

DAS APOLD-FLEISSNER-ERZRÖSTVERFAHREN

Hans Jörg Köstler

1. Allgemeines

1.1. Definition und Zweck des Röstens von Spateisenstein

Unter Rösten von Spateisenstein versteht man die thermische Behandlung des Rohspates im festen Zustand, d. h. bei Temperaturen unter dem Schmelzpunkt, als Vorbehandlung für die Reduktion zu Roheisen im Hochofen. Die in oxidierender Atmosphäre ablaufende Röstung umfaßt im allgemeinen mehrere Vorgänge, nämlich

- Trocknung des Roherzes und Austreibung von Hydratwasser,
- Austreibung des Kohlendioxids aus Karbonaten, vor allem aus dem Spateisenstein,
- Oxidation zu Eisenoxid (Fe_2O_3),
- Entfernung leicht flüchtiger Stoffe, darunter auch einige Nichteisenmetalle (z. B. Arsen und Zink),
- Verminderung des Schwefelgehaltes und
- Auflockerung des Erzes zwecks besserer Reduzierbarkeit.

Somit bezweckt Rösten eine metallurgisch bessere und deshalb wirtschaftlichere Verarbeitbarkeit des Erzes im Hochofenprozeß. In diesem Sinne bemerkte schon 1867 Franz Kupelwieser, Professor für Eisen-, Metall- und Sudhüttenkunde an der Bergakademie in Leoben: „Es unterliegt keinem Zweifel, daß eine zweckmäßig und vollständig durchgeführte Röstung von Eisensteinen sowohl auf die Qualität des daraus erzeugten Roheisens sowie auf den Preis desselben einen sehr großen Einfluß ausübt“ (1).

1.2. Oxidierendes Rösten von Spateisenstein

Bei Betrachtung des Röstens eines karbonatischen Eisenerzes ist von dessen thermischer Zersetzung auszugehen, wobei die Zerfallsreaktion $\text{FeCO}_3 \rightarrow \text{FeO} + \text{CO}_2$ in dieser Art nicht ablaufen kann, weil ein der Stöchiometrie entsprechendes FeO laut Eisen-Sauerstoff-Zustandsdiagramm nicht existiert. Die Dissoziationsgeschwindigkeit hängt sowohl von der chemischen Zusammensetzung des umgebenden Gases als auch von der Korn- bzw. Stückgröße des Eisenspates ab; so verläuft die Dissoziation in Wasserstoff um ein Vielfaches schneller als in Kohlendioxid, und je kleiner die Korngröße ist, umso rascher wird Eisenkarbonat zersetzt. Diese Abhängigkeiten – vor allem der Einfluß des Kohlendioxidgehaltes bzw. der Kohlendioxidpartialdruck im umgebenden Gas – stellen die physikalisch-chemischen Grundlagen des Apold-Fleißner-Erzhörstverfahrens dar.

Der Eisenkarbonatzerfall war Gegenstand von Untersuchungen durch Franz Duftschmid (2) und Hans Fleißner (3), (4) im ersten Drittel der zwanziger Jahre des 20. Jahrhunderts. Über diese Forschungsergebnisse berich-

tete Fleißner bei der 1. Hauptversammlung des Technisch-wissenschaftlichen Vereines Eisenhütte Österreich im Mai 1925 in Leoben ausführlich (5). In Fortsetzung ihrer Versuche über den Karbonatzerfall beschäftigten sich Fleißner und Duftschmid mit der Reduktion von Eisenerzen durch Gase, wobei sie auch Produkte des Eisenkarbonatzerfalles in ihre Untersuchung einbezogen (6).

Rund vier Jahrzehnte später untersuchten Manfred Hanke und Herbert Trenkler (7) „die thermische Zersetzung (des Rohspates vom Steirischen Erzberg) und den Reduktionsverlauf gleichzeitig mit dem Erweichungsverhalten des Erzes“ im Institut für Eisenhüttenkunde an der Montanistischen Hochschule (Montanuniversität) Leoben eingehend. Diesbezügliche Forschungsergebnisse wurden außer in der Dissertation von Hanke (8) in zwei Publikationen veröffentlicht (7), (9), worauf hier nur hingewiesen, aber nicht näher eingegangen sei.

„Beim oxidierenden Rösten von Spateisenstein (z. B. im Apold-Fleißner-Verfahren) wird Eisenkarbonat zunächst thermisch zersetzt und sogleich mit dem im Röstofen vorhandenen überschüssigen Luftsauerstoff in die höchste Oxidstufe (Fe_2O_3) übergeführt“ (10). Die dabei ablaufende Summenreaktion $2 \text{FeCO}_3 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{CO}_2 - Q$ ist leicht exotherm. Wärmeverluste (z. B. fühlbare Wärme im Abgas, Wärmehalt des Rösterzes und Strahlungsverluste) erfordern jedoch eine dauernde Energiezufuhr von außen.

2. Ältere Erzhörstverfahren beim Steirischen Erzberg

Vor Darstellung des Apold-Fleißner-Erzhörstverfahrens sei auf ältere Methoden des Röstens kurz eingegangen, wovon das Prinzip des Schachtofens mit Treppenrost und Außenfeuerung im neuen Verfahren seine Fortsetzung fand. Mit der Entwicklung des Röstwesens beim Steirischen Erzberg und in dessen Umgebung seit Mitte des 19. Jahrhunderts stehen vier heimische Montanisten in engem Zusammenhang: Carl Wagner, Johann Dulnig, Eduard Fillafer und Corbinian Moser. Ihre Leistungen mögen mit dem Überblick „Ältere Erzhörstverfahren“ in Erinnerung gerufen werden.

2.1. Schachtofen für Mischbegichtung (Carl Wagner)

Als die Innerberger Hauptgewerkschaft 1766 Erztrocknung und Erzhörstung aus Kostengründen einstellte, war man der Ansicht, diese Erzhörstung einfach der Natur überlassen zu können, indem sowohl vom Erdreich abgedecktes Eisenerz als auch bereits hereingewonnenes Stückerz lange Zeit im Freien liegen blieb (11). Die „Innerberger“ verzichtete somit im Gegensatz zu den Vordernberger Radmeistern – seit langem in einer Gemeinschaft und seit 1829 in der festgefügtten Radmeister-Community (12) zusammengefaßt – auf das Rösten, wie es u. a. in Vordernberg als sog. Stadlrösten bei jedem Radwerk üblich war. Diese Röstung erfolgte in

einem „Stadl“ genannten Mauergerüst nach dem Prinzip der Mischbegichtung, d. h. Aufgabe eines Roherz-Holzkohle-Gemisches.

