziehen sollte. Ich empfehle daher, in der Zusammenarbeit der Studiengesellschaft, der offenbar auch metallurgische Fachleute angehören, mit dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband insbesondere abzuklären, welche Verfahren geeignet sind und welche Gestehungspreise den Betriebsbedingungen entsprechen; oder anders ausgedrückt: Welche Verfahren für Stahlerzeugung lassen sich mit der Ausnützung von nicht konstanter Wasserkraft kombinieren? Und welche Verfahren eignen sich für die Aufnahme des ganz billigen Reststromes? Es gibt keine Grenze nach unten, wobei allerdings die Dauer der Zurverfügungstellung dieser Energie immer mehr abnimmt. Wir haben seit Jahren in der Schweiz für rund eine Milliarde kWh keine Verwendung, aber nur während sieben Monaten im Durchschnitt, in wasserarmen Jahren nur fünf Monate, und zudem auch nur zwischen den Stunden von 11 Uhr nachts bis 6 Uhr morgens an Werktagen und vom Samstagnachmittag bis Montag früh. Wenn die hüttenkundlichen Fachleute den Weg weisen, wie die Verfahren auszubauen sind, um solche Restmengen aufzunehmen, dann können ihnen die Wasserwerkingenieure den Strom ganz billig abgeben. Die 15 Franken auf total 60 Franken Gestehungskosten sind gewiß nicht ausschlaggebend; wenn aber daran 10 Fr. eingespart werden könnten, so wäre das erzielt, was wir zur Erhaltung unserer Konkurrenzfähigkeit brauchen.

Prof. Dr. Wyßling (Wädenswil): Das Votum von Oberingenieur Niesz will dazu ermuntern, die Studien über die Verwendung von hydroelektrischer Energie für die vermehrte Stahlerzeugung in der Schweiz gemeinsam zu betreiben. Da immer mehr elektrische Energie für Allgemeinzwecke verwendet wird, sind trotz der derzeitigen Krise unsere hydroelektrischen Werke bisher im allgemeinen noch ordentlich belastet und wir brauchen auch für die Zukunft noch keine Angst zu haben. Allein zu gewissen Zeiten werden wir stets überschüssige Kraft besitzen, in den Sommermonaten oft während längerer Zeit. Denn unsere natürlichen Akkumuliermöglichkeiten reichen nicht so weit, daß die volle Konstanz der disponiblen Leistungen das ganze Jahr hindurch je wird erreicht werden können. Also wird man sich dafür interessieren müssen, wie überschüssige Mengen Verwendung finden und da erscheint die Eisenerzeugung nun doch einige Aussichten zu bieten. Ich möchte darauf aufmerksam machen, daß kürzlich aus dem schweizerischen Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz eine Studienkommission für die allgemeinen Energieverhältnisse der Schweiz geschaffen worden ist, die unter der Leitung von Prof. Dr. Bauer steht. Es wäre nun wohl gegeben, daß dieser Ausschuß, der sich ohnehin mit allen vorwürfigen Fragen zu befassen hat, mit der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten Fühlung nehmen und zusammenarbeiten würde. Das Zustandekommen der genauen Kenntnis der Erfordernisse und der Möglichkeiten bei der Eisenproduktion und bei den Wasserkräften ist zur Klarstellung dieser Verhältnisse nötig und wird der ganzen Sache der Ausnutzung unserer Wasserkräfte nur förderlich sein.

Schlußwort

des Vorsitzenden, Ständerat Dr. Wettstein.

Von einigen Seiten sind Anregungen gefallen, es möchte das Problem der direkten Stahlerzeugung aus Erzen weiter verfolgt werden. Ich bin der Ansicht, daß wir hierbei zu guten Resultaten kommen werden. Auf der einen Seite ist für die Metallurgen sehr wichtig, daß sowohl die Ausnützung unserer Eisenerze als auch diejenige unseres Alteisens wirksamer und rationeller betrieben wird; dazu brauchen sie die elektrische Energie. Auf der andern Seite besteht das Bestreben der Erzeuger elektrischen Stromes, ihr Erzeugnis auch zu verwenden, wenn auch vielleicht in den gegenwärtigen Krisenzeiten zu etwas gedrückten Preisen. Immerhin ist es doch besser, die elektrische Energie zu billigen Preisen abzusetzen, als das Wasser ungenützt bergab laufen zu lassen. Ich glaube in der Tat, daß durch gemeinsame Besprechungen und Beratungen ein Ergebnis zu erzielen wäre, das praktisch seine Früchte tragen könnte. Der Wasserwirtschaftsverband ist sehr gerne bereit, mit der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung unserer Erzlagerstätten in Verbindung zu treten und auch die Werke zur Besprechung der Frage heranzuziehen, wie den Interessenten an der Verhüttung unserer Eisenerze und an der Stahlerzeugung die elektrische Kraft günstig zur Verfügung zu stellen sei.

Es ist ja richtig, daß diese Verhüttungsprozesse einer gewissen konstanten Kraft bedürfen. Aber die Werke werden sich doch damit abfinden müssen, daß man ihnen vor allen Dingen die Ueberschußkraft zur Verfügung stellt. Diese wird relativ größer werden und sich umso mehr den konstanten Strommengen nähern, als sich die Werke zusammenschließen und es ihnen gelingt, in der Schweiz diese Ueberschußkraft zu vereinigen und sie so zu einem Reservoir machen, aus dem man jederzeit schöpfen kann. Das ist für unsere Kraftwerke eine Aufgabe der Zukunft. Wir werden diesem Ziel immer entschiedener entgegenstreben müssen. Es geht parallel mit den Bemühungen der Studiengesellschaft. Ich hoffe, daß diese Zusammenarbeit gute Resultate zeitigen werde.

Wir haben keine Resolution vorbereitet. Unsere Versammlung soll keine Entschließung fassen, weil sie nur den Zweck hatte, sich über die vorliegende wichtige Frage auszusprechen. Indessen sind Sie wohl damit einverstanden, daß der Vorstand des Wasserwirtschaftsverbandes aus der Diskussion den Auftrag heraushört, die Angelegenheit weiter zu verfolgen, wobei ich mit Vergüngen feststelle, daß die Studiengesellschaft bereit ist, mit uns zusammenzuarbeiten. Selbstverständlich werden wir auch die schweizerische Gruppe der internationalen Vereinigung gerne dazu heranziehen.

Schweiz. Wasserwirtschaftsverband

Das Dnjepr-Kraftwerk. Mittwoch, den 15. Februar 1933 veranstalteten der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband zusammen mit dem Linth-Limmatverband im «Weißen Wind» in Zürich einen gemeinsamen Vortragsabend, an dem Dipl.-Ing. P. Gurewitsch, Zürich, über das im Herbst 1932 in Betrieb gesetzte Dnjepr-Kraftwerk anhand von Lichtbildern referierte. Die Veranstaltung war von mehr als 150 Personen besucht. Der Vortragende gab ein anschauliches Bild über diese größte Mitteldruck-Kraftanlage Europas, wobei er insbesondere die in großem Umfange zur Verwendung kommenden Baumaschinen und Baumethoden behandelte. Dazwischen gab er interessante Details mehr allgemeiner Natur über die