

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 29 (1938)
Heft: 20

Artikel: Die schweizerischen Eisenerze und ihre Verwendung
Autor: Fehlmann, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059405>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 28.04.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 51.742
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXIX. Jahrgang

N^o 20

Mittwoch, 28. September 1938

Elektroverhüttung schweizerischer Eisenerze und Benzinsynthese.

669.187(494) : 665.58

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband und der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke hielten am 2. und 3. Juli 1938 in der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich einen Vortragszyklus über verschiedene Fragen des Wasserrechtes und der Wasser- und Energiewirtschaft ab. Es wurden neun Vorträge gehalten. Davon erscheinen fünf, mehr wasserrechtlicher und wasserbaulicher Natur, in der «Schweizerischen Wasser- und Energiewirtschaft», und vier, mehr energiewirtschaftlicher Natur, im Bulletin des SEV. Derjenige Teil der Tagung, der der Elektroverhüttung schweizerischer Eisenerze und der damit verbindbaren Benzinsynthese gewidmet war, stand unter dem Vorsitz von Dir. R. A. Schmidt, Präsident des VSE. Im folgenden erscheinen die drei Vorträge, die dieses Thema zum Gegenstand hatten, nämlich:

Dr. h. c. H. Fehlmann, Ingenieur, Bern: «Die schweizerischen Eisenerze und ihre Verwertung»,

Prof. Dr. A. Guyer, Eidg. Techn. Hochschule, Zürich: «Die Benzinsynthese».

Dipl.-Ing. G. Lorenz, Direktor der Rhät. Werke für Elektrizität und der Bündner Kraftwerke A.-G., Thusis: «Elektro-Roheisen- und Benzinerzeugung mit Ueberschussenergieverwertung».

Von diesen drei Vorträgen werden voraussichtlich Sonderdrucke hergestellt. Bestellungen nimmt das Generalsekretariat des SEV und VSE schon jetzt entgegen.

Der Schweiz. Wasserwirtschaftsverband wird einen vollständigen Tagungsbericht erscheinen lassen.

L'Association Suisse pour l'Aménagement des Eaux et l'Union des Centrales Suisses d'électricité ont organisé, les 2 et 3 juin 1938 à l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich, une série de neuf conférences sur différents sujets touchant le droit d'eau, l'aménagement des eaux et l'économie électrique. Cinq de ces conférences, se rapportant plus spécialement à l'aménagement des eaux, paraîtront dans la revue «Cours d'eau et énergie», tandis que les quatre autres, touchant plutôt l'économie de l'énergie, sont réservées au Bulletin de l'ASE. Ce fut Monsieur R. A. Schmidt, président de l'U.C.S., qui présida la partie de l'assemblée vouée aux questions du traitement électrique des minerais de fer suisses et de la production d'essence synthétique. Nous reproduisons par la suite les trois conférences se rapportant à ce sujet, soit:

Dr. h. c. H. Fehlmann, Ingénieur, Berne: «Die schweizerischen Eisenerze und ihre Verwertung».

Prof. Dr. A. Guyer, Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich: «Die Benzinsynthese».

G. Lorenz, ingénieur, directeur des «Rhät. Werke für Elektrizität» et de la «S.A. Bündner Kraftwerke», Thusis: «Utilisation des excédents d'énergie électrique pour la production de fonte et d'essence synthétique».

Ces trois conférences feront probablement l'objet d'un tirage à part. Les commandes peuvent être adressées dès maintenant au secrétariat général.

L'Association Suisse pour l'Aménagement des Eaux publiera un compte-rendu complet de ces journées.

Die schweizerischen Eisenerze und ihre Verwertung.

Vortrag, gehalten an der Diskussionstagung des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke vom 3. Juni 1938 in Zürich,

von H. Fehlmann, Bern.

622.341.1(494)

Es wird ein Gesamtüberblick gegeben über die Möglichkeiten der Verhüttung schweizerischer Eisenerze im elektrischen Ofen. Zunächst werden die Eisenerzlagerstätten der Schweiz bezüglich ihrer Abbauwürdigkeit einer kritischen Betrachtung unterzogen. Dann folgt eine Untersuchung über den Eisenerzbergbau unter besonderer Berücksichtigung der Vorkommen im Fricktal und am Gonzen. Die Entwicklung und die ersten Verhüttungsversuche mit schweizerischen Eisenerzen werden skizziert und die Probleme sowie der heutige Stand der Frage auseinandergesetzt. Dann wird über die Verhüttungsversuche im Werk Burgholz und deren wichtigste Ergebnisse berichtet. Anhand der gesammelten Erfahrungen wird die Frage der Erstellung eines schweizerischen Elektro-Roheisenwerkes vom technischen, wirtschaftlichen und kriegswirtschaftlichen Standpunkt aus dargelegt. — Wir wissen heute, dass die Schweiz über eine für die Roheisenerzeugung genügende Erzbasis verfügt und dass die technischen Probleme der Verhüttung im elektrischen Ofen abgeklärt sind. Da es sich hauptsächlich um eine Frage der Wehrwirtschaft und der Arbeitsbeschaffung handelt, muss die Anregung zu ihrer Lösung vom Staat ausgehen.

L'auteur donne un aperçu général des possibilités de traitement des minerais suisses de fer au four électrique. Il passe tout d'abord en revue les gisements suisses du point de vue de leur exploitation, en s'arrêtant plus spécialement aux gisements du Fricktal et du Gonzen. Il esquisse la genèse et les premiers essais de traitement des minerais suisses et expose les problèmes qui en découlent ainsi que la situation actuelle. Il décrit ensuite les essais de traitement entrepris à Burgholz et en relate les principaux résultats. Partant des expériences acquises, il étudie, sous ses différents aspects technique, économique et militaire, la question d'une installation suisse pour la production électrique de fonte. Nous savons aujourd'hui que la Suisse dispose de minerais de fer en quantité suffisante pour sa production de fer brut et que les problèmes du traitement au four électrique sont résolus. Comme il s'agit en premier lieu d'une question de défense économique et de la création de possibilités de travail, c'est à l'état d'en prendre l'initiative.

I. Die Eisenerzlagertstätten.

1. Die früheren Schätzungen des Eisenerz-Vorrates.

Die alten Chronisten¹⁾ warfen den Schweizern ihre Passivität im Bergbau vor. Johannes Stumpf, Josias Simmler und der kaiserliche Gesandte Ascanius Marsus waren überzeugt, dass die Schweizer Berge reich an allen möglichen Erzen seien. Der Stadtschreiber von Luzern, Cysat, fasste die herrschende Meinung dahin zusammen, dass Metalle genügend vorhanden wären, wenn man die Kosten daran wagen wollte. Aber das Volk verstehe von der Erzgewinnung nichts und schätze sie auch nicht, da es für den Bestand seiner Wälder fürchte und nicht gerne fremde Bergleute im Lande dulde. Es sei dem Kriegsdienst ergeben und ziehe vor, aus den Alpweiden Nutzen zu ziehen.

Tatsächlich liegen die Verhältnisse ganz anders. Ohne Uebertreibung darf gesagt werden, dass alle schweizerischen Erzvorkommen zu irgendeiner Zeit ausgebeutet wurden, oder dass wenigstens Versuche dazu gemacht worden sind. Wenn diese Versuche in der Regel nicht den gewünschten Erfolg hatten, so lag das zum kleinsten Teil an der ungenügenden Erfahrung der Bergleute, oder am wenig grosszügigen Betrieb, sondern an der mangelhaften Bauwürdigkeit der meisten Vorkommen.

Als nach dem Bau der Eisenbahnen das Land mit billigem ausländischem Eisen überschwemmt und ein Hochofen nach dem andern ausgeblasen wurde, gewöhnte man sich an den Gedanken, dass in der Schweiz die Erzbasis für eine eigene Hüttenindustrie fehle. Zu Beginn des Weltkrieges schätzte Prof. C. Schmidt den Vorrat aller Eisenerz-Lagerstätten auf 2 120 000 Tonnen Erze oder 780 000 Tonnen Eisen²⁾. Diese Schätzung hatte damals allgemeine Geltung. Auch der Altmeister der schweizerischen Geologie, Prof. A. Heim, schloss sich ihr an und vertrat in einem Vortrag³⁾, den er im Jahre 1917 vor zahlreichen Mitgliedern der Bundesversammlung hielt, die Ansicht, dass alle schweizerischen Eisenerzvorkommen vollständig bekannt seien und dass es keinen Sinn habe, nach neuen Lagerstätten zu suchen.

Wenn das eidgenössische Bergbaubureau und nach dessen Aufhebung die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagertstätten die Untersuchungen trotzdem wieder aufnahmen, so ist daran ausschliesslich der Rohstoffmangel während des Weltkrieges schuld. Das aus dem Ausland eingeführte Eisen musste damals nicht nur zu

ausserordentlich hohen Preisen bezahlt werden, sondern es war nur gegen drückende Kompensationen erhältlich, die sich auf die wirtschaftliche und politische Lage der Schweiz verhängnisvoll auswirkten. Während die frühern Untersuchungen sich hauptsächlich mit den geologisch-petrographischen Verhältnissen der Lagerstätten befassten, stellte sich die Studiengesellschaft die Aufgabe, deren Bauwürdigkeit abzuklären. Ihren systematischen Untersuchungen ist auch die Entdeckung des völlig in Vergessenheit geratenen und vermeintlich erschöpften Vorkommens im Fricktal zu verdanken. — Meine Ausführungen sollen Ihnen in knapper Zusammenfassung einen Ueberblick über die Ergebnisse dieser Studien vermitteln, wobei nur die wichtigsten Lagerstätten erwähnt werden.

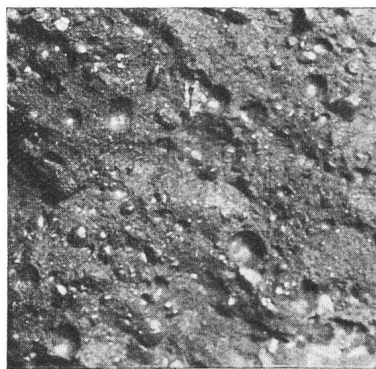
2. Allgemeines über die Lagerstätten.

Die Zahl der schweizerischen Eisenerzlagertstätten ist verhältnismässig gross. Es sind alle wichtigen Eisenerze wie Magnetit, Hämatit, Limonit und Siderit vertreten, sogar Manganerzvorkommen sind vorhanden.

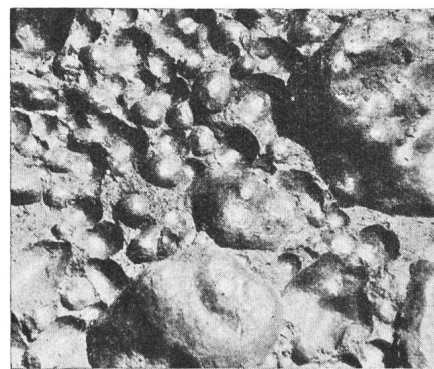
Der Art der Entstehung nach besitzt die Schweiz Imprägnationslagerstätten, terrestrische und marine Ablagerungen. Der geographischen Lage nach befinden sich die meisten Vorkommen in den Alpen vom Wallis bis Graubünden und im Jura von Auberson bis Schaffhausen. Im Mittelland sind wenig oder keine Eisenerzvorkommen bekannt. Mit Ausnahme des bedeutenden Hämatit-Vorkommens am Gonzen leiden alle alpinen Vorkommen an geringer Mächtigkeit und ungenügender Konstanz der Erzführung. Sie besitzen infolgedessen nur einen sehr geringen wirtschaftlichen Wert.

3. Die einzelnen Vorkommen.

a) *Die Bohnerze.* Die Bohnerzformation liegt zwischen den oberen jurassischen Malmkalken und



(a)



(b)

Fig. 1.

Bohnerze: Mine maigre (a), mine grasse (b).

dem ältesten Oligozoen der Molasse und repräsentiert das Eozoen in terrestrischer Ausbildung. Die Erze in Form von erbsen- bis nussgrossen Knollen sind immer in Lehm eingelagert, der als Erzlehm oder Boluston bezeichnet wird. Die Erzlehme füllen mit den Erzkongregationen die karstartigen Vertiefungen und Spalten der kalkigen Unterlage. Das gewaschene Erz ist von vorzüglicher Beschaffenheit

¹⁾ H. Fehlmann: Die schweizerische Eisenerzherzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung, Bern 1932.

²⁾ The iron ore resources of the world, Switzerland, Stockholm 1912.

³⁾ Vaterländische Naturforschung, Vortrag, gehalten vor Vertretern der Bundesversammlung am 24. Sept. 1917, Bern 1917 (Seite 27 und 28).

und besitzt im Mittel etwa 42 % Eisen, das in Form von Limonit $[\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{OH})_6]$ vorhanden ist. Besonders bemerkenswert ist der Umstand, dass Phosphor und Schwefel fast vollständig fehlen. Aus diesem Grunde konnte im Holzkohle-Hochofen aus Bohnerz ein Eisen von vorzüglicher Beschaffenheit hergestellt werden, das in vielen Beziehungen mit dem schwedischen Holzkohle-Eisen rivalisierte.

Fast alle Bohnerzvorkommen liegen im Jura. Infolge von nachträglichen Erosionen hängen sie nicht zusammen. Die wichtigsten Fundorte befinden sich von Osten nach Westen aufgezählt im *Klettgau* und *Reyath* im Kanton Schaffhausen. Im Kanton Aargau sind Bohnerze bekannt am *Hungerberg*, bei *Küttigen* und *Erlinsbach* und im

Kantonen Schaffhausen und Aargau sind sie so unbedeutend, dass sie für einen modernen Bergbau gar nicht in Frage kommen. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse im Dünnerntal. Dort ist ein unverritztes Lager mit einer ganz beträchtlichen Erzmengende vorhanden. Die Bohnerze des Delsberger Beckens wurden bis zum Jahre 1926 ausgebeutet. Trotzdem schätzungsweise noch etwa 4 Millionen Tonnen Bohnerze vorhanden sind, ruht der Bergbau vollständig.

b) *Die Haematite, Siderite und Manganerze.* Von den Haematit und Siderit führenden Lagerstätten sind die Vorkommen von *Val Tisch* und *Val Plazbi* bei Bergün erwähnenswert. Beide Lagerstätten wurden früher zeitweise ausgebeutet, kom-



Fig. 2.

Die wichtigsten Eisenerzlagerstätten der Schweiz.

Kettenjura südlich von *Brugg*. Im Kanton Solothurn finden sich Bohnerze in der Umgebung von *Olten*, am Jurafuss zwischen *Oensingen* und *Olten*, in *Oberdorf* bei Solothurn und zwischen *Lengnau* und *Grenchen*. Wichtiger sind allerdings die Bohnerzvorkommen im *Dünnerntal* und *Münstertal*. Das bedeutendste Bohnerzlager im Kanton Bern liegt im Becken von *Delsberg*. Ohne wirtschaftliche Bedeutung, aber von wissenschaftlichem Interesse, ist das Bohnerzvorkommen von *Goumoëns-le-Jux* und die alpine Ausbildung von Bohnerzen an der *Dent du Midi*.

Jurassische Bohnerze sind bis heute gegen zwei Millionen Tonnen ausgebeutet worden. Die Lagerstätten sind aber keineswegs erschöpft. In den

men für einen modernen Bergbau aber nicht in Betracht. Haematite, Siderite und Manganerze sind auch im *Val Ferrara* vorhanden. Während des Weltkrieges wurden dort im ganzen etwa 6000 Tonnen Erze abgebaut. Manganerzvorkommen sind ferner an verschiedenen Stellen in Mittelländern bekannt.

Die bedeutendste Haematitlagerstätte der Schweiz befindet sich am *Gonzen*. Dieser erhebt sich nördlich von Sargans bis auf eine Höhe von 1833 m ü. M. und bildet zwischen dem Rhein- und Seetal den Eckpfeiler der Alviergruppe. Das Erzlager gehört nach den neuesten Untersuchungen von Fichter dem obern Malm an. Ammoniten und Foraminiferen beweisen, dass es ein syngenetisches, während

der Bildung des Quintner Kalkes entstandenes Sediment der Tiefsee ist. Ueber die Art und Weise der Ablagerung sind wir noch völlig im unklaren. Die Erzschiebt durchzieht mehr oder weniger zusammenhängend den ganzen Berg. Am Aufbau des Gonzen sind ausschliesslich Gesteine der Juraformation beteiligt. Dieser gehört der Säntis-Drusberg-Decke an, die bei der Auffaltung der Alpen aus ihrem südlich des Aarmassivs gelegenen Standort

stein beigemengt; stellenweise herrscht er sogar vor. Ein Charakteristikum der Lagerstätte bildet die Vergesellschaftung der Eisenerze mit Manganerzen. Von diesen ist hauptsächlich Hausmannit (Mn_3O_4) vertreten. Sie sind so reichlich vorhanden, dass sie gesondert verkauft werden. Eine weitere, aber unerwünschte Beimengung bildet der Pyrit, der besonders häufig in der Nähe der tektonischen Störungen auftritt. Der chemischen Zusammensetzung

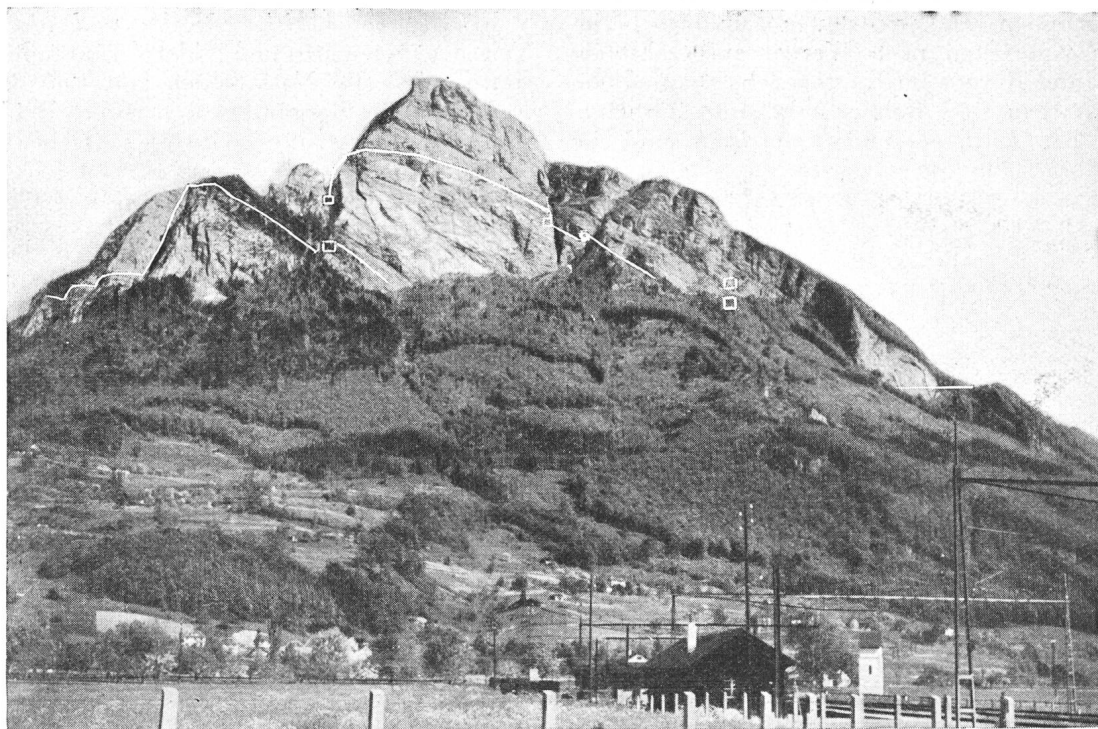


Fig. 3.