Der Röststadl arbeitete mit stückiger Holzkohle, die teils auch im Hochofen hätte Verwendung finden können. Eine solche Vergeudung teuren Brennstoffes veranlaßte Carl Wagner (1805 – 1885), Verweser des Gußwerkes in St. Stefan ob Leoben (13), (14), zur Konstruktion rechteckiger Schachtofen mit Treppenrosten, die einen so starken Zug bewirkten, daß fast ausschließlich feinstückige Holzkohle (Lösche) gesetzt werden konnte. Ab Mitte der fünfziger Jahre bewährten sich die als „Wagnersche Röstöfen“ in das Schrifttum eingegangenen Öfen auch in Gollrad (zwischen Seeberg und Mariazell) bestens (15).

Mit Blick nach Vordernberg, Gollrad und St. Stefan o. L. entschloß sich um 1855/56 letztlich auch die Innerberger Hauptgewerkschaft, den Röstbetrieb beim Steirischen Erzberg für ihre Hochofen in Eisenerz und in Hiefrau wieder aufzunehmen. Man erbaute am Erzbergfuß im Stritzelgraben eine 1858 in Gang gesetzte Erzröstanlage mit zehn Wagnerschen Öfen (Querschnitt in Abb. 1), die nach Erweiterung auf siebzehn Einheiten (1871) als sog. Alte Bergröstöfen bis 1905 Rösterz produzierten (11).

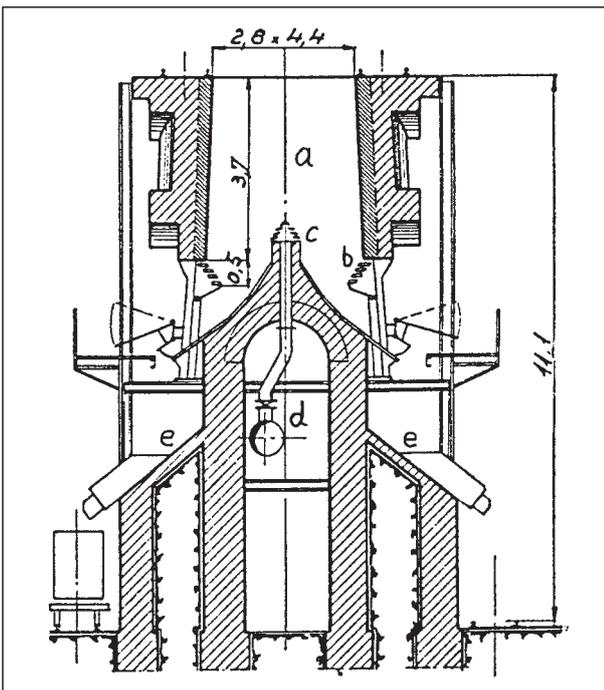


Abb. 1: Eisenerz. Erzröstöfen für Mischbegichtung (System Carl Wagner) im Stritzelgraben am Steirischen Erzberg, sog. Alte Bergröstöfen (1858 – 1905). Aus Schuster, Die Erzbergbaue ... Anm. 11, S. 167. a = Röstschaft, b = Treppenrost, c = Sattel, d = Füllrutschen für Rösterz.

Im Jahre 1874 liefen auf dem benachbarten Münzboden vierzig, wie die Alten Bergröstöfen konstruierte Schachtofen (Neue Bergröstöfen) an, aber auch sie bereiteten ähnlich den Alten Öfen bei höherem Feinerzsatz Schwierigkeiten infolge Schmolzbildung. Gegen dieses örtliche Aufschmelzen zu röstenden und bereits gerösteten Erzes half die Einleitung von Unterwind im mit-

tigen Ofensattel, wie dies Abb. 2 für die 1912/13 ebenfalls auf dem Münzboden errichteten „Unterwindöfen“ veranschaulicht (16).

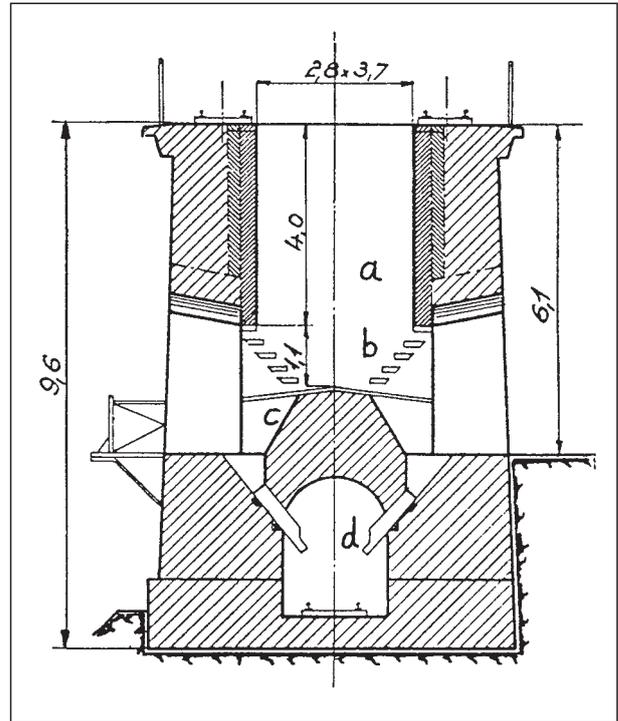


Abb. 2: Eisenerz. Erzröstöfen mit Unterwind für Mischbegichtung auf dem Münzboden beim Steirischen Erzberg (1913 – 1938). Aus Schuster, Die Erzbergbaue ... Anm. 11, S. 170. a = Röstschaft, b = Treppenrost, c = Sattel mit Unterwindrost, d = Unterwindleitung, e = Füllrutschen für Rösterz
2.2. Schachtofen mit Außenfeuerung
(Johann Dulnig)