Das Erzvorkommen am Gonzen.

nach Norden bis an die Molasse geschoben wurde. Während dieser Bewegung wurde die Decke selbst wieder in komplizierter Weise gefaltet. Ausser den Falten, die von SW—NE streichen, ist ein Axialgefälle von 30° NE vorhanden. Das Erzlager ist zudem durch kleinere Verwerfungen und einige grössere Brüche gestört.

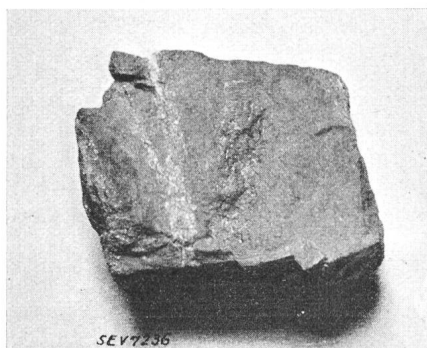


Fig. 4.

Gonzenerz mit Pyriteinlagerungen.

Das Erz besteht zur Hauptsache aus Roteisenstein. Dieser ist braunrot und hat ein spezifisches Gewicht von 4,4. Häufig ist Magnetit dem Roteisen-

nach enthält das Erz 50...60 % Eisen in Form von Hämatit, Magnetit und gelegentlich Limonit. Dazu ist etwas Phosphor, Mangan, Kieselsäure und Schwefel vorhanden. Der Gonzen liefert infolgedessen ein hochwertiges Erz, das mit Vorliebe als Zuschlag zum Hochofen-Möller verwendet wird. Früher erblickte man daraus in den Hochöfen von Plons und Sargans das geschätzte Spiegeleisen.

Mittlere Analysen von Hämatit und Manganeisenerz vom Gonzen.

Tabelle I.

	Hämatit %	Manganeisenerz %
Fe	54,5	34,3
Mn	0,8	12,2
SiO ₂	5,25	1,65
Al ₂ O ₃	0,6	0,9
CaO	7,5	16,4
MgO	0,9	0,9
P	0,05	0,06
S	0,6	0,73

Die Mächtigkeit des Lagers variiert zwischen 0,5 m und 2,5 m und beträgt im Mittel 1,5 m. Dank des vor einiger Zeit fündig gewordenen neuen Wolfsloch-Stollens wird die erschlossene und wahrscheinlich vorhandene Erzmenge heute von der

Bergwerksleitung noch auf etwa 2 Millionen Tonnen geschätzt. Bis jetzt wurden ungefähr 800 000 Tonnen abgebaut.

c) *Die Magnetite.* Vorkommen von Magnetiteisenstein sind im Simplongebiet bekannt bei *Fleschen, Feldbach, Rosswald* und am *Helsen*. Es handelt sich um einzelne Linsen und Linsenschnüre mit Mächtigkeiten von 4...40 Zentimeter. Sie bieten nur wissenschaftliches Interesse.

Von grösserer Bedeutung ist die Magnetitlagerstätte am *Mont Chemin*. Auch hier ist das Erz in Linsen konzentriert, die sich teilweise zu Linsenzügen ordnen. Diese Linsen sind immer an Marmorlagerungen im Gneis gebunden. Ihre Mächtigkeit beträgt 2,5...4 m, ausnahmsweise 10 m. Ihre Länge wechselt zwischen 20 und 50 Meter. Weder die Marmoreinlagerungen noch die Erzlinsen bilden eine durchgehende Schicht, sondern sind unregelmässig verteilt.

Die Untersuchungen von Prof. Hugi haben einwandfrei festgestellt, dass die Lagerstätte ihre Entstehung pneumatolytisch-hydrothermalen Einwirkungen der Granitintrusionen verdankt. Dabei ist anzunehmen, dass die Marmoreinlagerungen ursprünglich Kalklinsen in tonigen oder sandigen Gesteinen waren, die ihrerseits den Dämpfen als Absorptions- und Kondensationsmittel dienten. Das Nebengestein, die Gneise und Glimmerschiefer sind von Magnetit nur schwach imprägniert. Die Unregelmässigkeit der Lagerstätte wird noch dadurch vergrössert, dass die Marmorlagen nur zum Teil und ohne jede Gesetzmässigkeit durch Erzlinsen verdrängt sind.

Das Erz enthält etwa 55 % Eisen und ein wenig Phosphor und Schwefel. Es handelt sich deswegen um ein hochwertiges Erz. Infolge seines verhältnismässig hohen Kieselsäuregehaltes machte seine Verhüttung früher im Holzkohle-Hochofen einige Schwierigkeiten.

Leider sind die Linsen am Mont Chemin nicht so gross wie die bekannte Magnetitlinse im Val Cogne südlich Aosta, deren Volumen von etwa 700 000 m³ die Erzbasis für ein italienisches Hochofenwerk bildet. Am Mont Chemin wurden bisher keine Linsen mit mehr als einigen hundert m³ Inhalt festgestellt. — Die wahrscheinlich vorhandene Erzmenge der bis heute bekannten Linsen beläuft sich auf ungefähr 100 000 Tonnen. Trotz des hochwertigen Erzes muss die Lagerstätte wegen der unregelmässigen Erzführung und dem ungenügenden Erzvorrat als nicht bauwürdig bezeichnet werden. Nur wenn die Zahl und das Volumen der Linsen bei gleichbleibendem Eisengehalt des Erzes mit der Tiefe zunehmen würden, könnte an die Ausbeutung gedacht werden. Eingehende magnetometrische Untersuchungen, die in den letzten zwei Jahren durch Dr. Gassmann ausgeführt wurden, haben sehr interessante wissenschaftliche Ergebnisse gezeitigt, in bergwirtschaftlicher Beziehung aber nicht viel Neues zutage gefördert.

d) *Die eisenschüssigen Kalke.* Der Vollständigkeit halber seien auch die eisenschüssigen Kalke erwähnt, die wegen ihres geringen Eisengehaltes

als selbständige Erze allerdings ausscheiden. Dagegen ist es nicht ausgeschlossen, dass sie einmal, d. h. wenn in ihrer Nähe ein Hochofenwerk entstehen sollte, als basischer Zuschlag zum Möller eine gewisse Bedeutung erhalten.

Eisenschüssige Kalke des Valangien sind früher ganz besonders bei *Auberson* im Kanton Waadt ausgebeutet worden. Der Eisengehalt variiert zwischen 14 und 23 %. Die Mächtigkeit der Lagerstätte beträgt nicht mehr als 30 Zentimeter, so dass an einen Bergbau nicht zu denken ist.

Die eisenschüssigen Spatkalke im Aargau gehören dem braunen Jura an; sie erstrecken sich von *Wölflinswil* bis nach *Mandach*. An ihre Ausbeutung, in Verbindung mit anderen Schweizer Erzen, hat während des Krieges Ing. Trautweiler gedacht⁴⁾. Der Vorrat an diesen Erzen ist sehr gross. Untersuchungen, die im letzten Herbst am Kornberg etwa 1 Kilometer nördlich des Erzlagers von Herznach ausgeführt wurden, ergaben eine Schichtmächtigkeit von 2,9 Meter und Eisengehalte der einzelnen Schichten von 7...20 %. Der mittlere Kalkgehalt beläuft sich auf ungefähr 30 %.

e) *Die oolithischen Eisenerze.* Die oolithischen Eisenerze in alpiner Ausbildung sind ohne grosse wirtschaftliche Bedeutung. Sie ziehen sich von Chamoson im Kanton Wallis über die Erzegg (Obwalden), das Lauterbrunnental bis zum Glärnisch und gehören ebenfalls dem Dogger an wie die Fricktalererze. Bemerkenswert sind nur die Lagerstätten von Chamoson und Erzegg-Planplatte.

In Chamoson bilden die Erze eine Linse von etwa 4 Meter Mächtigkeit, die auf ungefähr 200 Meter Länge aufgeschlossen ist. Wie tief dieselbe in das Innere des Berges eindringt, wurde bisher noch nicht festgestellt. Das grünlich-schwarze Erz besteht der Hauptsache nach aus Chamosit. Die Oolithe sind von blossen Auge kaum sichtbar. Der mittlere Eisengehalt beläuft sich auf ungefähr 33 %. Daneben enthält das Erz etwas Phosphor und Vanadin. Trotzdem das Bindemittel kalkig ist, besitzt das Erz einen erheblichen Säureüberschuss. — Der Erzvorrat ist infolge der ungenügenden Aufschlüsse schwer zu schätzen. Sicher vorhanden sind einige hunderttausend Tonnen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die wahrscheinlich vorhandene Erzmenge ebenso gross ist.

Erzegg-Planplatte. Das Erzvorkommen auf der Planplatte ist ohne jede wirtschaftliche Bedeutung. Die folgenden Ausführungen befassen sich daher ausschliesslich mit der Lagerstätte an der Erzegg. Ausbisse mit Mächtigkeiten von 1...3 Meter können von der Erzegg bis zum Balmereggorn auf eine Länge von etwa 1500 Meter festgestellt werden. Es handelt sich leider nicht um ein kontinuierliches Lager. Dessen Unstetigkeit ist einerseits auf zahlreiche Verwerfungen tektonischen Ursprungs, anderseits auf die Konzentrierung der Erze in einzelnen, sehr kompliziert gelagerten, Linsen genetischer Natur zurückzuführen. Abgesehen von der

⁴⁾ A. Trautweiler: Aargauische und schweizerische Eisenproduktion in Vergangenheit und Zukunft. Schweiz. Bauztg. 28. Okt. 1916.

Höhe der Lagerstätte auf 2200 Meter würden schon diese Lagerungsverhältnisse den Bergbau ausserordentlich schwierig gestalten. Nur die grosse Linse in der «Schweife» weist günstigere Verhältnisse auf.

Die Lagerstätte besteht zum grössten Teil aus Chamosit mit einem Eisengehalt bis 38 %, etwas Schwefel, Phosphor und einen starken Säureüberschuss. Im Liegenden des Erzhorizontes findet sich da und dort ein basischer Siderit, dessen Eisengehalt aber nur 27 % beträgt.

Nach den neuesten Studien wird die aufgeschlossene Erzmenge auf etwa 100 000 Tonnen geschätzt. Der wahrscheinlich vorhandene Erzvorrat kann einige hunderttausend Tonnen betragen.

Jurassische Oolithe. Bedeutend wichtiger als die alpinen sind die jurassischen Doggererzorkommen. Sie ziehen sich von der Hohenwinde im Kanton Solothurn, über das Fricktal bis jenseits der Schweizergrenze ins obere Wuttachtal nach Zollhaus-Blumberg⁵⁾, Gutmadingen, Geislingen und Wasseralfingen bei Stuttgart. Die in Deutschland liegenden Vorkommen werden seit einiger Zeit eifrig abgebaut. Die eisenreichste Ausbildung dieser Erze befindet sich nach den bisherigen Erfahrungen im Fricktal.

A. Die Lagerstätte im Fricktal.

a) *Stratigraphie.* Der Eisenoolith des Fricktals liegt im Dogger der Tafeljura-Landschaft. Stratigraphisch wird das Lager im Hangenden durch die

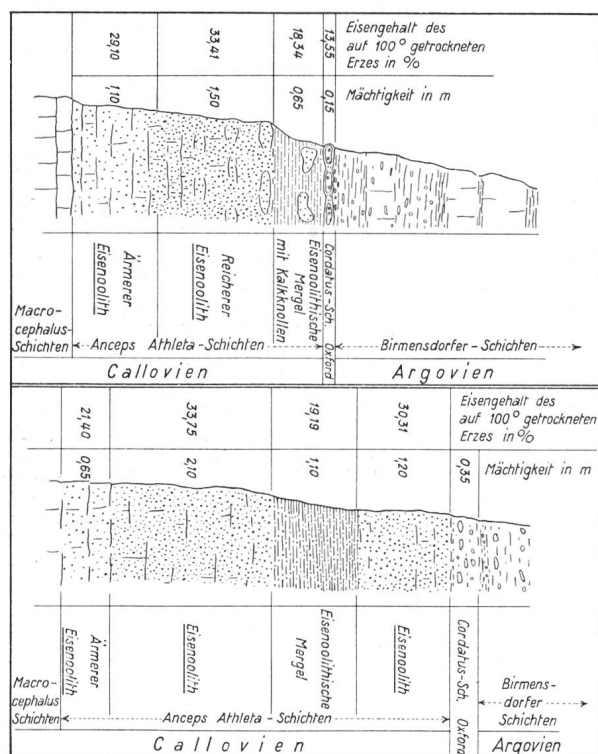


Fig. 5.

Profile des Erzlagers, Maßstab 1 : 100.
Oben: Versuchsstollen (Herznacher Flöz).
Unten: Ortshalde (Wölflinswiler und Herznacher Flöz).

5) Voraussichtlich erstreckt sich dieses Vorkommen bis in den Kanton Schaffhausen.

Cordatus-Schicht, die oberste Schicht des braunen Jura, begrenzt. Die Cordatus-Schicht besteht aus eisenoolithischen Kalkknollen, wird aber nicht mehr zum Flöz gerechnet. Sie bildet, bergbaulich

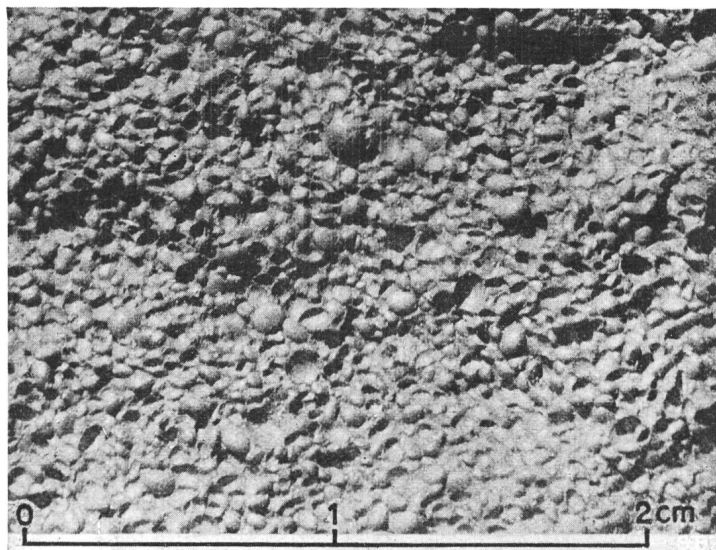


Fig. 6.
Fricktaler Oolith, vergrössert.

gesprochen, ein gut erkennbares und standfestes Dach, über dem die bankigen Birmensdorfer Schichten liegen. Das Erzlager gehört der Anceps-Athleta-Schicht an und lässt sich in drei, ihrem Eisengehalt nach verschiedene Teile zerlegen. Im Hangenden befindet sich ein eisenschüssiger Mergel mit Kalkknollen, dessen Mächtigkeit 30 ... 65 Zentimeter beträgt. Sein mittlerer Eisengehalt variiert von 16 ... 22 %. Darunter folgt ein reicher Eisenoolith mit einer Mächtigkeit von 1,5 bis über 3 Meter und mit einem Eisengehalt von 32 ... 35 %. Die unterste Schicht des Lagers ist etwas eisenärmer (27 ... 30 %) und 1 Meter bis 1,2 Meter mächtig. Im Erzlager können mehrere normal aufeinander folgende, aber nicht scharf abgegrenzte Ammonitenzonen unterschieden werden, welche die Gliederung in das obere Teilflöz (Lamberti-Schicht) und das untere Teilflöz (Athleta-Schicht und Anceps-Schicht) gestatten. Die Unterlage des Eisenflözes bilden die harten und gut erkennbaren Macrocephalus-Schichten, die früher wegen ihrer grobkbankigen Ausbildung, besonders auf dem Kornberg, als begehrte Bausteine ausgebeutet wurden.

Westlich des Dachslengrabens setzt über dem untern Herznacherflöz ein zweites Flöz ein, das Wölflinswilerflöz genannt wird. Beide Flöze werden durch eine mergelige Zwischenschicht, die 15...26 % Eisen führt, getrennt. Ihre Mächtigkeit variiert von 0,5...1,1 Meter. Die gesamte Mächtigkeit des Erzlagers einschliesslich der Zwischenschicht wächst im Wölflinswiler Erzgebiet auf 5...5,5 Meter an, während im östlichen Gebietsteil das Herznacherflöz allein eine mittlere Mächtigkeit von etwas über 3 Meter besitzt. In der Feuerbergscholle wurden sogar Mächtigkeiten bis über 7 Meter festgestellt (Schlitzprobe Nr. 197, Herznacherflöz 4,7 Meter, Zwischenmittel 1,2 Me-

ter; Wölflinswilerflöz 1,45 Meter). Im allgemeinen ist das Herznacherflöz eisenreicher als das Wölflinswilerflöz.

b) *Entstehung, Struktur, Chemismus etc.* Das Fricktalererz besteht aus den Oolithkörnern und der Grundmasse. Die Oolithe sind das Produkt kolloid-chemischer Ausscheidung im Meerwasser. Ueber ihre Entstehung ist man noch nicht im klaren. Die Grundmasse, welche die Körner zusammenhält, ist nichts anderes als der erhärtete Schlamm.

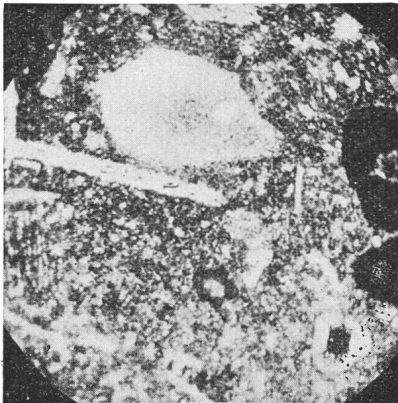
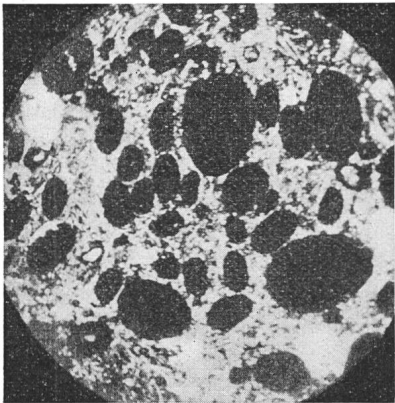


Fig. 7.

Schwarz: Oolithe.
Weiss: Grundmasse aus Quarz
und Kalkspat.

Grundmasse
mit Fossilbruchstücken.

Die Oolithe zeigen ellipsoidische, ovaloidische und gelegentlich kugelige Formen und variieren im Durchmesser von 0,1 bis 1 Millimeter. Sie sind konzentrisch-schalig struiert. Den Kern bilden in der Regel winzige Quarzstücke. Die Grundmasse besteht aus einem Gemenge von Quarz und Kalkspat mit Einsprengungen grösserer Kristallaggregate. In geringer Menge ist als Begleiter auch Serizit vertreten. Häufig sind in der Grundmasse Fossilbruchstücke erkennbar.

Die Oolithe sind die eigentlichen Eisenträger und enthalten 84 Gewichtsprocente des Eisens des Roherzes. Trennt man sie von der Grundmasse, so erhält man ein Konzentrat von über 50 % Eisen, während die Grundmasse nur etwa 10 % Eisen besitzt. Dagegen ist der Anteil der Grundmasse am Volumen des Roherzes 56 %.

Das Eisen ist als hydriertes Oxyd vorhanden. Es ist begleitet von 0,2 ... 0,4 % Mangan. Der Phos-

phor ist zum grössten Teil an Kalk und Magnesium gebunden. Der Schwefel ist in feiner Verteilung, voraussichtlich als Pyrit, im Erz enthalten. Der Kieselsäuregehalt schwankt zwischen 10 und 20 %. Die Tonerde ist mit 5 ... 8 % an der Zusammensetzung des Erzes beteiligt. In der Regel beträgt der Kalk- und Magnesiumgehalt 10 ... 14 %, so dass ein geringer Säureüberschuss vorhanden ist. Wertvoll für die Stahlerzeugung ist der Gehalt an Chrom und Vanadinverbindungen. Das (scheinbare) spezifische Gewicht des Erzes beträgt 2,5. Die Analysen nach Tabelle II und III geben im übrigen Aufschluss über die chemische Zusammensetzung der Flöze.

c) *Ausdehnung und Tektonik.* Das Lager erstreckt sich von Herznach in südwestlicher Richtung bis über die Kantonsgrenze westlich Wölflinswil-Oberhof hinaus. Das durchschnittliche Schichtfallen ist bei Herznach 3,5 ... 4° SSE, in der Gegend von Wölflinswil 4° ... 5° SE. Das Generalstreichen verläuft NE—SW. Etwa ein Kilometer östlich der Strasse Herznach—Ueken keilt das Flöz aus. Westlich von Wölflinswil, ungefähr an der solothurnischen Kantonsgrenze, vermergelt es und besitzt nur noch einen mittleren Eisengehalt von etwa 23 %.

Auf solothurnischem Gebiet wird es daher als nicht mehr bauwürdig betrachtet. Der nördliche Ausbiss des Lagers ist durch dilluviale, zum kleineren Teil auch durch alluviale Erosion entstanden. Er ist nirgends direkt zu sehen, lässt sich aber da, wo er nicht von Moräne überdeckt ist,

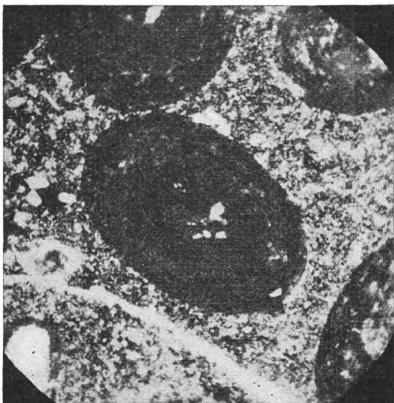
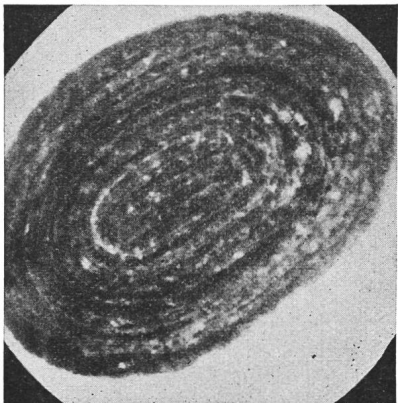


Fig. 8.

Oolith mit konzentrisch-schaliger Struktur.

Oolith mit Quarzkern.

Vollständige Analyse der Schlitzprobe Nr. 4, entnommen im Versuchsstollen bei Hm 1,0, Herznacher Flöz.

Schlitzprobe No. 4	Glüh- verlust %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	Fe %	MnO %	Mn %	CaO %	MgO %	P ₂ O ₅ %	P %	S %	Tabelle II.				
													TiO ₂ bzw. Ti %	Cr ₂ O ₃ bzw. Cr %	V ₂ O ₅ bzw. V %	CuO bzw. Cu %	As ₂ O ₃ bzw. As %
0,00 ... 1,48	19,84	12,51	5,10	38,94	27,23	0,08	0,06	14,85	1,22	1,19	0,52	0,38					
1,48 ... 2,80	17,50	12,95	6,41	46,92	32,81	0,08	0,06	9,13	1,55	1,23	0,54	0,15					
2,80 ... 3,20	18,20	22,13	4,90	29,20	20,42	0,05	0,04	11,54	1,87	1,00	0,44	0,10					
0,00 ... 3,20	18,74	13,60	5,45	41,89	29,29	0,08	0,06	13,05	1,56	1,21	0,53	0,22	0,37 0,22	0,049 0,034	0,153 0,086	Spur Spur	0,010 0,008

^{5a} Die Fig. 7 und 8 sind der Arbeit von H. Saemann: Untersuchung der Fricktaler Eisenerze und ihrer Verhüttbarkeit, Aarau 1921, entnommen.

Teilanalyse der Schlitzprobe Nr. 107 im Feuerberg.

Tabelle III.

m	Fe ₂ O ₃ %	Fe %	CaO %	
0,00 ... 3,45	41,30	28,88	10,00	Herznacher Flöz
3,45 ... 4,48	35,69	24,96	6,40	
4,48 ... 4,70	52,83	36,95	10,44	
4,70 ... 5,90	37,56	26,27	8,12	Zwischenmittel
5,90 ... 6,80	41,09	28,74	6,10	Wölflinswiler Flöz
6,80 ... 7,00	41,24	28,84	8,65	
7,00 ... 7,35	46,20	32,31	6,15	
0,00 ... 7,35	40,78	28,52	8,32	

leicht an den Kanten der widerstandsfähigen Bänke der Birmensdorfer Schichten und der roten Farbe des Bodens erkennen. Gegen Süden ist das Lager

berggraben. — Der Ostgraben ist wesentlich tiefer, als man früher annahm. Seine Sprunghöhe beträgt in der Gegend von Wölflinswil etwa 40 m und nimmt gegen Süden rasch zu. In der Bohrung Nr. 212 wurde das Erz erst in einer Tiefe von 143 m angetroffen. Südlich der Erosionszone bei Densbüren ist das Flöz nur noch 1...1,5 m mächtig. Auch sein Eisengehalt ist hier auf etwa 20 % gesunken. Im Gebietsteil von Wölflinswil bildet der Nordrand des Kettenjuras die südliche Begrenzung des nicht verworfenen Lagers. Die abgesunkenen Schollen, besonders die Feuerbergsscholle, wurden durch die Erosion wahrscheinlich nicht erreicht und setzten sich aller Voraussicht nach unter dem Kettenjura fort. — Der südliche Teil des Flözes bei Erlinsbach, das allerdings mit dem Fricktaler Lager nicht mehr zusammenhängt, wurde schon in den

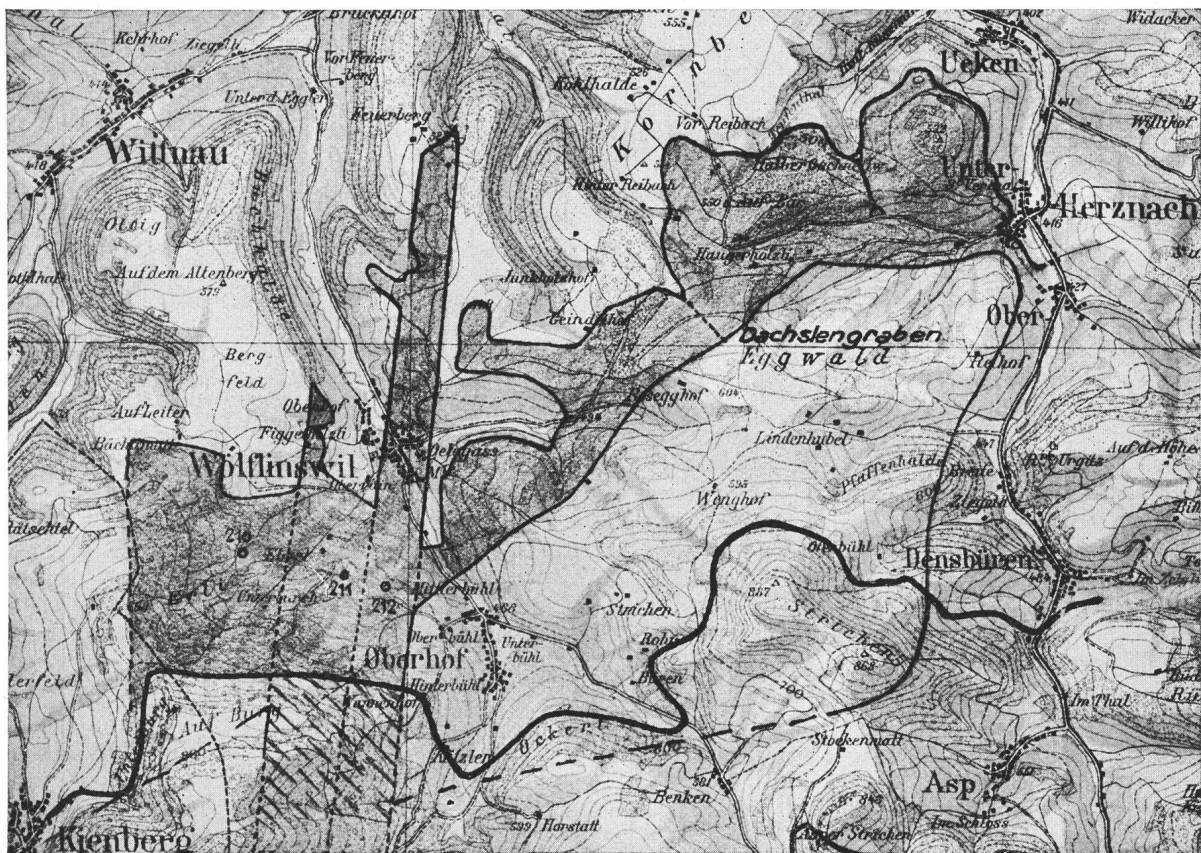


Fig. 9.

Ausdehnung der Lagerstätte, Karte 1 : 50 000.

durch die Erosionsränder des tertiären Meeres und eines nachfolgenden aus W kommenden Molasseflusses begrenzt.

Im östlichen Gebietsteil sind nur unbedeutende Verwerfungen und Brüche bekannt, die bergbaulich keine Rolle spielen. So wurde unter anderem etwa 50 Meter vom nördlichen Mundloch des Versuchsstollens eine Verwerfung mit einer Sprunghöhe von 5 Zentimeter festgestellt. Anders verhält es sich mit den Wölflinswiler Grabenbrüchen. Durch die neuen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass nicht wie früher angenommen drei, sondern nur zwei Gräben vorhanden sind, nämlich der breitere Westgraben und der schmalere Ost- oder Feuer-

Jahren 1919/20 teilweise erschürft. Seine Lagermächtigkeit wechselt zwischen 1 und 2 Meter. Die Analysen ergaben maximale Eisengehalte bis 30 %.

d) Der Erzvorrat. Das Erzgebiet kann in drei durch ihre geographischen und geologischen Ver-

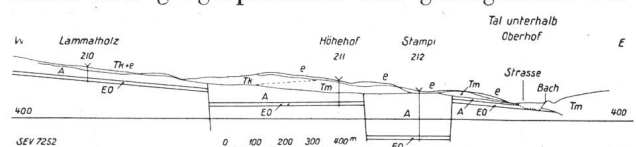


Fig. 10.

Querprofil durch das Schollengebiet von Wölflinswil.
Y Bohrung. A Argovien. EO Eisenoolith.
e (Erraticum-)Grundmoräne. TK Süsswasserkalk.
Tm Rote Mergel (mit Juranagelfluh).
(Nach Dr. A. Amsler.)

hältnisse deutlich unterscheidbare Teile geteilt werden. Der erste Gebietsteil umfasst die Lagerstätte von Herznach bis Dachslengraben. Hier ist nur das Herznacherflöz vorhanden. Seine räumliche Ausdehnung beläuft sich auf etwa 175 ha. Der Erzvorrat dieses Teilgebietes berechnet sich auf etwa 15 Millionen Tonnen mit einem mittleren Eisengehalt von ungefähr 28 %. Wird nur Erz mit einem mittleren Eisengehalt von 30 % ausgebeutet, so vermindert sich der Erzvorrat auf etwa 12 Millionen Tonnen. Durch die ausgeführten Schürfarbeiten ist der ganze Gebietsteil für den Bergbau vollständig erschlossen.

Der zweite Gebietsteil erstreckt sich vom Dachslengraben bis an die Strasse Wölflinswil—Oberhof. Er bedeckt eine Fläche von etwa 166 Hektaren. Vom Dachslengraben an sind zwei Flöze mit einem mergeligen Zwischenmittel vorhanden, deren Gesamtmächtigkeit bis auf 7,35 m ansteigt. Der Erzvorrat, ohne das mergelige Zwischenmittel, beläuft sich auf ungefähr 20 Millionen Tonnen. Sein mittlerer Eisengehalt liegt zwischen 28 und 29 %. Das mergelige Zwischenmittel hat einen mittlern Eisengehalt von etwas weniger als 20 %. Sein Vorrat lässt sich auf nicht ganz 5 Millionen Tonnen berechnen. Sofern das Erz später aufbereitet wird, kann auch das mergelige Zwischenmittel ausgebeutet werden.

Westlich der Strasse Wölflinswil—Oberhof zieht sich das abbauwürdige Lager bis an die Kantons-grenze. Sein nördlicher Ausbiss ist durch Sondierschächte festgestellt. Im Süden ist es durch den Nordrand des Kettenjuras begrenzt. Die Kernbohrungen zur Untersuchung des Lagers im Innern dieses Gebietsteiles haben es in einer Mächtigkeit von 4,7 Metern, 5,63 Metern und 4,59 Metern erschlossen. Dieser Lagerteil bedeckt etwa 200 Hektaren. Sein Erzvorrat mit einem mittleren Eisengehalt von etwa 27 % wird ohne mergeliges Zwischenmittel auf 15...20 Millionen Tonnen berechnet.

Vor der Ueberschiebung des Kettenjuras hing das Fricktaler Lager ohne Zweifel mit dem Erlinsbacher Lager zusammen. Aus den früher erwähnten Ueberlegungen darf deswegen noch eine beträchtliche, wahrscheinlich vorhandene Erzmenge angenommen werden, die sich vom Nordrand des Kettenjuras gegen Süden erstreckt.

B. Neue Lagerstätten.

Mit dem zuletzt beschriebenen Eisenerzlager im Fricktal sind alle schweizerischen Eisenerzvorkommen von einiger Bedeutung behandelt. Es stellt sich noch die Frage, ob Aussicht besteht, dass in unserem Lande noch nicht bekannte, abbauwürdige Eisenerzlagerstätten vorhanden sind. Bekanntlich wird gegenwärtig in Deutschland eine geophysikalische Landesaufnahme durchgeführt. Hat es in der Schweiz einen Sinn, ähnliche Untersuchungen in Angriff zu nehmen? Auf Grund meiner Erfahrungen möchte ich diese Frage verneinen. Man darf ruhig sagen, dass heute alle Vorkommen mineralischer Rohstoffe von *wirtschaftlichem Wert* bekannt sind. Mehr noch fällt ins Gewicht, dass sich

die geophysikalischen Messverfahren nicht ohne weiteres zur Feststellung von Erzlagerstätten mit geringer Ausdehnung und wenig konstanter Erzführung eignen.

Dagegen ist es wohl möglich, dass neue Aufbereitungs- oder Verhüttungsmethoden in Zukunft den Abbau noch ärmerer Eisenerze gestatten. Ich denke ganz besonders an die eisenschüssigen Spatkalke im Kanton Aargau, die schon Trautweiler im Auge hatte und von denen ein gewaltiger Vorrat vorhanden ist. Bis vor kurzer Zeit war ich der Ansicht, dass ihr Eisengehalt 15 % nicht übersteige. Neuere Untersuchungen auf dem Kornberg haben jedoch gezeigt, dass einzelne Schichten dieses Spatkalkes Eisengehalte bis auf 20 % besitzen können. Es ist nicht ausgeschlossen, dass gründliche Untersuchungen noch eisenreichere Spatkalke feststellen könnten. Wie schon früher gesagt, kommt der Spatkalk als selbständiges Erz nicht in Betracht. Er kann unter Umständen aber als kalkhaltiger Zuschlag zum Möller eine gewisse Bedeutung erlangen. Die Lager des eisenschüssigen Spatkalkes müssen aus diesem Grunde noch genauer untersucht werden.

In Süddeutschland werden in neuester Zeit auch die Humphriesi- und Murchisonae-Oolithe mit Eisengehalten von 18...23 % ausgebeutet (in der Nähe von Freiburg i. B.). Diese Schichten sind auch in der Schweiz vorhanden. Sie liegen etwa 100 m unter den Anceps-Athleta-Schichten und sollen in nächster Zeit ebenfalls auf Eisengehalt und Mächtigkeit untersucht werden.