Spätestens zu Ende des 18. Jahrhunderts hatten sich die jedem Vordernberger Radmeister überlassene Erzgewinnung und der gleichfalls getrennt durchgeführte Erztransport nach Vordernberg als untragbar herausgestellt. Aber erst nach drei Jahrzehnten gelang es unter Erzherzog Johanns Einfluß, alle Radmeister – mit Ausnahme des Radwerkes VII – zu einem mit 29. Juni 1829 datierten Vertrag zu bewegen, der sowohl den gemeinsamen Bergbau als auch den gemeinschaftlichen Erztransport festlegte. Die Radmeister-Communität (12) beauftragte nun Johann Dulnig mit der Realisierung aller vorgesehenen Maßnahmen, und schon 1835 gelangte das erste Erz aus den communitätlichen Revieren auf den Präbichl. In den Jahren 1844 – 1847 entstand die mehrere Horizontalbahnen und Bremsberge umfassende Erzförderanlage Präbichl – Vordernberg (Dulnigsche Förderbahn) (17), (18), (19), in der sich auch eine Erzröstanlage bei der St. Laurentius-Kirche befand (Laurenzi-Röst) (20), so daß schmelzfertiges Erz bei den Vordernberger Radwerken ankam.

Die Laurenzi-Röst – ein konstruktives Meisterwerk Dulnigs – enthielt ursprünglich sechs und schließlich um 1865 dreizehn Öfen, die als Schachtofen mit Mischbegichtung (Roherz und Holzkohle) arbeiteten, aber hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit nicht ganz entsprachen. Es lag für die Communität nahe, auf die Friedauschen

Erzberg-Röstöfen mit mineralischer Kohle (Braunkohle) zurückzugreifen und die Laurenzi-Röstöfen umzubauen. Auf diese Weise entstanden ab 1859/60 jeweils durch eine senkrechte Mauerzunge getrennte Doppelöfen mit Röst- und Kühlschacht sowie mit Rostfeuerungen, wie dies Abb. 3 zeigt. Das Rösterz war nun nicht mehr mit Asche verunreinigt und wies eine merkbar gleichmäßigere Röstung auf; außerdem hatte sich die Wirtschaftlichkeit verbessert. „Merkwürdigerweise ist diese ausgezeichnete Bauart nicht nachgeahmt worden und nach Abstellung der Röstöfen (in der Laurenzi-Röst) im Jahre 1890 in Vergessenheit geraten“ (21).

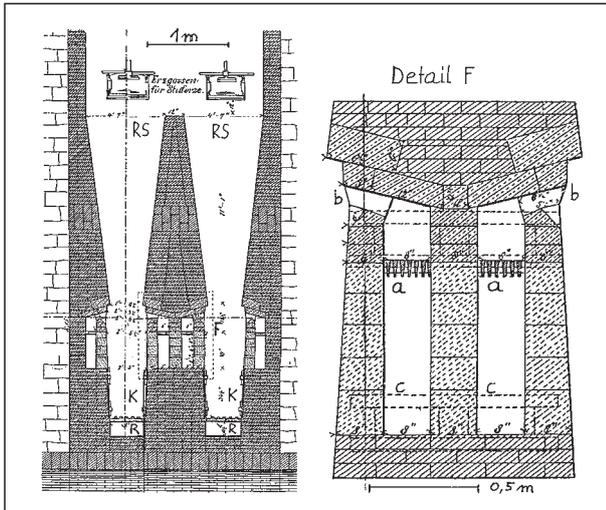


Abb. 3: Vordernberg. Schachtröstöfen (Doppelofen) mit Braunkohlensaußenfeuerung in der Laurenzi-Röst, ab 1859/60 aus Mischbegichtungsöfen umgebaut. Ausschnitt aus dem mit Leoben 1872 datierten, von J. Doringen gezeichneten Plan „Eisensteinröstöfen in Vordernberg“ im Besitz von H.J. Köstler. Linkes Teilbild: RS = Röstschacht (mit Mauerzunge in der Mitte), F = Feuerung, K = Kühlschacht, R = Rost für Rösterz. Rechtes Teilbild (Detail F): a = Feuerungsrost, b = Mauer-schlitz für Abgas der Feuerung.

2.3. Schachtföfen mit Gichtgasfeuerung (Eduard Fillafer)

Am Beginn der Entwicklung gichtgasbeheizter Schachtföfen für die Eisenerzröstung stehen wahrscheinlich sog. Schwedische Röstöfen, die Peter Tunner von der Leobener Montan-Lehranstalt (später Bergakademie) 1852 beschrieben und damit im alpenländischen Raum bekanntgemacht hat (22). In wesentlicher Abänderung dieser runden, erstmals in Schweden gebauten Öfen entwarf Eduard Fillafer (1822 – 1890) (23), der nach seinem Studium an der Vordernberger Montan-Lehranstalt in Bundschuh (Lungau/Salzburg) (24) und bei der Radmeister-Communität in Vordernberg Erfahrung gesammelt hatte, rechteckige, in „Batterien“ zusammengefaßte Schachtföfen beim Radwerk VII (25) in Vordernberg; Fillafer leitete diese Schmelzhütte ab 1853 als Verweser und sodann als Oberverweser in Ritter v. Friedauschen Diensten.

Nach Wilhelm Schuster (26) standen die beiden 1854 in Betrieb gesetzten Ofenbatterien (Abb. 4) auf dem Gichtplateau des Hochofens im „Friedauwerk“ (Radwerk