4. Das Inventar der schweizerischen Eisenerze.

Die Untersuchungen der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten haben ergeben, dass der Abbau aller alpinen Eisenerzvorkommen mit Ausnahme des Gonzen unter den heutigen Verhältnissen nicht in Frage kommt, auch wenn noch etwas grössere Erzmengen, als die heute bekannten, festgestellt werden sollten.

Die einst in grossem Umfang ausgebeuteten Bohnerzlagerstätten sind nicht erschöpft, aber wegen den hohen Ausbeutungskosten nicht mehr abbauwürdig.

Als bauwürdige Eisenerzvorkommen dürfen heute nur die Lagerstätten am Gonzen und im Fricktal betrachtet werden. Die aufgeschlossene und wahrscheinlich vorhandene Erzmenge beläuft sich am Gonzen auf etwa 2 Millionen Tonnen. Im Fricktal sind mindestens 50 Millionen Tonnen Erze sicher vorhanden. — Die Schweiz verfügt infolgedessen über einen Eisenvorrat von über 15 Millionen Tonnen. — In bezug auf den Erzvorrat ist die Lagerstätte im Fricktal die weitaus wichtigste der ganzen Schweiz.

In einem Aufsatz über «die Eisenerze der Juraformation»⁶⁾ gab Prof. C. Schmidt im Jahre 1921 zu, dass die Untersuchungen der Studiengesellschaft ein Vielfaches der früheren Schätzungen an Eisenerzen festgestellt haben. Er glaubte aber damals, die Bauwürdigkeit der Lagerstätte im Fricktal bezweifeln zu müssen. Damit komme ich auf die Bergbaufragen zu sprechen.

II. Der Eisenerzbergbau.

1. Bauwürdigkeit und Anreicherung der Erze.

Eine Eisenerzlagerstätte ist bauwürdig, wenn sich der Abbau der Erze lohnt. Die Voraussetzung dafür bildet, neben einem ausreichenden Erzvorrat, ein bestimmter Eisengehalt sowie das Vorhandensein günstiger Bergbau- und Transportverhältnisse. Die Bauwürdigkeit einer Lagerstätte ist aber kein konstanter Begriff. Sie hängt ab vom Stand der Technik und von den politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen. Ganz besonders ist die Beurteilung der Bauwürdigkeit der armen Eisenerzlagerstätten gewissen Schwankungen unterworfen.

Während der wirtschaftliche Abbau reicher Eisenerze ausschliesslich durch die Ausdehnung und Mächtigkeit des Lagers und dessen geographische Lage bedingt wird, ist für die armen Erze die Möglichkeit ihrer Anreicherung nicht ohne Einfluss. Das gilt hauptsächlich für die Fricktaler Erze. Das Problem der Anreicherung oolithischer Doggererze wurde nach dem Weltkrieg in Deutschland mit grosser Energie in Angriff genommen, da in Baden und Württemberg ausgedehnte Lager dieser Erze vorhanden sind, die vor dem Krieg völlig unbeachtet blieben.

Das älteste dieser Verfahren ist das *Anreicherungsverfahren der Studiengesellschaft für Doggererze*⁶⁾. Um es zu verstehen, müssen wir uns vergegenwärtigen, dass die Doggererze, zu denen auch die Erze im Fricktal gehören, aus den Oolithkörnern und der Grundmasse bestehen. Die Körner enthalten 84 Gewichtsprozent des gesamten Eisengehaltes des Roherzes, während der Anteil der Grundmasse am Eisengehalt nur 16 % beträgt. Auf Volumenprozent umgerechnet, beträgt der Anteil der Grundmasse jedoch 56 %. Auf dieser Zusammensetzung der oolithischen Erze ist das Anreicherungsverfahren aufgebaut. Es besteht darin, die Grundmasse zu entfernen und das Konzentrat, d. h. die Oolithkörner in eine Form zu bringen, die ihre Verhüttung im Hochofen gestattet. So einfach und klar die Aufgabe der Anreicherung ist, so gross waren die Schwierigkeiten, die ihrer Lösung entgegenstanden. Erst nach langjährigen Untersuchungen gelang es, mit Hilfe eines kombinierten Trocken- und Nassverfahrens, genügende Resultate zu erzielen. Heute ist das Problem in technischer Beziehung gelöst. In Gutmadingen bei Donaueschingen, wo seit einiger Zeit eine Aufbereitungsanlage mit einer jährlichen Leistung von 100 000 Tonnen Konzentrate in Betrieb steht, beträgt das Ausbringen jedoch nur 67 %. Es wird dort auf ein selbstgehendes Konzentrat mit etwa 37 % Fe, d. h. auf ein Erz hingearbeitet, das ohne Kalkzuschlag im Hochofen verhüttet werden kann. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die Gutmadinger Roherze nur einen Eisengehalt von etwa 20 % besitzen, während der mittlere Eisengehalt der heute geförderten Fricktaler Erze 30 % beträgt. Nach

ausgeführten Versuchen lässt sich mit den Fricktaler Erzen ein Konzentrat von wenigstens 45 % Eisen erreichen. Der tatsächliche Eisenverlust, der in Gutmadingen am Roherz gemessen 33 %, also einen vollen Drittel beträgt, ist aber ausserordentlich hoch.

Zu den Aufbereitungsverfahren wird auch das *Krupp-Rennverfahren*⁸⁾ gezählt. Es ist auf dem gleichen Gedanken aufgebaut wie der alte Rennherd, von dem es den Namen hat. Die Rennarbeit wird aber nicht wie früher in einem kleinen Schachtofen, sondern im Drehrohrofen durchgeführt. Die erblasenen Luppen bilden das Ausgangsmaterial für die Stahlerzeugung und können in den Stahlföfen ohne Schwierigkeit weiterverarbeitet werden. Als Reduktionsstoffe, die dem Erz im Drehrohrofen beigegeben werden, eignen sich geringwertige Brennstoffe, wie Koksgrüss, Anthrazitstaub und Feinkohle. Der Brennstoffverbrauch für die Reduktion und die Flammenbeheizung richtet sich nach dem Eisengehalt des Erzes und dem Heizwert der Brennstoffe. Er beträgt für ein Erz von 30 ... 40 % Fe etwa 240 ... 320 kg Feinkohle pro Tonne Roherz. Das Verfahren arbeitet mit einem sehr sauren Möller. Es wäre aus diesem Grunde unter Umständen möglich, als Reduktionsmittel Walliser Anthrazit zu verwenden, dessen Asche bekanntlich zum grössten Teil aus Silikaten besteht. Die aus Fricktaler Erzen gewonnenen Luppen kämen aber für die direkte Weiterverarbeitung im Elektroofen wegen ihrem Phosphorgehalt kaum in Betracht.

Ein wesentlicher Vorteil des Krupp-Rennverfahrens besteht darin, dass das Eisenausbringen in den Luppen 90 ... 96 % des Roheisengehaltes beträgt. Der Eisenverlust beläuft sich also im Gegensatz zum Aufbereitungsverfahren der Studiengesellschaft für Doggererze auf nur 4 ... 10 %. Ein Nachteil für die Anwendung des Rennverfahrens in der Schweiz ist aber sein grosser Kohlenverbrauch, wenn es nicht gelingt, einen Teil desselben durch Abfallenergie zu ersetzen.

Die einfachste *Anreicherung* der Fricktaler Erze wird *durch ihre Röstung und Sinterung* erzielt. Für die Verhüttungsversuche im Werk Burgholz wurden mehrere hundert Tonnen Erze in Choindex gesintert. Die Analysen ergaben für das Sintergut Eisengehalte von 37 ... 38 %. Der grösste Vorteil dieser Anreicherung besteht darin, dass sie ohne Eisenverlust möglich ist. Dagegen ist der Brennstoffverbrauch ziemlich gross. Die Sinterung ist nur dort wirtschaftlich, wo billige Abfallkohle oder Hochofengase dafür verwendet werden können.

Eine Anreicherung durch Röstung wird gegenwärtig durch die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke⁹⁾ in ihrem Konzessionsgebiet in Zollhaus-Blumberg durchgeführt, wo vier Röstöfen mit einer Tagesleistung von je 500 Tonnen in Betrieb sind.

Auch die «Lurgi»-Gesellschaft für Chemie- und Hüttenwesen hat ein Anreicherungsverfahren aus-

⁶⁾ C. Schmidt: Die Eisenerze der Juraformation. Schweiz. Bauztg. 11. Juni 1921.

⁷⁾ Karl Drescher: Neue Erfahrungen in der Eisenerzaufbereitung. Stahl und Eisen 1932, Heft 32, S. 773/79.

⁸⁾ Friedrich Johannsen: Das Krupp-Rennverfahren. Stahl und Eisen 1934, Heft 38, S. 969/78.

⁹⁾ Hermann Röchling: Zur Frage der Verhüttung armer deutscher Eisenerze. Z. Ver. deutscher Ingenieure, 14. 3. 1936.

gearbeitet, nach dem die Oolithe gesintert und nachher durch Magnetscheidung getrennt werden. Laboratoriumsversuche mit Fricktaler Erzen nach diesem Verfahren haben ein Ausbringen von 82 % und Konzentrate von über 50 % Eisen ergeben. Eine Lurgi-Grossanlage ist vor kurzer Zeit in Zollhaus in Betrieb gekommen.

Welches Aufbereitungsverfahren sich für ein bestimmtes Erz am besten eignet, muss unter Berücksichtigung der Eigenart des Erzes und der besonderen Verhältnisse des Vorkommens in jedem einzelnen Falle genau untersucht werden. Von vornherein kommen meines Erachtens für schweizerische Verhältnisse alle Verfahren in Wegfall, die ein ungenügendes Ausbringen besitzen, da wir uns den Luxus nicht leisten können, einen Teil der, absolut gewertet, nicht grossen Erzmengen, die wir besitzen, durch Aufbereitungsverluste zu verlieren. Die Konzentrierung der Fricktaler Erze wurde noch vor wenigen Jahren¹⁰⁾ als nötige Voraussetzung für die Bauwürdigkeit der Lagerstätte angesehen. In der Zwischenzeit hat es sich jedoch gezeigt, dass die Erze mit einem mittleren Eisengehalt von 30 % gefördert werden können und deswegen auch ohne Anreicherung verkäuflich sind. Ausserdem wurde durch die Verhüttungsversuche im Werk Burgholz nachgewiesen, dass es nicht nötig ist, die Roherze für die Verhüttung im elektrischen Ofen zu konzentrieren oder stückig zu machen. Aus diesen Gründen besitzen alle Anreicherungsverfahren heute für uns kein unmittelbares Interesse mehr. Für die Lieferung der Erze auf grosse Distanzen kommt vielleicht später eine Aufbereitung in Betracht, sofern ihre Kosten niedriger sind als die damit erzielte Frachtersparnis. Eine Anreicherung der Erze für die Verhüttung im elektrischen Ofen ist nur zu empfehlen, wenn die Einsparung an Reduktionskohle und elektrischer Energie wesentlich grösser ist als der Brennstoff- und Energieverbrauch für die Herstellung der Konzentrate. Für den Abbau des Wölflinswiler Flözes, der allerdings noch lange nicht in Frage kommt, spielen die Anreicherungsverfahren eine grössere Rolle, ganz besonders, wenn man später beabsichtigt, auch das mergelige Zwischenmittel auszubeuten.

2. Der Bergbau.

a) Der Bohnerzbergbau.

Von allen Eisenerzbergwerken, die in früheren Zeiten überall im Lande ausgebeutet wurden, blieb bis vor wenigen Jahren einzig der *Bohnerzbergbau* im *Delsberger Becken* ununterbrochen in Betrieb. Bis heute sind allein mehr Bohnerze gefördert worden, als Gonzen-Erze und Fricktaler Erze zusammen. Heute ruht der Bergbau vollständig, trotzdem noch ein Erzvorrat von schätzungsweise vier Millionen Tonnen vorhanden ist. Die Ursache der Einstellung dieses alten Bergbaubetriebes liegt in den ungünstigen Abbauverhältnissen. Das Bohnerz kommt nicht in Lagern, sondern in linsenförmigen

Anhäufungen vor, die selten über einen Meter mächtig sind. Da sie zudem regellos auf der Kalkunterlage verteilt sind, ist es unmöglich, die Ergiebigkeit

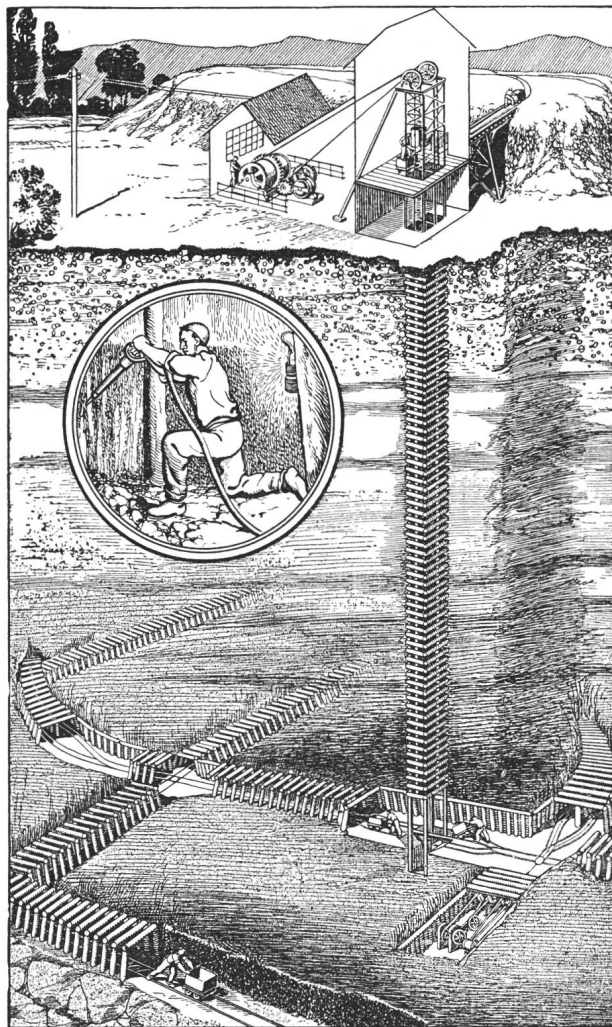


Fig. 11.
Bohnerzbergbau:
Schacht mit aufgefahrenen Strecken und Erzförderung.

eines Erzfeldes zum voraus zu bestimmen. Auch unter günstigen Verhältnissen muss ein Teil der Strecken im erzarmen Bolus aufgefahren werden. Zudem wird der Bergbau durch das druckhafte

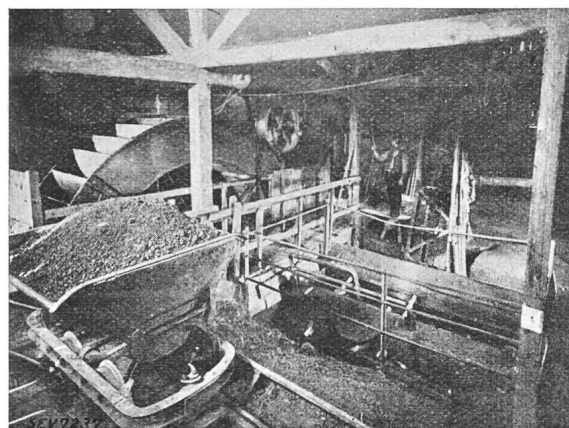


Fig. 12.
Bohnerz-Bergbau: Erzwäsche.

¹⁰⁾ H. Fehlmann: Die Fricktaler Eisenerze. Schweiz. Bauztg. 26. Okt. 1935.

Gebirge und den starken Wasserzufluss erschwert. Wenn das Erz dann, vermisch mit Boluston, zutage gefördert ist, muss es noch gewaschen werden. Zur Gewinnung einer Tonne gewaschenen Bohnerzes sind zwei Tonnen rohes Erz erforderlich.

Es ist klar, dass diese Verhältnisse den wirtschaftlichen Abbau des nur 42 % Eisen enthaltenden Bohnerzes verunmöglichen. Wenn sich der Bergbau bis zum Jahre 1926 halten konnte, so ist dies ausschliesslich dem Umstand zu verdanken, dass die Bohnerze dem Möller des Hochofens von Choindez zugesetzt werden mussten, um das für die Röhrengiesserei geeignete Roheisen zu erhalten¹¹⁾. — Die Bergwerksanlagen im Delsberger Becken werden heute noch unterhalten. Es ist aber nicht beabsichtigt, den Bergbau in Zukunft wieder aufzunehmen.

b) Der Bergbau am Gonzen.

Von den beiden Eisenbergwerken, die heute in Betrieb sind, ist dasjenige am Gonzen das ältere. Die Zeit reicht nicht, um auf den alten Bergbau, der urkundlich auf das Jahr 1050 zurückgeht, einzugehen.

Der moderne Bergbau¹²⁾ wurde im Jahre 1919 durch die neu gegründete «Eisenbergwerk Gonzen A.-G.» aufgenommen, deren Kapital 3,5 Mill. Fr. beträgt. An der Bergbaugesellschaft sind neben der früheren Konzessionsgesellschaft die Gebr. Sulzer A.-G. und die A.-G. der Eisen- und Stahlwerke vormals Georg Fischer beteiligt. Mit der Erzförderung wurde im Jahre 1920 begonnen.



Fig. 13.

Gonzenbergwerk: Installationsbauten vor der Grube Naus.

Der heutige Bergbau geht von der Naus-Grube aus. Am Stollenmundloch befinden sich die Installationen, bestehend aus Transformator, Kompressoren-

soren- und Hochdruckventilationsanlage, Werkstatt, Lokomotivremise, Erzbunker, Knappenhaus, Arbeiterküche, Oekonomiegebäude usw. Die Grube ist mit einer Seilbahn mit dem Bahnhof Sargans

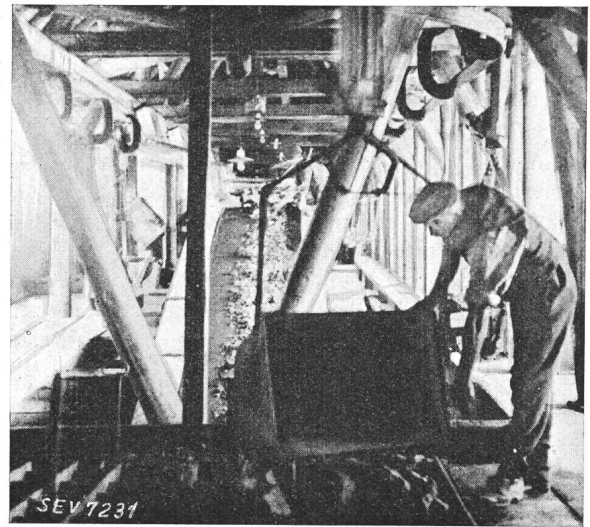


Fig. 14.