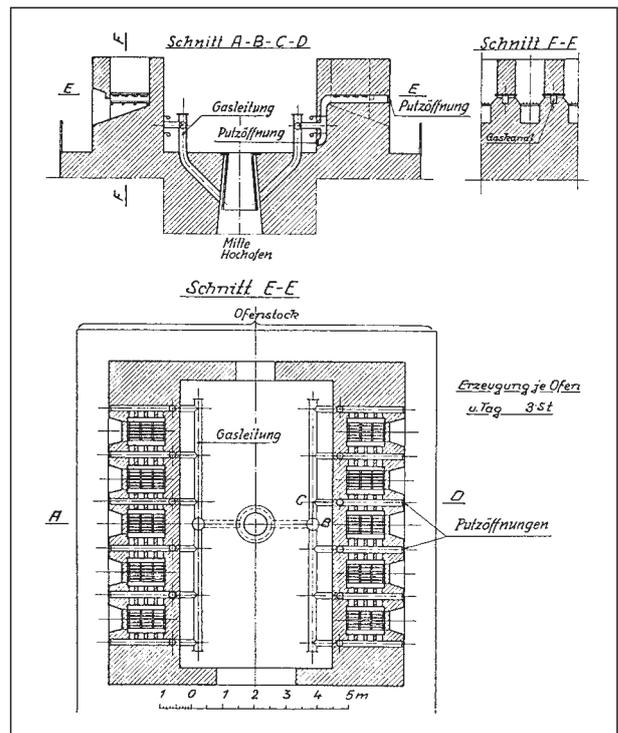


Abb. 4: Vordernberg: Erzröstöfen mit Gichtgasfeuerung (System Eduard Fillafer) auf dem Gichtplateau des Holzkohlenhochofens im Radwerk VII (Friedauwerk), erbaut 1855. (Vgl. Abb. 52 aus Schuster, Die Erberz- und Eisenhüttenwerke in Vordernberg, S. 114). Die Gichtgasleitungen sind so angeordnet, daß die explosionsgefährdeten Gichtgasleitungen sehr kurz waren. Trotz dieses Vorteiles und der Möglichkeit, heißes Rösterz in den Hochofen zu chargieren, baute man bald danach die Röstöfen nicht mehr unmittelbar neben der Gicht, sondern meist nahe beim Roherzbunker oder auf der Hüttensohle.

Obwohl in jedem Radwerk genügend Gichtgas zur Verfügung stand, verhinderte die klaglose Versorgung aller Vordernberger Hütten – außer dem nicht der Communität angehörenden Radwerk VII – fast ein Jahrzehnt hindurch weitere Anwendungen des Fillaferschen Erzröstsystems. Erst 1863 wurde im Fürst Schwarzenbergischen Radwerk XII (27) eine Fillafer-Röstanlage gebaut, und im nächsten Jahre folgte das Seßlersche Radwerk III. Die Verwendung Fillafers Ideen hatten weder dem Erfinder noch dem Werkseigentümer Franz Ritter v. Friedau etwas eingebracht, weshalb Fillafer am 4. Juli 1864 „...ein Privilegiums-Gesuch... auf die Erfindung neuer Öfen zur Röstung von Eisenerz mittels Hochofengasen“ (28) vorlegte; diesem Gesuch entstammt Abb. 5. Schon am 8. August desselben Jahres erhielt der Friedausche Oberverweser Fillafer, der sich um die Verbesserung vieler Bereiche des Hochofenbetriebes verdient gemacht hatte (29), das beantragte Privilegium (Patent). In der Folgezeit arbeiteten alle Vordernberger Radwerke (30) – ausgenommen die Werke VIII, IX und XIII sowie die nur de iure vorhandenen Hütten V und VI – mit Rösterz aus den jeweils eigenen Fillaferschen Öfen, so daß die Laurenzi-Röst ihre Bedeutung verlor und 1890, also noch vor Eröffnung der Bahnlinie Eisenerz-Präbichl-Vordernberg stillgelegt wurde. Von den Fillaferschen Röstanlagen außerhalb Vordernbergs sei jene im Eisenwerk Heft beim Hüttenberger Erzberg genannt (31),

(32).

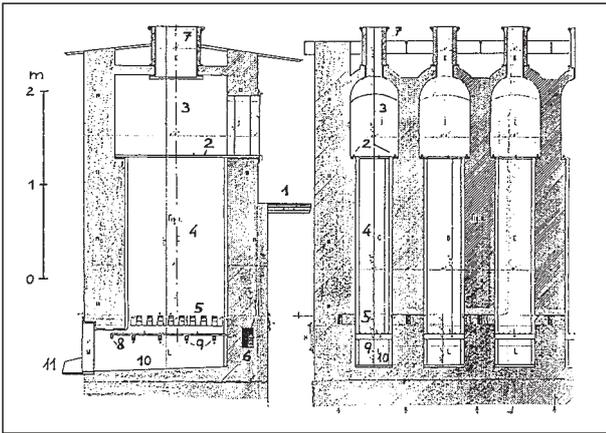


Abb. 5: Vordernberg: Erzröstöfen mit Gichtgasfeuerung (System Eduard Fillafer). Ausschnitt aus der „Zeichnung zum Privilegiums-Gesuche“ von E. Fillafer, 4. Juli 1864 ... Anm. 28.

1 = auskragender Geleiseboden (Schmalspur-Erzbahn), 2 = Schienen für Roherzhunte, 3 = Röstofengewölbe, 4 = Röstschacht, 5 = Schlitze in den Seitenmauern, 6 = Gichtgaszuleitung, 7 = Kamin, 8 = Roststangen, 9 = Querträger, 10 = Kühl-Als Weiterentwicklung der Schwedischen bzw. Fillafer'schen Röstöfen sind die in Abb. 6 gezeigten Aggregate zu betrachten, wovon in Hiefblau fünf zwischen 1888 und 1890 sowie zwei 1897 erbaut wurden. Die Hiefblauer Öfen leisteten durchschnittlich 25 t Rösterz pro Tag (33).

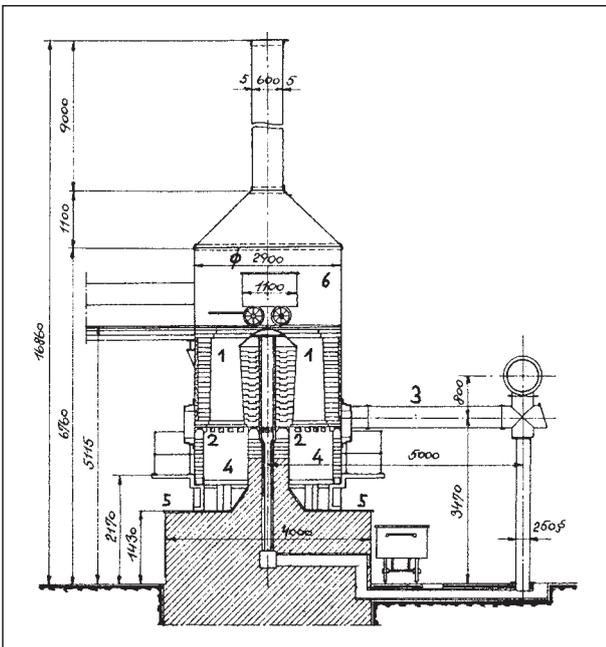


Abb. 6: Hiefblau: Erzröstöfen mit Gichtgasfeuerung (abgeändertes System Eduard Fillafer), 1888. Ausschnitt aus *Alpine-Buch Eisenerz*, unbezeichnetes Blatt.