Gonzenbergwerk: Leseband.

verbunden. An der untern Endstation der Seilbahn befindet sich eine Sortier- und Verladeanlage. Die Sortierung des Erzes geschieht mit Hilfe eines Lesebandes. Der Anschlusswert aller Elektromotoren beträgt ungefähr 220 kW. Die Anlagen sind für eine maximale Tagesförderung von 300 Tonnen dimensioniert.

Das Erz wird im Pfeilerbau ohne Vorsatz abgebaut. Die Standfestigkeit des Nebengesteins macht einen Holzeinbau unnötig. Dagegen werden in bestimmten Abständen kleine Pfeiler stehen gelassen. Von der Grundstrecke aus wurde im Fallen der Erzschicht eine Strecke aufgeföhren, die mit etwa 30° steigt. In diese Hauptstrecke wurde später ein Bremsberg eingebaut. Von hier aus zweigen die Förder- und Abbaustrecken in Abständen von 20...25 m in streichender Richtung ab. Aus den Abbauen wird das Erz durch Schüttelrutschen in die Hunde geladen und gelangt durch die Förderstrecken zum Bremsberg. Am unteren Ende des Bremsberges werden die Hunde in einen Silo entleert. Von hier aus wird das Erz durch Akkumulatoren-Lokomotiven zur Seilbahn gefördert.

Diese kurze Beschreibung zeigt, dass der Bergbau am Gonzen z. T. infolge der komplizierten Lagerung des Flözes, die kostspielige Vorrichtungsarbeiten nötig machen, z. T. wegen der Härte des Gesteins mit bedeutenden Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Der Abbau des im Mittel 1,5 m mächtigen Lagers geschieht mit Drucklufthämmern, die auf Spannsäulen montiert sind. Das harte Gestein bedingt nicht nur die Kühlung der Hohlbohrer aus Spezialstahl mit Druckwasser, sondern auch einen verhältnismässig grossen Sprengstoffverbrauch. Die Leistung pro Mann und Schicht unter und über Tag konnte in letzter Zeit auf fast 2 Tonnen ge-

¹¹⁾ M. von Anacker: Das Ende der Eisenerzeugung im Jura. Schweiz. Bauztg. 26. Okt. 1935.

¹²⁾ Das Eisenbergwerk am Gonzen. Schweiz. Bauztg. 30. Okt. 1937.

steigert werden. Gegenwärtig sind im Bergwerk über 165 Arbeiter und 6 Beamte beschäftigt. Das Erz wird auf der Basis von 50 % Eisen verkauft, erreicht aber im Mittel etwa 55 % Fe.

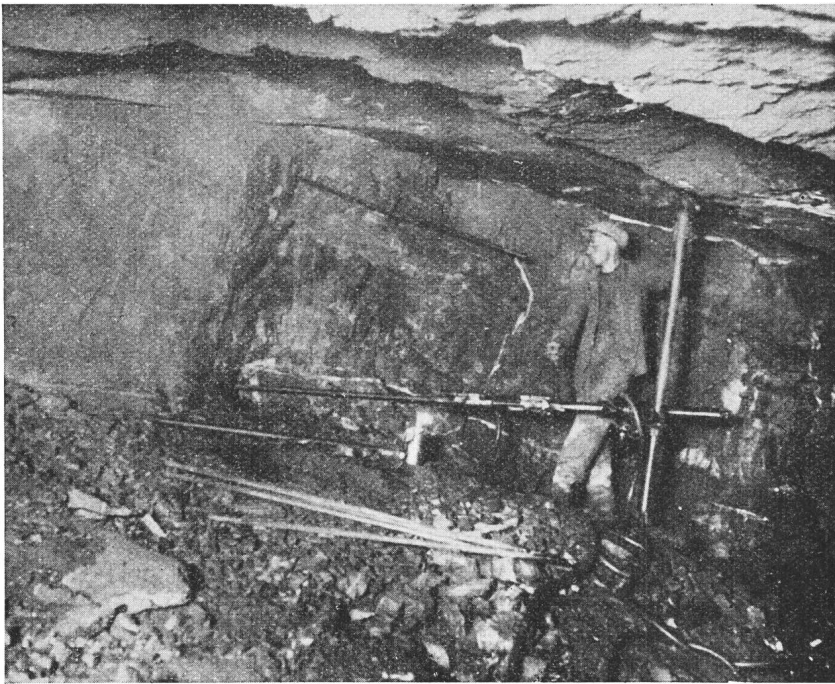


Fig. 15.
Gonzenbergwerk: Bohrmaschine im Erzabbau.

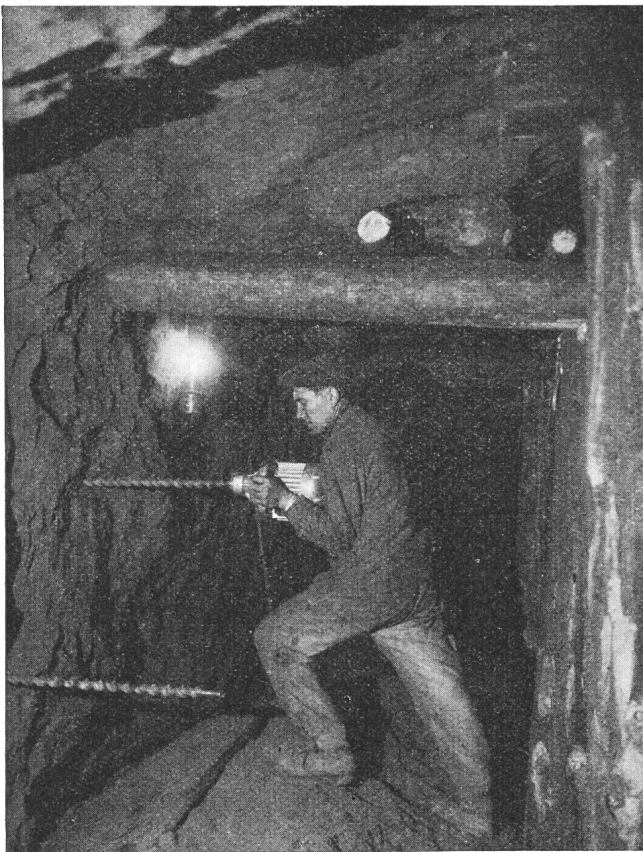


Fig. 16.
Bergwerk Herznach: Elektrische Bohrmaschine im Abbau.

c) Der Bergbau im Fricktal.

Im Fricktal liegen die bergbaulichen Verhältnisse bedeutend einfacher¹³⁾. Im östlichen Lager- teil bei Herznach, in dem gegenwärtig Bergbau ge- trieben wird, ist ein beinahe hori- zontal gelagertes Flöz von etwas über 3 m Mächtigkeit vorhanden. Das Erz selbst ist weich; es kann mit elektrischen Bohrmaschinen gebohrt werden. Pro Minute wird eine Bohrlochtiefe von 1 m er- reicht. Dadurch lässt sich der Energiebedarf ganz bedeutend vermindern. Die Verwendung von elektrischen Bohrmaschinen hat den weitem Vorteil, dass kein Bohrstaub entsteht, wodurch die Sylikosegefahr vollständig ausge- schaltet wird und die Arbeitsstel- len nur unmittelbar nach dem Abschuss ventiliert werden müssen. Zudem bildet die Cordatenschicht im Hangenden des Flözes ein standfestes Dach, so dass die Streck- ken und Aufhau nicht eingebaut werden müssen. Wenn man dazu noch berücksichtigt, dass die Gru- be bis heute vollständig trocken ist, so darf man die Abbaubedin- gungen als ausserordentlich gün- stig bezeichnen.

Nachdem die im November 1935 begonnenen Erschliessungsarbeiten sowie der Probeabbau im Frühling 1937 zum Abschluss gekommen waren, entschloss sich die Studiengesellschaft, den Berg-

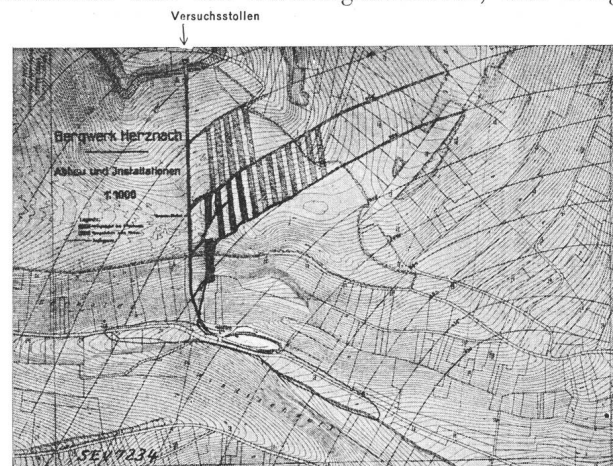


Fig. 17.
Bergwerk Herznach: Abbau- und Installations-Plan.
■ Abgebaut bis 1. Februar 1938.
▨ Zum Abbau vorgesehen.
/ Isohypsen. Aequidistanz 5 m.
Der Abbau erfolgt zwischen den Isohypsen 460—465—470 m ü. M.

bau provisorisch in die Wege zu leiten. Zu diesem Zwecke wurden vom Versuchsstollen aus eine Ladestrecke und eine Kopfstrecke

¹³⁾ H. Fehlmann: Die Eisenerzlagerstätten der Schweiz mit besonderer Berücksichtigung der Lagerstätte im Fricktal. H. R. Sauerländer & Co., Aarau 1937.

streichend vorgetrieben, die im Fallen 70 m voneinander entfernt sind. Von der Ladestrecke aus werden in regelmässigen Abständen Aufhau von 4 m Breite aufgefahren und nach dem Durchschlag um weitere 4 m verbreitert. Dadurch entstehen Abbaue von 8 m Breite. Nach jedem Abbau wird ein Sicherheitspfeiler von 8 m Breite stehen gelassen, um vorläufig alle Bergschäden zu vermeiden. Wenn dieser Pfeilerbau am Ausgehenden des Lagers angelangt ist, werden die Sicherheitspfeiler im Rückbau hereingewonnen. Auf diese Weise können alle Abbauverluste vermieden werden. Für den spätern definitiven Bergbau ist Wanderpfeilerbau in Aussicht genommen. — Das Flöz selbst wird in einer Mächtigkeit von 2,5 ... 2,8 m abgebaut. Der mittlere Eisengehalt des gefördertten Erzes beträgt 30 %.

In den Aufhauen und Abbauen, die eine Steigung von 2 ... 3° aufweisen, wird das Erz mit Hilfe von kleinen Bremsbergen gefördert. In den Strecken geschieht die Förderung mit Lokomotiven.

Die Installationen über Tag bestehen aus einer Transformatorenstation, einer Ventilationsanlage, einer kleinen Reparaturwerkstätte mit Lagerraum

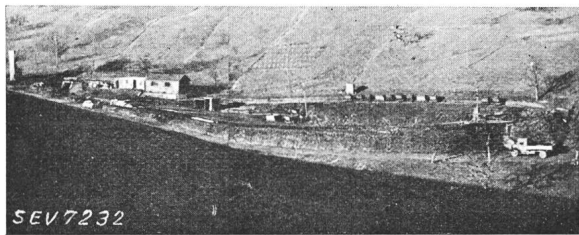


Fig. 18.
Bergwerk Herznach.
Installationen über Tag und Verladerampe.

und einem Bureaugebäude mit Mannschaftsraum, der Wasch- und Duschereinrichtung enthält. Die Kompressorenanlage ist seit der Einführung der elektrischen Bohrmaschinen nicht mehr in Betrieb. — Der Anschlusswert aller Maschinen, die heute in Betrieb sind, erreicht kaum 12 kW. Die Erze werden in Lastwagen nach der Station Frick gebracht und dort in Bahnwagen verladen. Von Frick geht täglich ein Erz-Zug nach dem Rheinhafen Basel.

Mit diesen primitiven Einrichtungen und einer Arbeiterzahl von 35 ... 40 Mann werden täglich 200 ... 250 Tonnen Erz gefördert. Die Leistung pro Mann und Schicht unter und über Tag beträgt heute mehr als 7 Tonnen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass alle Bergleute, mit Ausnahme von zwei Steigern, die früher als Auslandschweizer im Ruhrgebiet tätig waren, aus den umliegenden Dörfern stammen und ihren neuen Beruf erst seit kurzer Zeit ausüben.

Die Abbauprobe haben bewiesen, dass sich das Erz sehr gut schrämen lässt. Durch die Anschaffung von Schrämmaschinen und Förderbändern liesse sich die Leistung ganz bedeutend steigern. Dagegen müssten in diesem Falle eine Anzahl Bergleute entlassen werden. Solange die Ar-

beitslosigkeit in der Schweiz und ganz besonders im Fricktal noch andauert, ist es in volkswirtschaftlicher Beziehung jedenfalls richtiger, möglichst viele Arbeiter zu beschäftigen, als bedeutende Kapitalien für die Anschaffung von kostspieligen Maschinen zu investieren.

3. Die Bedeutung des Eisenerzbergbaues.

Die wirtschaftliche Bedeutung des schweizerischen Eisenerzbergbaus war bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts nicht zu unterschätzen. Es muss berücksichtigt werden, dass bis zu dieser Zeit fast alle Lagerstätten, wenn auch mit Unterbrechungen, ausgebeutet wurden. Nachrichten über die Zahl der beschäftigten Bergleute sind spärlich. Einen guten Einblick in die Verhältnisse gewährt die Mitteilung eines Chronisten aus dem 16. Jahrhundert, nach der sich aus der Gewinnung der Fricktaler Erze allein etwa 400 Menschen zu ernähren vermochten.

Der heutige Eisenerzbergbau beschäftigt über 200 Angestellte und Arbeiter. Das ist keine überwältigende Zahl. Für die Arbeitsbeschaffung der betreffenden Gegenden spielen aber die beiden Bergwerke immerhin eine gewisse Rolle. Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Erzbergbaues springt mehr in die Augen, wenn man den Exportwert der Erze in Basel zum Vergleich heranzieht. Dieser beträgt heute pro Jahr gegen 3 Millionen Franken und kommt ausschliesslich der schweizerischen Wirtschaft zugut.

Grösser als die wirtschaftliche Bedeutung des schweizerischen Erzbergbaues ist der Kompensationswert der gewonnenen Erze. Anfänglich wurde dafür Rüstungsmaterial und Roheisen eingeführt. Heute ist die schweizerische Nachfrage nach Roheisen nicht mehr so gross wie vor einem halben Jahr, so dass die Kompensierung des Exportes gelegentlich mit Schwierigkeiten verbunden ist. Trotzdem ist es zweifellos, dass den schweizerischen Eisenerzen im Falle eines Krieges ein bedeutender Kompensationswert zukommen würde. *Unter den gegenwärtigen politischen Verhältnissen bedeutet der Besitz von Rohstoffen für die Schweiz grössere wirtschaftliche Unabhängigkeit und Freiheit.* Von diesem Gesichtspunkt aus muss auch die Entdeckung und Erschliessung des bedeutenden Erzvorrates im Fricktal gewertet werden.

Um eine Lagerstätte, auch wenn sie abbauwürdig ist, für den Bergbau vorzurichten, braucht es Zeit. Das beweist am besten das Bergwerk am Gonzen, das erst im Jahre 1920 in Betrieb kam, trotzdem die Vorarbeiten schon während des Krieges in Angriff genommen wurden. Mit dem Bergbau im Fricktal, der sich ohne Subventionen selbst erhält, hat die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten den Beweis erbracht, dass die Lagerstätte abbauwürdig ist. Die Weiterführung der Bergbauarbeiten verfolgt zudem den Zweck, das Bergwerk so vorzurichten, dass im Notfall jederzeit die erforderliche Erzmenge gefördert werden kann. Um diese Bereitschaft sicherzustellen, muss der Bergbau weiterge-

führt werden. Eingestellte Bergwerke verfallen in kurzer Zeit und können erst nach umfassenden Vorarbeiten wieder in Betrieb genommen werden.

Die beste Nutzung der Erze besteht ohne Zweifel in ihrer Verhüttung. Solange Mittel und Wege noch nicht gefunden sind, um die schweizerischen Erze im Inland zu verarbeiten, müssen sie im Interesse der Erhaltung des Bergbaus und im Interesse der Arbeitsbeschaffung ausgeführt werden. Selbstverständlich kommt der Export nur so lange in Frage, als ein genügender Erzvorrat vorhanden ist.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, dass der heute in der Schweiz bestehende Eisenerzbergbau den Anspruch erheben darf, schon für sich allein von grosser volkswirtschaftlicher und kriegswirtschaftlicher Bedeutung zu sein.

III. Die Verhüttung der schweizerischen Eisenerze.

1. Technische Entwicklung und erste Versuche.

Die Ausbeutung der Erze war in frühern Zeiten viel enger mit der Verhüttung verknüpft als heute.

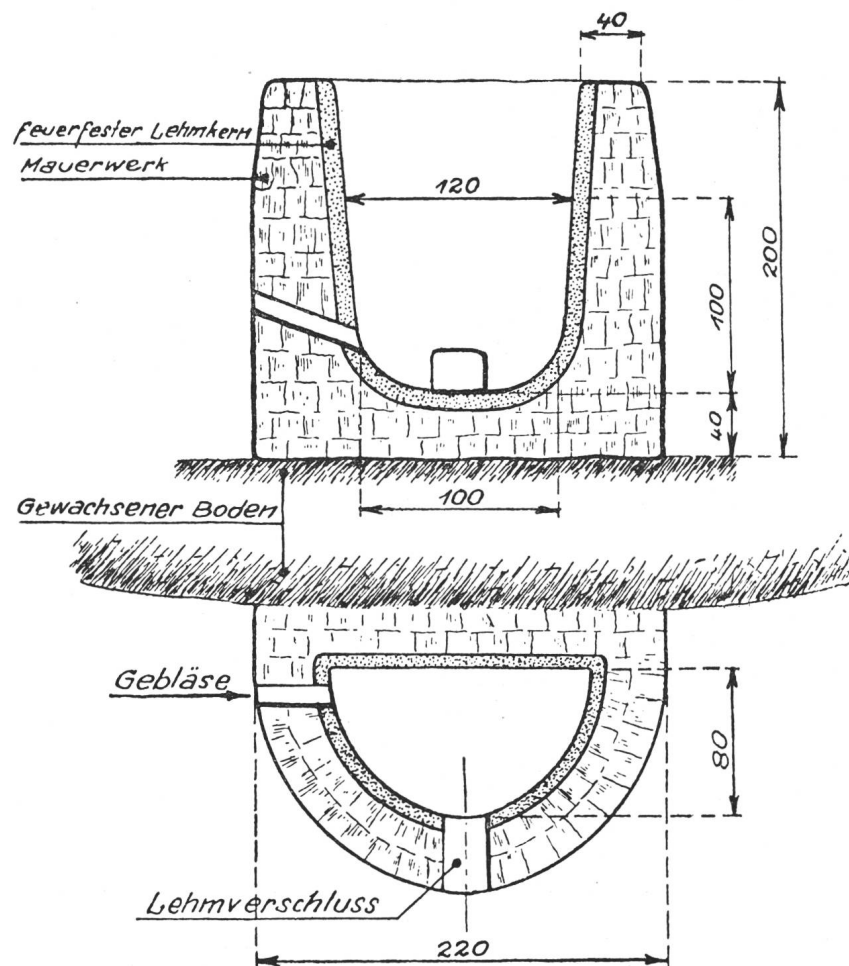


Fig. 19.
Rennherd von Arosa. (Lit. 1, Seite 51.)