1 = Röstschacht (Kreisring), 2 = Schlitze in der Wand für Gichtgas, 3 = Gichtgaszuleitung, 4 = Kühlschacht (Kreisring), 5 = Rösterzaustrag, 6 = Rauchhaube mit Begichtung

2.4. Flammröstöfen (Corbinian Moser)

Die in Pkt. 2.1. erörterten Eisenerzer Alten und Neuen Bergröstöfen (Schachtröstöfen für Mischbegichtung) arbeiteten seit ihrer Inbetriebnahme 1858 bzw. 1874 im

wesentlichen ohne Probleme, solange man sie mit grobstückigem Roherz chargierte. Feinerz behinderte nämlich die Durchgasung des Röstgutes und verursachte Störungen in Form zu kalter und zu heißer Bereiche; bei Gichtung von zu viel rohem Feinerz in den Hochofen kam es zu ähnlichen Schwierigkeiten. Andererseits mußte das in größeren Mengen im Bergbau und beim Transport anfallende, meist sehr feuchte Feinerz irgendwie verhüttet werden, weil man auf seinen Eisengehalt nicht verzichten konnte. Die einfachste „Lösung“ bestand nun in der Anordnung, daß ab 1860/61 die Hiefblauer Hochofen das gesamte Feinerz verschmelzen mußten. Diese für Hiefblau äußerst nachteilige Regelung wurde zu Anfang 1865 revidiert, indem jetzt auch einer der drei Eisenerzer Hochofen ungeröstetes, feuchtes Feinerz gichten mußte.

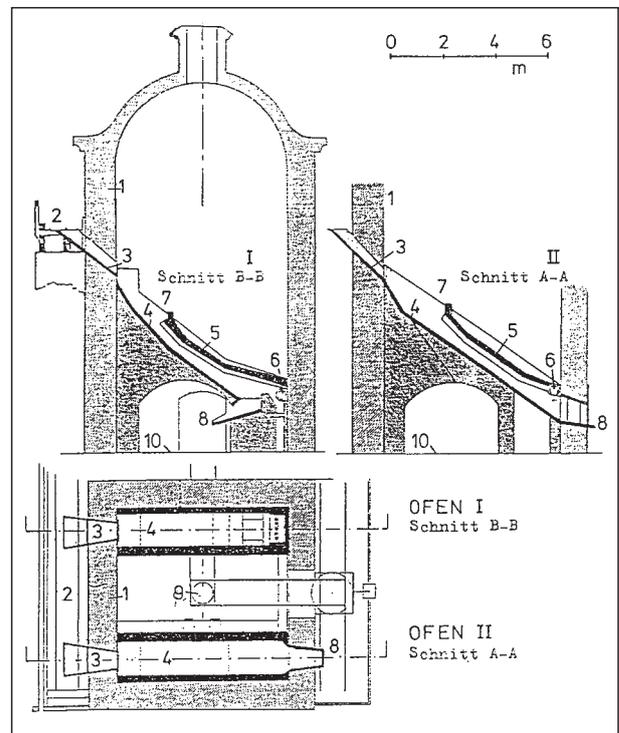


Abb. 7: Eisenerz. Flammröstöfen mit Gichtgasfeuerung (System Corbinian Moser) in der Rauchhaube bzw. auf dem Gichtplateau des Kaiser-Franz-Holzkohlenhochofens; Ofen I erbaut 1865, Ofen II erbaut 1866. Aus *Kupelwieser, Fortschritte ... Anm. 37, Tafel IV*.

1 = Rauchhaube, 2 = Schmalspur-Erzbahn, 3 = Roherzrutsche, 4 = Schrägherd, 5 = Herddecke, 6 = Gichtgasleitung mit Ausströmschlitzen, 7 = Rauchgasöffnung, 8 = Füllrutsche für Roherz, 9 = Gichtöffnung des Hochofens, 10 = Gichtplateau.

„Die Hüttenverwaltung (Eisenerz), vorhersehend, daß sie bezüglich des Nässegehaltes besonders übel daran sein werde,... brachte den Kaiser-Franz-Hochofen zu dieser Verschmelzung in Vorschlag und stellte den weiteren Antrag, die Erze... mit der Flamme der überflüssigen Gichtgase zu trocknen und in heißen Zustand zu setzen“

(34). Für diese Trocknung und die dabei erhoffte Röstung konstruierte Hüttenverwalter Corbinian Moser (1820 – 1883) (20), (35) einen gichtgasbeheizten Flammofen mit schrägem Herd (Ofen I in Abb. 7), dessen Vorteile und Arbeitsweise sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- 1) Ofenstandort im üblichen Stofffluß,

- 2) einfache Bauweise und ebenso einfacher Betrieb,
- 3) heißes Gichtgas bzw. sein Rauchgas strömt über eine dünne Erzschiicht, so daß deren Trocknung und Rö-stung gewährleistet ist,
- 4) Verwendung vorhandenen Gichtgases, aber Zusatz-feuerung möglich,
- 5) Entnahme heißen Rösterzes und daher Energieein-sparung.

Mit Inbetriebnahme des Flammofens I im Juli 1865 war die „Feinerzfrage“ gelöst, doch erwies sich die Ofenka-pazität bald als zu klein. Es wurde daher ein zweiter Ofen (Flammrösten II in Abb. 7) zur Jahresmitte 1866 erbaut (36), der sich ebenfalls gut bewährte (37). Im Vergleich zur Verschmelzung rohen Feinerzes ver-minderte sich der spezifische Holzkohlenverbrauch bei Einsatz trockenen, gerösteten Feinerzes um durch-schnittlich 15%, weshalb auch der Rupprecht-Hochofen in Eisenerz zwei Feinerz-Flammröstöfen Bauart Moser erhielt. Bei Flammöfen in der Nähe des Eisenerzer Bahnhofes (erbaut 1884/85) und auf der Erzberg-Etage Dreikönig (erbaut 1897) kam das Mosersche Röstprin-zip nach bemerkenswerter Weiterentwicklung neuerlich zur Anwendung (38).