Ohne Verhüttung in der Nähe des Bergwerkes war an den Abbau der Erze gar nicht zu denken¹⁴⁾. Deswegen wurde das Bergrecht im Mittelalter in der Regel mit «Holz und Wasser» verliehen, mit

¹⁴⁾ Lit. 1.

anderen Worten: es war mit diesem die Nutzung des Waldes für die Herstellung der Holzkohlen und die Ausbeutung der Wasserkräfte für den Antrieb der Hammer- und Pochwerke verbunden.

Die Technik der Eisenerzverhüttung beruhte von der vorgeschichtlichen Zeit bis zum Ausgang des Mittelalters auf dem Rennherd. Die Entwicklung während dieser langen Zeitdauer ist nur an den grösseren Abmessungen und der bessern Bauart der Ofen zu erkennen. Als Brennmaterial kam ausschliesslich Holzkohle zur Verwendung. Die Beschickung mit Erz und Kohlen geschah durch den offenen Schacht. Nachdem der Ofen eine Zeitlang gebrannt hatte, tropfte das Eisen nach und nach auf den Herd und bildete hier einen Klumpen, die sogenannte Luppe, die schmiedbar war. Diese wurde nachher im Hammerwerk von den Schlacken befreit und weiter verarbeitet. Da die Temperatur der Rennherde verhältnismässig niedrig war, blieben Schwefel und Phosphor fast vollständig in der Schlacke. Diese enthielt auch noch einen grossen Teil des Eisens. Neben dem ungünstigen Eisenausbringen war auch der Kohlenverbrauch der Rennherde ausserordentlich gross.

Die erste bedeutende Entwicklung der Hüttentechnik brachte der Holzkohlen-Hochofen. Er wurde in der Schweiz erst am Anfang des 16. Jahrhunderts eingeführt. In diesem Hochofen wurde nicht mehr eine schmiedbare Luppe, sondern Roheisen erzeugt, das vor der Weiterverarbeitung gefrischt werden musste. Trotz seiner grösseren Leistungsfähigkeit und dem gleichmässigeren Produkt setzte sich der Hochofen nur langsam durch. Für schwefel- und phosphorhaltige Erze war er nicht geeignet, weil diese Elemente infolge der höheren Schmelztemperatur des Ofens in das Roheisen übergingen und dieses brüchig machten. Das ist auch die eigentliche Ursache, warum der Bergbau im Fricktal in der Mitte des 18. Jahrhunderts vollständig einging. Obwohl die Rennherde nach und nach verschwanden, wurden in abgelegenen Alpentälern da und dort Eisenerze noch bis ins 19. Jahrhundert nach dem Rennherdverfahren verhüttet.

Wegen Mangel an geeigneten Kohlen blieb die Schweiz in der Steinkohlentechnik weit hinter den andern Industriestaaten zurück. Erst im Jahre 1873 wurde am Gonzen ein Koksofen in Betrieb genommen, der aber schon 5 Jahre später wegen ungenügender Wirtschaftlichkeit wieder ausgeblasen werden musste. Etwas günstiger lagen die Verhältnisse

in Choindez. Dort kam im Jahre 1877 ein Koks-hochofen in Betrieb, der eine Jahresproduktion von 4200 Tonnen Roheisen aufwies. Im Jahre 1910 wurde dieser Hochofen abgebrochen und durch einen grössern mit einer Jahresleistung von 22 000 Tonnen ersetzt. Während des Krieges (1918) musste er jedoch aus Mangel an Koks stillgelegt werden. Er wurde fünf Jahre später abgebrochen. Im Jahre 1928 kam in Choindez ein neuer Hochofen in Betrieb, der bezüglich Abmessungen und Leistungsfähigkeit dem frühern genau entsprach. Der Möller dieses Hochofens bestand aus 20...30 % Bohnerzen, 30...40 % Gonzenerzen, Pyritasche und Schweißschlacken, 20...30 % Alteisen und 10...

genommen war, erwarben die Interessenten die elektrochemischen Werke «Laufen» in Laufenburg, mit der Absicht, die Fricktaler und andere schweizerische Eisenerze im elektrischen Ofen zu verhütten. Gegen alle Erwartungen wies der Nationalrat den Antrag des Bundesrates im Februar 1921 zurück¹⁵). Dadurch fehlten der Verhüttungsgesellschaft, die sich in der Zwischenzeit endgültig konstituiert hatte, die nötigen Mittel zur Durchführung des Bergbau- und Verhüttungsprogrammes. An Stelle der Roheisenerzeugung aus Erzen wurde vorübergehend die Produktion von synthetischem Roheisen und Ferrolegierungen aufgenommen. Der Energielieferungsvertrag, wegen dem das Werk sei-

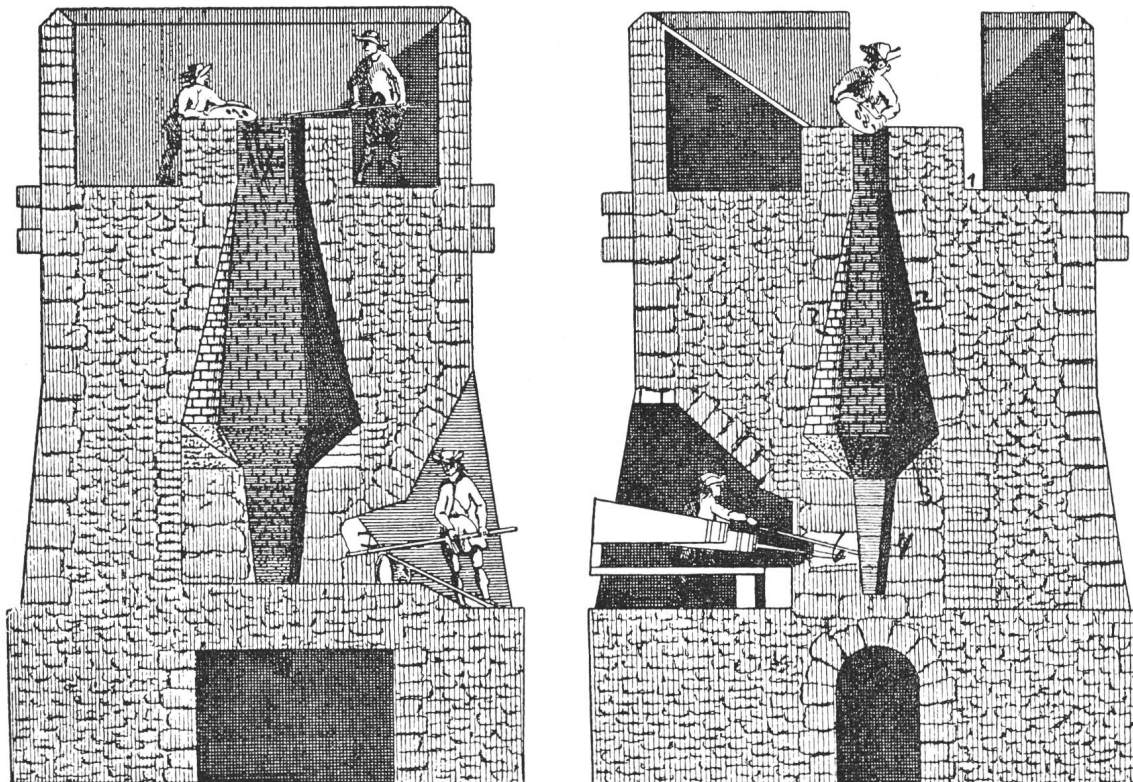


Fig. 20.
Holzkohle-Hochofen.

20 % Kalk. Damit wurde ein Gusseisen erzeugt, das für die Röhrenfabrikation Verwendung fand. Infolge der ausserordentlich niedrigen Preise, zu denen das ausländische Roheisen von 1930 bis 1936 in die Schweiz geliefert wurde, beschlossen die von Roll'schen Eisenwerke im Jahre 1935, auch diesen Hochofen stillzulegen. Die Schweiz besitzt infolgedessen heute keinen betriebsfähigen Hochofen mehr.

Nach der Erschürfung der Eisenerzlagerstätte im Fricktal wurde im Jahre 1920, noch unter dem Eindruck des Weltkrieges, die Gründung einer Verhüttungsgesellschaft für Eisenerze mit einem Kapital von 4 Millionen Franken ins Auge gefasst. Die Anregung zu dieser Gründung ging von den grossen Firmen der schweizerischen Eisen- und Maschinenindustrie aus. Nachdem der Bundesrat und die aargauische Regierung eine Beteiligung von zusammen 1,5 Millionen Franken zugesagt hatten, und der Beschluss durch den Ständerat schon an-

nerzeit erworben wurde, bildete in der Folge die Quelle grosser Verluste, die sich auf verschiedene Millionen bezifferten und die allein durch die Gründerfirmen getragen werden mussten. So endete der erste, auf private Initiative hin unternommene Versuch, die schweizerischen Eisenerze im elektrischen Ofen zu verhütten, mit einem schmerzlichen Misserfolg.

2. Problemstellung und heutiger Stand der Verhüttungsfrage.

Wie unter dem Eindruck des Weltkrieges im Jahre 1920 stellt sich unter den heutigen politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen wieder die Frage, wie die schweizerischen Eisenerze am besten zum Wohl des Landes verwertet werden

¹⁵) Die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagertstätten, Aarau 1921. Erwiderung zu den Ausführungen der Herren Nationalräte Couchepin, Gelpke und Rothpletz in der Nationalratssitzung vom 17. Februar 1921.

sollen. Diese Frage muss von volkswirtschaftlichen, von wehrwirtschaftlichen und von technischen Gesichtspunkten aus betrachtet werden. Es ist zweifellos, dass die rohstoffarme Schweiz, deren ganze Industrie auf die Erzeugung hochwertiger Produkte eingestellt ist, versuchen muss, ihre Eisenerze zu verhütten.

Vom volkswirtschaftlichen Gesichtspunkt aus spielen nicht nur die Erzeugungskosten des Eisens und seine Absatzmöglichkeit eine Rolle, sondern auch die Frage, inwiefern durch die einheimische Eisenerzeugung Handelsbeziehungen mit andern

Es sind in letzter Zeit verschiedene neue Verhüttungsverfahren aufgetaucht¹⁶⁾. Wir müssen uns deswegen die Frage überlegen, ob sich eines derselben für die schweizerischen Verhältnisse eignet. Das *Krupp-Rennverfahren*, mit dem Luppen erzeugt werden, deren weitere Verarbeitung im Stahlofen erfolgt, habe ich schon berührt. Dieses Verfahren benötigt allein für die Herstellung der Luppen eine wesentlich grössere Kohlenmenge als der Elektroofen für das Roheisen. Ausserdem kann mit dem Krupp-Rennverfahren kein Roheisen hergestellt werden.

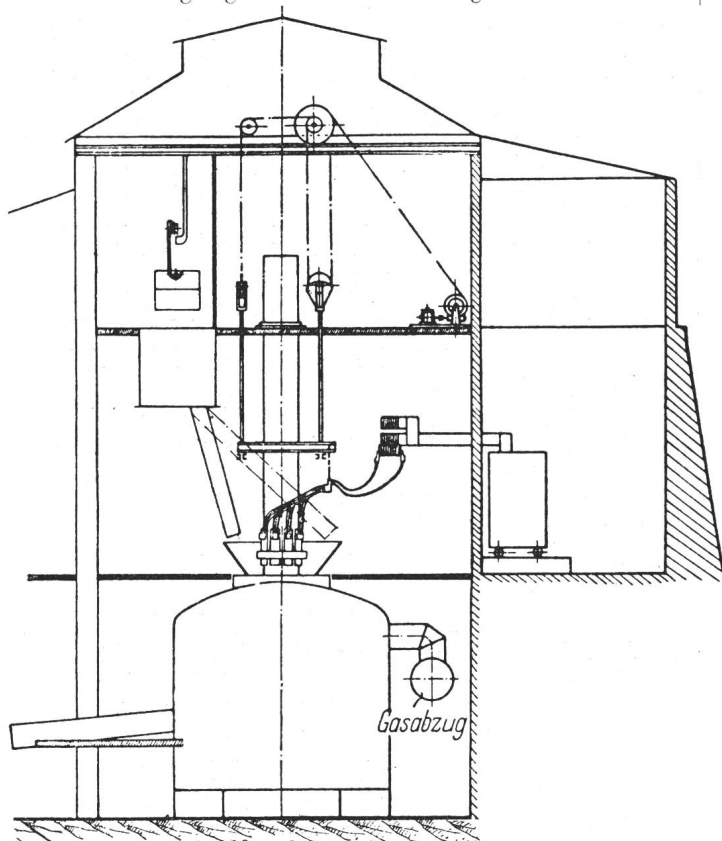
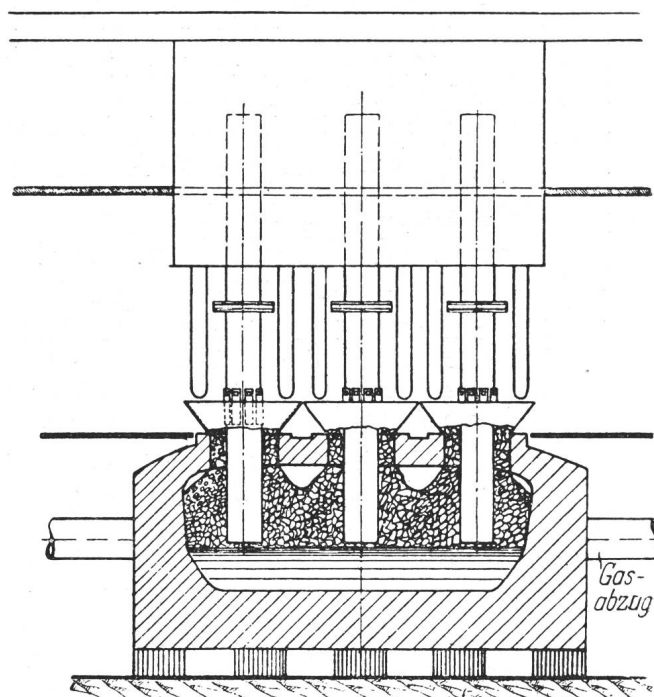


Fig. 21.

Schema des Tysland-Hole-Ofens.



Ländern berührt werden. Für die Wehrwirtschaft sind die rein wirtschaftlichen Belange weniger wichtig, da die Beschaffung der erforderlichen Eisenmenge in Notzeiten von ausserordentlicher Bedeutung sein kann. Technische Gesichtspunkte endlich sind massgebend für die Lösung der Frage, was aus den schweizerischen Eisenerzen erzeugt werden kann und welche Verfahren sich unter Berücksichtigung unserer besonderen Verhältnisse dafür am besten eignen.

Es liegt nahe, zur Verwertung der schweizerischen Eisenerze vorläufig nur die Erstellung eines Roheisenwerkes ins Auge zu fassen.

Roheisen wird in beträchtlicher Menge in den schweizerischen Giessereien verwendet und bildet das Ausgangsprodukt für die Herstellung von Stahl. Die Erzeugung von Roheisen im elektrischen Ofen ist zudem ein verhältnismässig einfacher Prozess und benötigt bedeutend weniger Kapital als die Erstellung einer Hochofenanlage.

Mit dem *Basset-Verfahren* wird gleichzeitig Roh-eisen und Portlandzement erzeugt. Die Hüttenleute hegen gegenüber diesem Verfahren ein gewisses Misstrauen, weil nach alter Erfahrung nicht gleichzeitig gutes Roheisen und guter Zement hergestellt werden kann. Das Basset-Verfahren ist, abgesehen von seinen technischen Schwierigkeiten, die noch nicht vollständig überwunden sind, den Gegenbeweis bis heute schuldig geblieben. Verschiedene andere, weniger bekannte Verhüttungsverfahren befinden sich heute noch im Versuchsstadium. Für die Schweiz kann nur die Anwendung eines Verfahrens in Betracht kommen, das sich in der Praxis bewährt hat. Es fehlen uns die Mittel und zum Teil auch die Erfahrungen und die nötigen Einrichtungen, um eingehende Versuche mit neuen Verfahren durchzuführen.

¹⁶⁾ R. Durrer: Ueber das Problem der Eisengewinnung in der Schweiz. Schweiz. Bauztg. 17. Juli 1937.

Eine Verhüttung der schweizerischen Eisenerze drängt sich heute insbesondere für den Fall auf, dass aus dem Ausland nicht mehr genügend Eisen eingeführt werden kann. Tritt dieser Fall ein, so wird es auch ausserordentlich schwer sein, den nötigen Koks zu beschaffen. Es ist daran zu erinnern, dass der Hochofen von Choindéz im Jahre 1918 ausschliesslich wegen Koksmangel stillgelegt werden musste. Für die Erschmelzung einer Tonne Roheisen im Kokshochofen sind je nach dem Eisengehalt der Erze etwa 1000 kg Hüttenkoks nötig. Im Elektroofen kann dagegen die gleiche Roheisenmenge mit 400...450 kg Koks erzeugt werden. Die elektrische Verhüttung erfordert infolgedessen ein Mindestmass an ausländischen Rohstoffen.