3. Erzröstverfahren nach A. Apold und H. Fleißner (Apold-Fleißner-Erzröstverfahren)

3.1. Die Namensgeber

3.1.1. Anton Apold (1877 – 1950) (39)

Der in Wien geborene, einer dem Montanwesen verbun-denen Familie entstammende Apold lebte als Kind in Prävali (im Mießtal, ehemals Kärnten, jetzt Slowenien), dessen großes Eisenwerk ihn zum Studium an der Berg-akademie (Montanuniversität) in Leoben veranlaßte. Nach Studienabschluß 1898 sammelte der junge Ingeni-ear erste Erfahrungen in der aufstrebenden Hütte Dona-witz – wie Prävali Eigentum der ÖAMG – und wechselte 1902 zu den Röchlingschen Eisen- und Stahlwerken in Diedenhofen (Lothringen), wo er die Stelle eines Be-triebsschefs mit Prokura erreichte. Im Jahre 1910 berie-fen ihn die Metallwerke Unterweser (Nordenham/Ol-denburg) als Technischen Direktor. Bald danach galt Apold als hervorragender Zink- und Bleihüttenfach-mann; in dieser Eigenschaft war er auch für das k. u. k. Kriegsministerium in Wien tätig.

Nachdem ihm die Montanistische Hochschule Leoben 1919 ihr Ehrendoktorat verliehen hatte, übernahm Apold die Leitung der Steirischen Magnesit AG, wurde aber schon im folgenden Jahre als Generaldirektor an die Spitze der Österreichisch-Alpinen Montangesellschaft (ÖAMG) berufen (Abb. 8). In seiner Ära entstanden zahlreiche Neubauten, z. B. das Dampfkraftwerk in Fohnsdorf, Förderanlagen bei Kohlenbergbauen, Moder-nisierungen am Steirischen Erzberg, das Elektrostahlwerk in Donawitz, Apold-Fleißner-Erzröstöfen in Eisen-erz, Donawitz und Hüttenberg sowie eine Maschinen-fabrik in Zeltweg; an der Entwicklung des nach

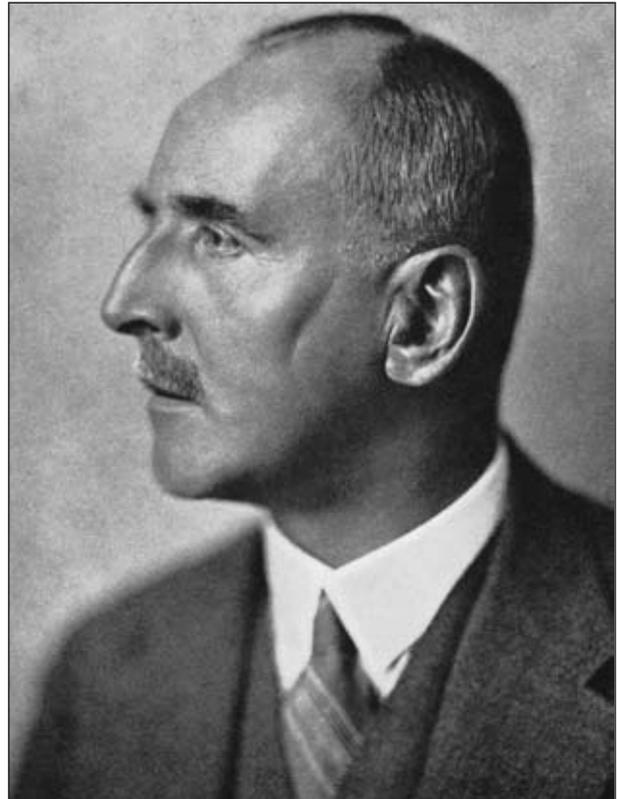


Abb. 8: Anton Apold (1877 – 1950), um 1928/30. Aus *Die ÖAMG* von Hans Fleißner, 1937, Vorwort S. 10. Apold war sowohl im theoretischen als auch im praktischen Bereich besonders in der Anfangszeit beteiligt.

Im 1925 gegründeten Technisch-wissenschaftlichen Verein Eisenhütte Österreich wirkte Apold als Erster Vorsitzender, während Professor Dr.-Ing. Othmar Keil v. Eichenthurn, Vorstand des Institutes für Eisenhüttenkunde an der Montanistischen Hochschule Leoben, als Geschäftsführer fungierte.

Anton Apold trat 1935 als Generaldirektor der ÖAMG zurück. Er starb 1950 in Velden am Wörthersee, wo er die letzten Jahre seines Ruhestandes verbracht hatte.

3.1.2. Hans Fleißner (1881 – 1928) (40)

Als Sohn eines Bergdirektors in Zwodau bei Falkenau a. d. Eger (Böhmen) geboren, studierte Fleißner Chemie an der Deutschen Technischen Hochschule in Prag und schloß sein Studium mit der Promotion zum Dr. techn. ab, worauf er sich für Silikatchemie habilitierte. In Brüx (Böhmen) schuf Fleißner anschließend die k.k. Berg-technische Versuchsanstalt, die sich im besonderen mit Schlagenden Wettern und mit Chemie der Kohlenwas-serstoffe beschäftigte.

1921 folgte Fleißner einer Berufung an die Montanistische Hochschule Leoben und vertrat dort das Fach Angewandte Chemie. Unter Einbeziehung der physika-lischen Chemie widmete sich Fleißner – seit 1922 Or-dentlicher Professor (Abb. 9) – den feuerfesten Tonen und den Quarziten sowie der Gasanalyse und den Vor-



Hans Fleißner (1881-1928) in 1908. Dies brachte ihn mit dem Arch. Min.-Rat Dipl.-Ing. Mag. iur. Alfred Weiß in Kontakt, um die Probleme der Trocknung westlicher Lignite zusammen, und es gelang ihm bald, ein Trocknungsverfahren bis zur Betriebsreife zu entwickeln (Fleißner-Verfahren) (41), (42). „In folgerichtiger Auswertung einfacher, aber sehr wesentlicher physikalisch-chemischer Grundprinzipien“ (43) arbeitete er gemeinsam mit Anton Apold ein neuartiges Erzröstverfahren aus, an dessen Grundlagenforschung auch Mitarbeiter des Chemie-Institutes, z. B. Franz Duftschmid, beteiligt gewesen waren.