Aus diesen Gründen kommt heute für die Schweiz nur die *Verhüttung im elektrischen Ofen* in Betracht. Diese Verhüttungsart wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Schweden entwickelt. Der erste Elektroofen war dem Hochofen nachgebildet und wurde auch als Elektrohochofen oder nach dem Erbauer als Grönwall-Ofen bezeichnet. Mit Grönwall-Ofen können jährlich in Skandinavien noch etwa 100 000 Tonnen Roheisen erzeugt werden. In neuerer Zeit wird der Grönwall-Ofen immer mehr durch den *Oslo-Ofen* oder *Spigerverk-Ofen* System *Tysland-Hole* verdrängt. Es ist dies ein gedeckter Niederschachtofen. Da mit diesem die Ofengase zurückgewonnen werden können, ist er heute der wirtschaftlich am besten arbeitende Elektroofen.

Im offenen Niederschachtofen, wie er für die Erzeugung von Karbid und Ferrolegierungen verwendet wird, können die Eisenerze ebenfalls verhüttet werden. Er ist betriebssicher, hat aber gegenüber dem Oslo-Ofen den Nachteil beträchtlicher

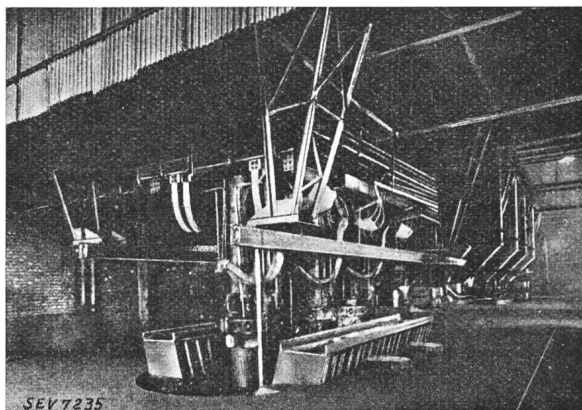


Fig. 22.
Geschlossener Dreiphasenofen
für Roheisen, System Tysland-Hole, 7200 kVA.

Wärmeverluste. Es bestehen in der Schweiz eine ganze Anzahl solcher Ofen, die gegebenenfalls auf die Erzeugung von Roheisen umgestellt werden könnten. Ueber das Verhalten der Schweizer Erze, insbesondere der armen Fricktaler Erze im Niederschachtofen, waren bis vor kurzem keine genügenden Erfahrungen vorhanden.

3. Die Verhüttungsversuche im Werk Burgholz und ihre Ergebnisse.

Die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerrstätten hat statuten-gemäss nicht nur die Abbauwürdigkeit der Lagerstätten, sondern auch die Verhüttung der Eisenerze zu untersuchen. Nachdem schon in den Jahren 1920/1921 in Bex und Aarau kleinere Versuche im Elektroofen gemacht wurden, deren Ergebnisse aber nicht befriedigten, entschloss sich die Studiengesellschaft zur Durchführung von Grossversuchen mit Gonzen- und Fricktaler Erzen. Sie stellte zu diesem Zwecke im Sommer des letzten Jahres an das Eidg. Volkswirtschaftsdepartement ein Gesuch, diese Versuche zu subventionieren. In Anbetracht ihrer grossen volkswirtschaftlichen und kriegswirtschaftlichen Bedeutung entschloss sich das Volkswirtschaftsdepartement, im Einvernehmen mit dem Militärdepartement, der Studiengesellschaft für diesen Zweck einen namhaften Betrag zur Verfügung zu stellen, unter der Bedingung, dass der Rest durch die interessierten Kreise aufgebracht werde.

Die Untersuchungen beschränkten sich aus den früher erwähnten Gründen vorläufig auf den elektrischen Niederschachtofen. Sie sollen später eventuell auf andere Verfahren ausgedehnt werden. Da die Verhandlungen mit der Elektrokemisk in Oslo über die Durchführung von Verhüttungsversuchen im Spigerverk-Ofen nicht zum Ziele führten und die Aufstellung eines Versuchsofens dieser Bauart in der Schweiz viel zu grosse Mittel erfordert hätte, mussten die Versuche in einem bestehenden offenen Niederschachtofen durchgeführt werden. Es zeigte sich, dass sich dafür das Werk Burgholz der Berner Elektrochemischen Werke A.-G. am besten eignete. Es liegt für den Bezug von Erzen und Kohlen frachtgünstiger als alle übrigen schweizerischen Werke und besitzt Ofen von 3000 kW, in denen sich die Versuche in einwandfreier Weise durchführen liessen. Die Berner Elektrochemischen Werke stellten der Studiengesellschaft einen dieser Ofen sowie das nötige Betriebspersonal zur Verfügung und berechneten in zuvorkommender Weise dafür nur ihre eigenen Selbstkosten.

An der Finanzierung der Verhüttungsversuche beteiligten sich ausser dem Eidg. Volkswirtschaftsdepartement die folgenden Firmen:

Gesellschaft der Ludw. von Roll'schen Eisenwerke, Gerlafingen,
Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur,
A.-G. der Eisen- und Stahlwerke, vormals Georg Fischer, Schaffhausen,
A.-G. der von Moos'schen Eisenwerke, Luzern,
A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.

Unter der Führung des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes stellten eine Anzahl Kraftwerke, nämlich:

die Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität, Olten,
» Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern,
» A.-G. Bündner Kraftwerke, Klosters,
» Centralschweizerischen Kraftwerke, Luzern,
» Nordostschweizerischen Kraftwerke A.-G., Baden,

die für die Verhüttungsversuche nötige Energie im Umfange von beinahe 3 Millionen kWh kostenlos zur Verfügung.

Die Versuchsleitung lag in den Händen der Herren Dr. Früh, Dr. Schaffner und Dir. Gschwind und wurde durch eine von der Studiengesellschaft ernannte Verhüttungskommission, der die hervorragendsten schweizerischen Fachleute auf dem Gebiete der Eisenmetallurgie angehörten, überwacht¹⁷⁾.

Die Verhüttungsversuche selber begannen am 26. August 1937 und dauerten bis zum 15. Oktober 1937. Es wurden im ganzen über 900 Tonnen Gonzen-Erze und über 1300 Tonnen Fricktaler Erze verhüttet und daraus etwa 860 Tonnen Roheisen erzeugt. Da man anfänglich befürchtete, dass die rohen Fricktaler Erze infolge ihrer geringen Festigkeit und ihrer grossen Schlackenmenge die Ofenführung gefährden könnten, wurde ein grosser Teil dieser Erze in Choindéz gesintert. Die Verhüttungsversuche wurden mit Gonzen-Erz begonnen. Dann setzte man dem Möller 50 % Fricktaler Sinter zu und ging später auf 100 % Sinter über. Nachher wurden 50 % rohes Fricktaler Erz zugegeben und zuletzt mit einem Möller von 100 % rohem Fricktaler Erz gearbeitet. Bezüglich der Brennstoffe erstreckten sich die Versuche auf Gaskoks verschiedener Körnungen, Koksgrüss und Walliser Anthrazit.

Aus dem Versuchsbericht, der vor einiger Zeit dem Schweizerischen Volkswirtschaftsdepartement erstattet wurde, dürfen die folgenden Ergebnisse bekanntgegeben werden:

a) *Es ist möglich, im offenen Niederschachtofen aus schweizerischen Erzen Roheisen herzustellen,*

Aus Gonzen-erz allein kann ein Roheisen erschmolzen werden, das etwa an der Grenze von Hämatit-Roheisen liegt. Fricktaler-erz ergibt ein Roheisen mit ungefähr 1,5 % Phosphor, das die Eigenschaften von Luxemburger Roheisen III aufweist. Mit einer Mischung beider Erze kann Giesserei-Roheisen I erzeugt werden.

b) *Als Reduktionsmittel lässt sich an Stelle von Hüttenkoks Gaskoks verwenden. Für die Verhüttung der Gonzen- und Fricktaler-erze kann dieser teilweise durch Koksgrüss und Walliser Anthrazit ersetzt werden.*

c) *Eine Aufbereitung oder Stückigmachung der Fricktaler-erze ist für die Verhüttung im elektrischen Ofen nicht nötig.*

Die Verhüttungsversuche im Werk Burgholz haben nicht nur die technischen Probleme der Roheisenerzeugung aus Fricktaler und Gonzen-Erzen gelöst, sondern auch genügende Anhaltspunkte ergeben, um die Wirtschaftlichkeit eines schweizerischen Roheisenwerkes beurteilen zu können.

4. Der Roheisenverbrauch und seine heutige Deckung.

Die gesamte Einfuhr aller Eisen- und Stahlsorten bewegte sich in den letzten 10 Jahren zwischen 365 000 Tonnen und 556 000 Tonnen. Im Jahre 1937 betrug sie 536 420 Tonnen. Davon fielen etwa 74 000 Tonnen auf Roheisen (Pos. 710a). Da seit dem Jahre 1935 der Hochofen von Choindéz nicht mehr in Betrieb ist, muss gegenwärtig unser ganzer Roheisenbedarf durch das Ausland gedeckt werden. Ueber die Bezüge, die Erzeugungsländer und den Wert des eingeführten Roheisens während der letzten 5 Jahre orientiert Tabelle IV.

Roheiseneinfuhr in die Schweiz.

Tabelle IV.

Erzeugungsländ	1933	1934	1935	1936	1937
Frankreich t Fr.	33 809 1 747 300	36 868 1 869 985	27 230 1 294 081	29 230 1 612 353	38 941 = 52,6 % 4 357 232
Deutschland t Fr.	13 714 847 600	12 674 841 601	11 837 746 629	13 396 861 400	14 533 = 19,6 % 1 932 743
Holland t Fr.	9 022 483 600	11 685 628 193	10 619 553 522	9 427 519 289	10 102 = 13,7 % 1 216 934
Grossbritannien t Fr.	1 472 112 400	1 880 146 795	1 952 159 420	1 590 149 902	3 855 = 5,2 % 632 064
Uebrigeländer t Fr.	1 414 142 500	1 637 155 878	2 480 252 971	2 916 273 818	6 539 = 8,9 % 1 131 466
Total t Fr.	59 431 3 333 400	64 744 3 642 452	54 118 3 006 623	57 279 3 416 762	73 970 = 100 % 9 270 439

das bei länger andauerndem Ofenbetrieb aller Voraussicht nach die erforderliche Regelmässigkeit der Zusammensetzung besitzt.

¹⁷⁾ Präsident dieser Kommission ist Prof. Dr. Robert Durrer, Direktor des Eisenhüttenmännischen Instituts der T.H. Charlottenburg, der langjährige Berater der Studiengesellschaft in allen Hüttenfragen.

Nachforschungen, die bei den Roheisen-Importeuren durchgeführt wurden, haben ergeben, dass ungefähr 50 % des eingeführten Roheisens auf Hämatit, 25 ... 30 % auf Lux. III- und Giessereiroheisen und 20 ... 25 % auf Spezialroheisen entfallen.

Hämatit ist ein Roheisen, dessen Höchstgehalt an P 0,1 % nicht übersteigen darf. Giessereiroh-

eisen I hat einen P-Gehalt von 0,1...1,2 % und Luxemburger III einen solchen von 1,5...1,8 %. Unter Spezialroheisen fallen Mangan-, Vanadium- und Titaneisen, Frodaire, Holzkohlenroheisen, Silbereisen, Temperroheisen etc.

Der Roheisenbedarf ist in den letzten Jahren immer mehr zurückgegangen, und zwar infolge der Konkurrenz der Leichtmetalle und sonstigen Nichteisenmetalle, sowie des Stahlgusses. Es kann angenommen werden, dass der zukünftige ungefähre Jahresbedarf 30 000 Tonnen Hämatit-Roheisen, 18 000 Tonnen Roheisen Luxemburg III und Gieserei-Roheisen, und 12 000 Tonnen Spezialroheisen beträgt. Da aus Gonzen-Erzen ein Roheisen von etwa 0,1 % Phosphor erzeugt werden kann, liegt es an der Grenze der Hämatit-Qualität. Für Spezialzwecke müssen phosphorärmere Qualitäten verwendet werden, wodurch sich der Absatz an Hämatit-Roheisen aus Gonzen-Erzen um etwa 5000 Tonnen jährlich vermindern dürfte.

Es kann nach diesen Feststellungen damit gerechnet werden, dass in Zukunft jährlich etwa 25 000 Tonnen ausländischer Hämatit durch Gonzen-Eisen und etwa 18 000 Tonnen Luxemburger und Giesserei-Roheisen durch Fricktaler Eisen ersetzt werden können.

Ob die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse später dazu führen werden, das Roheisen weiter zu verarbeiten, kann heute nicht vorausgesehen werden. Jedenfalls kommen für die Erstellung eines Stahlwerkes nur die in genügender Menge vorhandenen Fricktaler Erze in Betracht. Der Vorrat an Gonzen-Erzen sollte dagegen für die Erzeugung von Hämatitroheisen reserviert werden.

5. Die Bedeutung der Roheisenerzeugung für die Kriegswirtschaft¹⁸⁾.

Unter den heutigen politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen muss die Frage der Errichtung eines Roheisenwerkes zuerst vom Gesichtspunkte der Kriegswirtschaft aus betrachtet werden. Wir sind uns in der Schweiz darüber vollständig klar, dass wir nicht in der Lage sind, unsere Wirtschaft autarkisch zu führen. Auf der einen Seite fehlen uns dafür die Rohstoffe, ist doch die Schweiz eines der rohstoffärmsten Länder von ganz Europa. Andererseits ist unsere Industrie auf den Export angewiesen und in besonders enger Weise mit der internationalen Wirtschaft verknüpft. Trotzdem muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass auch nicht autarkisch bewirtschaftete Länder, wie zum Beispiel England, durch Zollschutz und Einfuhrbeschränkungen seit dem Weltkrieg den Grund zur Entstehung von kriegswichtigen Industrien gelegt haben, die vorher nicht genügend entwickelt waren. In den letzten vier Jahren sind in diesem Lande über 2000 Fabriken entstanden, die teilweise nur im Kriegsfall in Betrieb genommen werden. England widmet der Verwertung armer Eisenerze

sein besonderes Interesse und hat zu diesem Zwecke das Eisen- und Stahlwerk von Corby errichtet und ausgebaut. In ähnlicher Weise ist in Holland nach dem Krieg das Hochofenwerk von Ymuiden entstanden, trotzdem Holland keine eigenen Erze besitzt. Diese Eisenwerke dienen in erster Linie der Verstärkung der wirtschaftlichen und militärischen Schlagkraft.

Die schweizerische Aussenpolitik verfolgt nichts anderes, als die Aufrechterhaltung der Neutralität. Der Weltkrieg hat gezeigt, dass diese Neutralität durch unsere Abhängigkeit vom Ausland im Bezug von Rohstoffen sehr stark gefährdet werden kann. Je unabhängiger von ausländischen Rohstoffen wir sind, um so geringer ist die Gefahr, in zukünftige Konflikte verwickelt zu werden. Die Verhüttung der schweizerischen Eisenerze ist deswegen nicht nur eine Frage der Wirtschaftlichkeit, sondern eine politische Notwendigkeit.

Die Erfahrung des Weltkrieges hat gezeigt, dass die Schweiz im Notfalle in der Lage ist, einen beträchtlichen Teil ihres Eisenbedarfes durch die Verarbeitung von Alteisen zu decken. So wurden zum Beispiel 1917 und 1918 (ohne Choindez) jährlich etwa 70 000 Tonnen Schweisseisen, Flusseisen, Elektroisen und synthetisches Roheisen aus Alteisen gewonnen. In einem zukünftigen Krieg kann die Eisen- und Stahlerzeugung aus Alteisen noch wesentlich gesteigert werden, wenn rechtzeitig die nötigen Massnahmen getroffen werden. Trotzdem kommt aber einem Roheisenwerk eine ganz besondere Bedeutung zu, weil es im Notfalle rasch erweitert und den Kern einer zukünftigen Hüttenindustrie bilden kann.

Als das Arbeitsprogramm für die Verhüttungsversuche aufgestellt wurde, glaubte man, dass die in der Schweiz vorhandenen Niederschachtöfen für die Roheisenerzeugung im Kriegsfall genügen würden. Die Verhüttungsversuche hatten daher ursprünglich den Zweck, die grundlegenden Erfahrungen zu sammeln, um die Niederschachtöfen im Notfall ohne Zeitverlust auf den Roheisenbetrieb umstellen zu können. Zu diesem Zwecke wurde eine Bestandsaufnahme der bestehenden elektrometallurgischen Werke gemacht, welche die folgenden Ergebnisse zeitigte:

a) Ein grosser Teil der vorhandenen Niederschachtöfen eignet sich infolge ihrer geringen elektrischen Leistung nicht für die Erzeugung von Roheisen mit genügender Konstanz der Zusammensetzung. Andere Oefen fallen für den Betrieb ausser Betracht, weil sie schon seit langen Jahren nicht mehr unterhalten werden.

b) Im Kriegsfall wird ein grosser Teil der betriebsfähigen Oefen für die Fabrikation von Karbid und Ferrolegierungen benötigt. Beide Produkte bilden wertvolle Kompensationsartikel, wurden doch während des Krieges 80...90 % der erzeugten Ferrolegierungen und der Karbidproduktion ausgeführt. Voraussichtlich wäre es daher nicht möglich, die für die Landesversorgung nötigen Oefen auf die Erzeugung von Roheisen umzustellen.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme zeigen, dass die bestehenden schweizerischen Niederschachtöfen den Erfordernissen, welche die Kriegswirtschaft an die Roheisenerzeugung stellt, wahrscheinlich nicht genügen. Es muss deswegen die

¹⁸⁾ Die folgenden Ausführungen zur Frage der Erstellung eines schweizerischen Roheisenwerkes sind meine persönliche Ueberzeugung und dürfen nicht als Stellungnahme der «Studiengesellschaft» angesehen werden.

Frage geprüft werden, ob es nicht zweckmässig wäre, schon heute die Umstellung einiger elektrometallurgischer Werke auf Roheisenbetrieb vorzubereiten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ausarbeitung von baureifen Projekten nicht genügt, weil im Kriegsfall die Instandstellung und Ergänzung der Anlagen zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde. Die Bereitstellungsarbeiten müssten infolgedessen schon zur Friedenszeit erfolgen und würden bedeutende Mittel erfordern, die ausschliesslich durch den Staat aufzubringen wären. Da die vorhandenen Anlagen schon wegen ihrer ungünstigen Transportlage nicht betrieben werden könnten, solange billiges Roheisen in genügender Menge aus dem Ausland eingeführt werden kann, besteht zudem die Gefahr, dass sie im Bedarfsfall nicht gebrauchsfähig oder schon wieder veraltet wären.