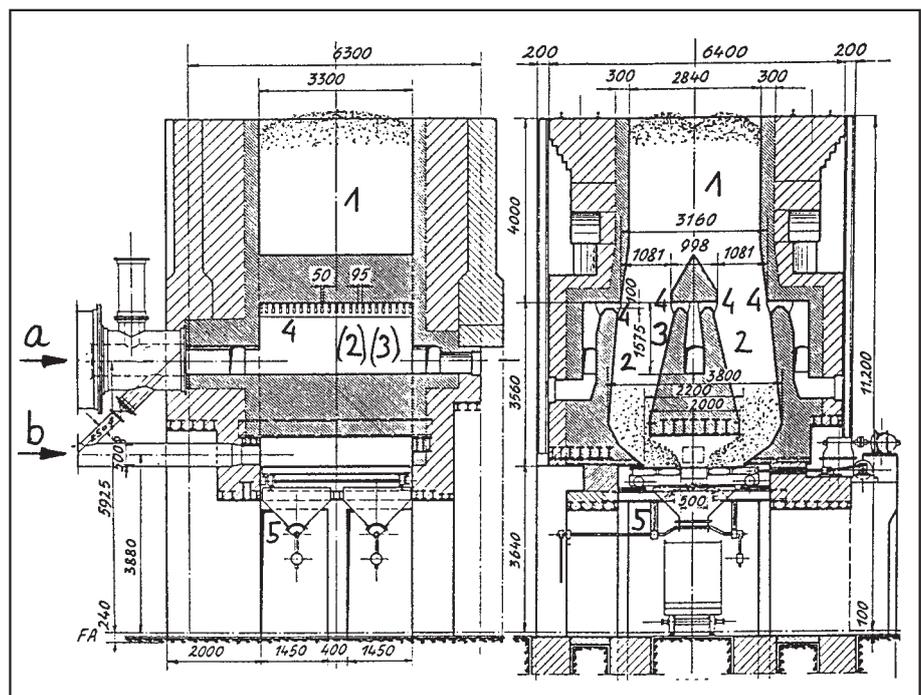
Obwohl chemisch-physikalische Vorgänge in Bergbau- und in Hüttenbetrieben zum eigentlichen Interessensbereich Fleißners zählten, stand er in engem Kontakt zu Glasschmelzen, zur keramischen Industrie sowie zu Zellstoff- und Papierfabriken im In- und im Ausland.

Hans Fleißner starb 1928 nur 47jährig in Karlsbad. Sein Tod bedeutete für Hochschule und Montanindustrie einen schweren Verlust.

3.2. Grundlagen des Apold-Fleißner-Erzröstverfahrens und Vorversuche

Konventionelle Schachtröstöfen für Mischbegleichung arbeiteten mit ungefähr 15 % Kohlenverbrauch, bezogen auf ausgetragenes Rösterz. Dazu kamen als weitere Nachteile die nicht seltene ungleichmäßige Röstung bis Schmolzbildung und die Verunreinigung des Röstgutes durch Kohlenasche sowie – der wohl entscheidende Faktor – die geringe Leistung auch großer Öfen. In Kenntnis dieser Probleme führten Hans Fleißner gemeinsam mit Franz Duftschmid und Anton Apold Röstversuche mit steirischem Spateisenstein aus, die ein neues Röstverfahren erbrachten, „... welches davon ausgeht, daß eine Zerlegung des Eisenspates bereits bei sehr niedriger Temperatur in größerem Umfange vor sich geht, wenn man dafür Sorge trägt, daß das gebildete CO_2 rasch abgeführt wird, und daß es möglich ist, unter diesen Umständen auch kindskopfgroße Erzstücke bei einer Temperatur von 500 bis 600 °C innerhalb weniger Stunden vollkommen durchzurösten. Dadurch ergab sich die Aussicht, die Röstung bei wesentlich tieferen Temperaturen als bisher durchzuführen und eine neue Röstofentypen mit unvergleichlich kleinerer Durchsatzzeit und größerer Leistungsfähigkeit zu schaffen. Eine weitere wesentliche Erkenntnis war, daß eine planmäßige Rückführung der bei der Oxydation des FeO zu Fe_2O_3 gebildeten Wärme in den Röstprozeß eine ganz bedeutende Brennstoffersparnis ergeben müßte“ (44).

Abb. 10: Eisenerz. Apold-Fleißner-Erzröstofen, 1925. Aus Schuster, Die Erzbergbaue ... Anm. 11, S. 172.
 a = heißes Abgas bzw. Heißwind
 b = Kühlwind
 1 = Röstschacht
 2 = Kühlschacht
 3 = Trennsockel („Eselsrücken“)
 4 = Schlitzreihen
 5 = Austragsvorrichtung für Rösterz.



Bei den angegebenen Temperaturen wäre nur Eisenspat, aber nicht Kalkspat und andere karbonatische Begleitminerale des Eisenerz Rohspates zerlegt worden. Eine solche „Halb- oder Teilröstung“ schien zunächst bei einem spatarmen Erz (Haldenerz) nennenswerte Vorteile zu bringen, wurde aber nach nur kurzer Versuchsdauer zugunsten der „vollkommenen Röstung“ bei 800 – 900 °C aufgegeben, die eine überraschend gute Wärmebilanz zeigte.