Andererseits muss darauf hingewiesen werden, dass die Verhüttungsversuche von Burgholz nur die ersten Anhaltspunkte für die Erzeugung von Roheisen aus schweizerischen Erzen erbracht haben. Um gutes Roheisen zu produzieren, sind langjährige Betriebserfahrungen nötig. Die sorgfältigste Vorbereitung der vorhandenen Niederschachtofen für die Eisenerzeugung im Notfall genügt nicht, wenn diese Erfahrungen nicht zur Verfügung stehen. Das gleiche gilt auch für die *Verarbeitung* des schweizerischen Roheisens durch unsere Industrie, die den neuen Rohstoff erst noch kennenlernen muss.

Diese Ueberlegungen führen zum Schluss, dass es aus wehrwirtschaftlichen Gründen nötig ist, schon zur Friedenszeit ein Roheisenwerk zu erstellen, wenn die Schweiz im Kriegsfall in der Lage sein soll, ihre Eisenerze zu verhütten.

6. Die Wirtschaftlichkeit der Roheisenerzeugung.

Wenn die kriegswirtschaftlichen Erwägungen gezeigt haben, dass das Roheisenwerk schon zu Friedenszeiten erstellt werden muss, um im Kriegsfall bereitstehen, so ist nun zu untersuchen, ob der Betrieb eines solchen Werkes für die Friedenswirtschaft tragbar ist. — Zur Abklärung dieser Frage liess die Studiengesellschaft durch die A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden ein generelles Projekt für ein Elektro-Roheisenwerk ausarbeiten, dem die folgenden Angaben, soweit sie technischer Natur sind, entstammen.

a) Ofenkonstruktion, Ofengrösse, Ausbaugrösse des Roheisenwerkes.

Nach den früheren Ausführungen und auf Grund der Versuchsergebnisse von Burgholz kommt für die Verhüttung nur der Niederschachtofen in Betracht. Als Ofensystem ist der Tysland-Hole-Ofen mit Elektroden in Dreieckanordnung vorgesehen. Konstruktive Rücksichten und die Möglichkeit der Verwertung der Ofengase führten zur Wahl eines geschlossenen Ofens. Als Elektroden kommen selbstbrennende Söderberg-Elektroden in Frage.

Für die Ofengrösse wurde eine Leistungsaufnahme von 10 000 kW vorgesehen, weil kleinere

Oefen weniger wirtschaftlich sind. Mit einem solchen Ofen können pro Monat aus Fricktaler Erzen etwa 1800 Tonnen Roheisen Qualität Luxemburg III und aus Gonzen-Erzen etwa 2700 Tonnen Hämatit-Roheisen hergestellt werden. Für die Ausbaugrösse eines schweizerischen Elektro-Roheisenwerkes ist einerseits der Verbrauch, andererseits die Disponibilität von billiger elektrischer Energie massgebend. Wie schon früher mitgeteilt wurde, kann angenommen werden, dass im Jahresmittel ungefähr 18 000 Tonnen Fricktaler Eisen und ungefähr 25 000 Tonnen Gonzen-Eisen abgesetzt werden können. Elektrische Energie steht im Sommer (während 8 Monaten) zu 0,75 Rp./kWh und im Winter (während 4 Monaten) zu 2 Rp./kWh zur Verfügung.

Nach den vergleichenden Kostenberechnungen auf der Basis dieser Energiepreise kann das Roheisenwerk nur dann wirtschaftlich betrieben werden, wenn es ausschliesslich billige Sommerenergie verbraucht. Bei einer mittleren Betriebsdauer von 8 Monaten beträgt die Jahresleistung in einem Ofen ungefähr 14 000 Tonnen Fricktaler Eisen oder 21 000 Tonnen Gonzen-Eisen. Kann die Betriebsdauer, bzw. die Abgabe von billiger elektrischer Energie im Jahresmittel auf 10 Monate erhöht werden, was nach den angestellten Untersuchungen möglich sein sollte, so steigert sich die Jahresproduktion eines Ofens auf etwa 17 500 Tonnen Fricktaler Eisen oder 26 000 Tonnen Gonzen-Eisen. Der schweizerische Bedarf würde infolgedessen die Erstellung eines Roheisenwerkes mit 2 Oefen zu je 10 000 kW erfordern.

b) Die Standortsfrage.

Trotzdem die Gonzen- und Fricktaler Erze an verschiedenen Orten ausgebeutet werden, kommt für die Verhüttung nur ein Roheisenwerk in Betracht. Da die Gesteungskosten des Roheisens in der Nähe des Bergwerks am geringsten sind, erstreckten sich die Untersuchungen über die Standortsfrage auf Frick und Sargans. Im weitem wurde als dritter Standort die Gegend zwischen Wildeggen und Brugg in Betracht gezogen.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass die wirtschaftlich günstigsten Bedingungen für die Verhüttung beider Erze im Raum Wildeggen—Brugg vorhanden sind. Einerseits ist in dieser Gegend die Belieferung mit billiger elektrischer Energie möglich, andererseits zeigte es sich, dass die Transportkosten eines Werkes in Schinznach für Erze, Kohlen und Roheisen geringer sind als für ein Werk in Frick oder Sargans. Zudem besteht die Möglichkeit, die in dieser Gegend gelegene ehemalige Zementfabrik Schinznach-Bad in ein Roheisenwerk umzubauen. Die durchgeführten Studien zeigen, dass dieses Objekt Platz für die Aufstellung von zwei Oefen bietet und auch genügend Raum für die spätere Erweiterung zur Verfügung steht. Mit seinem Erwerb und Umbau könnten gegenüber einem Neubau wesentliche Einsparungen erzielt werden. Auch aus militärischen Gründen muss einem Roheisenwerk in Schinznach gegenüber

einem solchen in Sargans oder Frick der Vorzug gegeben werden. — Anders steht es allerdings, wenn dem Roheisenwerk ein Stahlwerk angegliedert werden sollte. In diesem Falle besteht kein Zweifel, dass aus den früher erwähnten Gründen die Hütte mit Vorteil in der Nähe der Fricktaler Lagerstätte erbaut würde. Vorläufig steht jedoch die Angliederung eines Thomaswerkes noch nicht zur Diskussion.

c) Kapitalbedarf und Wirtschaftlichkeit.

Für ein Werk mit einem einzigen Ofen ist nach den angestellten Berechnungen einschliesslich der Betriebsmittel ein Kapital von 3 Millionen, für ein solches mit zwei Oefen ein Kapital von 4 Millionen Franken nötig.

Die Wirtschaftlichkeit der Roheisenerzeugung aus Schweizer Erzen ist von den ausländischen Eisenpreisen abhängig. Nach der Abwertung des Schweizer Frankens und dem Beginn der Kriegskonjunktur stiegen sie von einem früher nie erreichten Tiefstand unvermittelt auf die dreifache Höhe. Vor kurzer Zeit waren sie für Luxemburg III und Hämatit-Roheisen noch so, dass mit der Verhüttung der Schweizer Erze ein gutes Geschäft gemacht worden wäre. Inzwischen sind sie wieder gefallen und zeigen die Tendenz, sich den mittleren Vorkriegspreisen zu nähern. Luxemburger Eisen wird heute franko verzollt Basel zu Fr. 66.70 pro Tonne verkauft und hat den Vorkriegspreis schon beinahe wieder erreicht. Der mittlere Verkaufspreis für Hämatit-Roheisen liegt heute bei 126.70 Fr./t und geht vielleicht in einiger Zeit auch noch etwas zurück.

Nach vorsichtiger Berechnung von Amortisationen und Verzinsung, Personal- und Lohnkosten und auf der Grundlage der heutigen Preise für Erze, Kohlen, Energie etc., sowie unter Berücksichtigung der allgemeinen Unkosten, Steuern, Ofenreparaturen etc., ergeben sich für eine 2-Ofen-Anlage bei 8monatigem Betrieb Gestehungskosten, die für Gonenisen etwas unter, für Fricktalereisen jedoch beträchtlich über den Weltmarktpreisen liegen.

Wenn ausschliesslich wirtschaftliche Erwägungen in Betracht gezogen werden, so muss infolgedessen heute auf die Verhüttung der Fricktaler Erze verzichtet werden. Dagegen ist die Erzeugung von Gonen-Eisen mit einer 1-Ofen-Anlage wirtschaftlich und ergibt nach der aufgestellten Betriebsbilanz jährlich einen kleinen Ueberschuss. *Für die Friedenswirtschaft kommt infolgedessen nur die Erstellung einer 1-Ofen-Anlage in Betracht, in der ausschliesslich Gonen-Eisen erzeugt wird.*

In diesem Zusammenhang muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass der schweizerische Roheisenverbraucher das ausländische Roheisen im allgemeinen billiger bezieht als der Verbraucher des Erzeugungslandes. Bei deutschem Hämatit betrug die Differenz bis zu 25.— Fr./t. Auch in England sind die Inlandpreise für Giesserei-Roheisen etwa 11.— Fr./t höher als die Exportpreise.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass das Ausland die Gründung eines schweizerischen Roheisenwerkes auf privatwirtschaftlicher Basis durch noch niedrigere Preise bekämpfen wird. Da das Problem der Errichtung einer Verhüttungsanlage vom gesamtschweizerischen Standpunkt aus bewertet werden muss, ist zu dieser Frage auch vom gesamtschweizerischen Standpunkt aus Stellung zu nehmen. Wenn die eisenerzeugenden Länder zur Bekämpfung eines schweizerischen Hüttenwerkes das Eisen in der Schweiz billiger verkaufen, so kommt das der schweizerischen Gesamtwirtschaft zugute. Eine dadurch entstehende Preisdifferenz zuungunsten des Hüttenwerkes darf deshalb nicht diesem zur Last gelegt werden, sondern wäre vielmehr als Vorteil für die schweizerische Gesamtwirtschaft zu betrachten. — Andererseits darf die Konkurrenzfähigkeit der schweizerischen Giessereien und Maschinenfabriken, die zum grossen Teil für den Export arbeiten, durch die eigene Verhüttung der Schweizer Erze nicht verschlechtert werden. Sollte im Interesse der wirtschaftlichen Kriegsbereitschaft ein Roheisenwerk entstehen, so hätte bei Verlusten daher der Staat für den Rechnungsausgleich zu sorgen.

d) Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch bessere Verwertung der Nebenprodukte.

Pro Tonne Roheisen fallen im elektrischen Ofen 550 bis 600 m³ eines hochwertigen Gases an (2500 kcal/m³). Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Möglichkeit besteht, dieses Gas in den benachbarten Zementfabriken zu verwerten. Noch vorteilhafter liesse es sich in einem Thomaswerk verwenden. Vorsichtshalber wurde diese Gutschrift in den Gestehungskosten jedoch nicht berücksichtigt.

Da die Ofengase etwa 75 % CO enthalten, eignen sie sich zusammen mit elektrolytisch hergestelltem Wasserstoff vorzüglich für die *Benzinsynthese*. Diesbezügliche Vorschläge, die ohne Zweifel für unsere Wehrwirtschaft von grosser Bedeutung sind, wurden dem Eidg. Volkswirtschaftsdepartement vor einiger Zeit durch ein Initiativkomitee unterbreitet. Durch die Verwertung der Ofengase für die Benzinerzeugung könnten die Gestehungskosten des Roheisens wesentlich entlastet werden.

Dagegen bietet die Verwertung der *Ofenschlacke* grosse Schwierigkeiten. An die Herstellung von Schlacken- oder Hochofenzement ist in der Schweiz nicht zu denken, solange die bestehenden Zementfabriken trotz ihres ausgezeichneten Fabrikates mit kaum 50 % ihrer Leistungsfähigkeit beschäftigt sind. Ähnlich steht es mit der Erzeugung von künstlichen Schlackensteinen. Auch die Herstellung von Schaumslagge als schall- und wärmeisolierendes Füllmaterial oder als Ausgangsmaterial für Leichtbeton ist kaum lohnend.

Unter den heutigen Verhältnissen kann daher einzig die Verwertung der Ofengase für die Benzinsynthese die Wirtschaftlichkeit der Roheisenerzeugung wesentlich verbessern.

7. Die Bedeutung der Roheisenerzeugung für die schweizerische Volkswirtschaft.

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass die Roheisenerzeugung vom Standpunkt der Wehrwirtschaft aus unbedingt nötig ist, weil sie uns im Bezug von Rohstoffen vom Ausland unabhängiger macht und im Kriegsfall leicht ausgebaut und erweitert werden könnte. Die wirtschaftlichen Ueberlegungen haben im weitem gezeigt, dass die Gonzen-Erze ohne Verlust verhüttet werden können. *Damit ist der Beweis erbracht, dass die Erstellung eines schweizerischen Roheisenwerkes für die schweizerische Wirtschaft bei den heutigen Einfuhrpreisen von Hämatit keine Belastung darstellt.* Sollten die Roheisenpreise in Zukunft noch mehr fallen, so wäre die Belastung tragbar. In diesem Falle müssten Mittel und Wege gefunden werden, um eine so wichtige Industrie dem Lande zu erhalten¹⁹⁾.

Die Bedeutung eines Roheisenwerkes für unser Land muss aber noch von anderen Gesichtspunkten aus betrachtet werden. Wenn man die tatsächlich in der Schweiz bezahlten Roheisenpreise von 1913 bis 1937 und ebenso die Gestehungskosten des Roheisens, sofern es während dieser Zeit aus schweizerischen Erzen erzeugt worden wäre, graphisch aufträgt, so ergibt sich, dass infolge der ausserordentlich hohen Preise während des Krieges die Gewinnflächen grösser sind als die Verlustflächen. Während dieser Zeitdauer wäre infolgedessen die Bilanz eines Roheisenwerkes aktiv gewesen. Es ist aber einleuchtend, dass die Privatwirtschaft allein, ohne die Mitwirkung des Staates, nicht in der Lage wäre, solche Preisdifferenzen zu ertragen.

Noch wichtiger aber ist die Frage der *Arbeitsbeschaffung*. Sie stellt eines der schwierigsten Probleme der Gegenwart dar. Die Subventionierung von Bauarbeiten bringt nur eine vorübergehende Linderung, weil wenig Hoffnung besteht, dass die schweizerische Wirtschaft in ihrer heutigen Struktur in Zukunft je wieder in der Lage sein dürfte, das vorhandene Heer der Arbeitslosen zu beschäftigen. Eine Besserung kann nur durch *zusätzliche und kontinuierliche Arbeitsbeschaffung* erzielt werden. Die Roheisenerzeugung aus schweizerischen Erzen bietet dazu eine selten günstige Gelegenheit, wenn sie auch vorläufig nicht in der Lage ist, eine grosse Zahl von Arbeitern zu beschäftigen. Die schweizerische Industrie wird sich mit Rücksicht auf das Landesinteresse der Aufgabe nicht entziehen, einen Teil ihres Eisenbedarfes selber zu erzeugen, ähnlich wie sich gegenwärtig die Landwirtschaft in wehr- und volkswirtschaftlicher Hinsicht den bestehenden Verhältnissen anzupassen sucht.

Der schweizerische Eisenerzbergbau, der erst seit wenigen Jahren wieder in Gang ist, beschäftigt heute etwa 200 Angestellte und Arbeiter. Da die Erze fast ausschliesslich nach Deutschland gehen, ist zu befürchten, dass sie zur Umgehung der Devisenbeschaffung früher oder später durch inlän-

dische Erze ersetzt werden oder dass die notwendigen Kompensationen nicht mehr beschafft werden können. Die Möglichkeit ihrer Verhüttung in der Schweiz ist deswegen auch im Interesse der im Erzbergbau beschäftigten Arbeiter wünschenswert.

Ein weiteres Argument, das für die Erstellung eines Roheisenwerkes spricht, ist die *Verbesserung der Handelsbilanz*. Durch die Möglichkeit der Verwendung von Walliser Anthrazit sinkt der Bedarf an ausländischen Rohstoffen für die Erzeugung einer Tonne Gonzen- oder Fricktaler Eisen auf etwa 220 kg Koks. Der Wert der Gase, die zurückgewonnen und thermisch oder für die Erzeugung von synthetischem Benzin verwendet werden können, entspricht beinahe dem Wert des eingeführten Kokes. *Die Verhüttung der Schweizer Erze kann somit im Grunde genommen fast ohne ausländische Rohstoffe durchgeführt werden.* Beschränkt sich die Erzeugung vorläufig nur auf etwa 21 000 Tonnen Gonzen-Eisen, so wird die schweizerische Handelsbilanz unter Berücksichtigung der Verminderung des Erzexportes und der Einfuhr von Elektroden um etwa 1½ Millionen Franken verbessert. Dieser Betrag kommt hauptsächlich der Arbeitsbeschaffung und der Elektrizitätswirtschaft für den Absatz von schwer verwertbarer Sommerenergie zugut. — Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Einfuhrverminderung in der Hauptsache Länder trifft, welche von der Schweiz weniger beziehen als wir von ihnen. Eine Störung von Handelsbeziehungen ist daher kaum zu befürchten.

8. Schlussbetrachtungen.

Die Tatsache, dass die Schweiz über eine genügende Erzbasis für die Roheisenerzeugung und ebenso für die spätere Angliederung eines Stahlwerkes verfügt, ist noch nicht lange bekannt. Die technischen Probleme, die mit der Verhüttung der schweizerischen Erze im Elektroofen verbunden sind, wurden erst durch die Versuche von Burgholz gelöst. Es ist begreiflich, dass die Eisen verarbeitende Industrie der Schweiz sich den neuen Verhältnissen noch nicht anpassen konnte, um so mehr, als der erste Versuch, der von ihrer Seite zur Verhüttung der einheimischen Erze unternommen wurde, infolge der Verständnislosigkeit des Nationalrates zu einem Misserfolg führte. Da die Verhüttung der schweizerischen Erze heute in erster Linie eine Frage der Wehrwirtschaft und der Arbeitsbeschaffung ist, muss die Anregung zu ihrer Lösung vom Staat ausgehen. In der Verwertung der wertvollen Bodenschätze des Gonzens und des Fricktales ist der schweizerischen Industrie und der schweizerischen Wissenschaft eine wichtige Aufgabe gestellt, die zum Wohle des Landes gelöst werden muss.

Im Interesse der Arbeitsbeschaffung und des Unterhaltes der Bergwerke muss die Möglichkeit bestehen, die Erze so lange zu exportieren, bis sie in der Schweiz in grösserer Menge verhüttet werden können. Dabei ist selbstverständlich darauf Rücksicht zu nehmen, dass für Not- und Kriegszeiten genügende Vorräte reserviert bleiben.

¹⁹⁾ Während der Drucklegung ist der Preis für Hämatit-Roheisen tatsächlich etwas gesunken.