Das Prinzip der neuen, ungefähr ab Mitte 1925 als „Apold-Fleißner-Erzröstverfahren“ bezeichneten Röstmethode für Spateisenstein sei mit den Worten Richard Branhofers (45), der sich um Realisierung und Verbesserung von Apold-Fleißner-Öfen größte Verdienste erwarb (siehe Pkt. 3.3.1. Eisenerz) und anhand von Abb. 10 beschrieben: „In einem nur mit Roherz beschickten Schachtofen (d. h. keine Mischbegichtung) wird die zur Röstung notwendige Wärme entweder in Form heißen Windes oder kohlendioxidarmer Abgase zugeführt, die von einer besonderen Feuerung stammen und in bestimmter Menge und mit entsprechender Temperatur eingeführt werden. Außerdem wird in den unteren Teil des Röstofens, der als Kühlschacht ausgebildet ist, kalte Luft (Kühlwind) eingeführt, welche die an das Röstgut gebundene Wärme im Gegenstrom in den Röstvorgang zurückgeführt und gleichzeitig eine rasche, kräftige Oxydation des aus dem Eisenkarbonat entstandenen Eisenoxyduls zu Eisenoxyd herbeigeführt. Die heißen, in die Röstzone des Ofens eingeführten Abgase (Heißwind) und besonders der Kühlwind sorgen für eine rasche Wegführung des aus den Karbonaten abgespaltenen Kohlendioxyds (Verminderung des Kohlendioxyd-Partialdruckes). ...Mit Hilfe einer genau einstellbaren, ununterbrochen arbeitenden Austragsvorrichtung können bei richtiger Bemessung der Heiß- und der Kühlwindmengen die jeweils günstigen Temperaturen in allen Schichten und über den ganzen Querschnitt des Ofens genau eingehalten werden.“ Über die betriebliche Anwendung des Apold-Fleißner-Erzröstverfahrens berichtete Branhofer weiter: „Im unteren Teil eines Schachtofens mit rechteckigem Querschnitt ist ein ‘Eselsrücken’ eingebaut, der den Kühlschacht in zwei voneinander getrennte Schächte teilt. ...Zwecks Zuführung der heißen Abgase in den Ofen sind im Kopf dieses Rückens sowie in den beiden Seitenwänden des Ofens Kanäle mit Schlitzreihen vorhanden, durch die die heißen Abgase in das Ofeninnere eintreten. ...Um die Abgase mit dem notwendigen Überdruck in den Ofen einführen zu können, werden schon die Verbrennungsluft und der Luftüberschuß mit der erforderlichen Pressung zugeführt und zwar dergestalt, daß der Heizraum der Feuerung unter Druck gesetzt wird. Die heißen Abgase (Heißluft) gelangen aus der Verbrennungskammer durch eine Heißwindleitung in den Röstofen, wo sie durch den mittleren Blaskopf und die beiden seitlichen Kanäle und Schlitzreihen in das Ofeninnere eintreten. Die niedergehenden Erze gelangen nach erfolgter Röstung in den geteilten Kühlschacht, in welchem ihnen der durch eine Leitung vom Bläser knapp oberhalb des Austragisches in den Ofen eingeführte Kaltwind entgegenströmt. Der im Kühlschacht aufsteigende Kaltwind wärmt sich im Gegenstrom vor,

indem er einen Großteil der fühlbaren Wärme des heißen niedergehenden Röstgutes sowie Oxydationswärme aufnimmt. Der vorgewärmte Kühlwind ... verringert gleichzeitig den Teildruck (Partialdruck) des Kohlendioxyds im Ofen.“

Im Anschluß an diese Kurzbeschreibung des Apold-Fleißner-Röstverfahrens wird in Tabelle 1 die Wärmebilanz für einen Anfang 1926 gebauten Apold-Fleißner-Ofen in Donawitz wiedergegeben; die Angaben beziehen sich auf einen ungefähr halbjährigen Betrieb. Demnach kommen bei den Wärmeinnahmen ein Drittel durch Oxydationswärme und ein Viertel durch Rückgewinnung fühlbarer Wärme aus dem Rösterz mittels Kühlwindes in den Gesamtprozeß.

Tabelle 1: Wärmebilanz eines Apold-Fleißner-Erzröstofens (1926/27) für 1 t Rohspat (45).

Wärmeinnahmen	kJ (46)	%
Brennstoffwärme	607.090	34,99
Oxydationswärme	578.070	33,32
Wärme im Rohspat	8.080	0,46
Wärme in der Kühlluft	8.120	0,47
Rückgewinn aus fühlbarer Wärme des Röstspates	356.720	20,57
fühlbare Wärme der ausgetriebenen Kohlensäure	176.720	10,19
Summe der Wärmeinnahmen	1.734.800	100,00
Wärmeausgaben	kJ	%
Karbonatzersetzung	842,840	48,58
Äußere Arbeit bei der Austreibung der Kohlensäure	26.960	1,55
Erwärmung der Beschickung	572.470	33,00
Verluste der Feuerung	118.280	6,82
Abgasverluste	126.440	7,29
Strahlungs- und Leitungsverluste	47.810	2,76
Summe der Wärmeausgaben	1.734.800	100,00

In einer Mitteilung der Wärmestelle und des Hochofens im Verein Deutscher Eisenhüttenleute (Wärmeaufgaben) 1939 der bekannte Energiefachmann Kurt Guthmann die Vorteile des Apold-Fleißner-Röstofens – guter Wirkungsgrad und gleichmäßige Temperaturverteilung – hervor, indem er die wichtigsten Kennzahlen einer Wärmebilanz nennt (47): „Von dem erforderlichen Gesamtwärmebedarf sind 30,7 % durch den Brennstoff zu decken, 35,8 % bringt... die Oxydationswärme und 22 % werden allein durch die Windvorwärmung infolge Kühlung des Rösterzes im unteren Ofenschacht eingebracht. ... Die Zersetzung der Karbonate als eigentliche Nutzwärme erfordert 53,8 %; zieht man hiervon die Oxydationswärme ab, so ergibt sich für die

eingebraachte Brennstoff-, d. h. Gaswärme der hohe Wirkungsgrad von rd. 58 %.“

Laut Schuster (44) wurden „in kleinerem betriebsmäßigem Umfang in Donawitz 1923 und ungefähr bis Frühjahr 1924 Röstversuche nach Ideen von H. Fleißner und A. Apold“ (wohl auch von F. Duftschmid) vorgenommen. Bedauerlicherweise gibt es keine Aufzeichnungen über diese Versuche, auf welchen ab Jahresbeginn 1924 Richard Branhofer in Eisenerz aufbauen konnte; Branhofer erwähnt die Donawitzer Arbeiten zwar einige Male, bringt aber keine auch noch so kurzen Details.

3.3. Standorte von Apold-Fleißner-Öfen

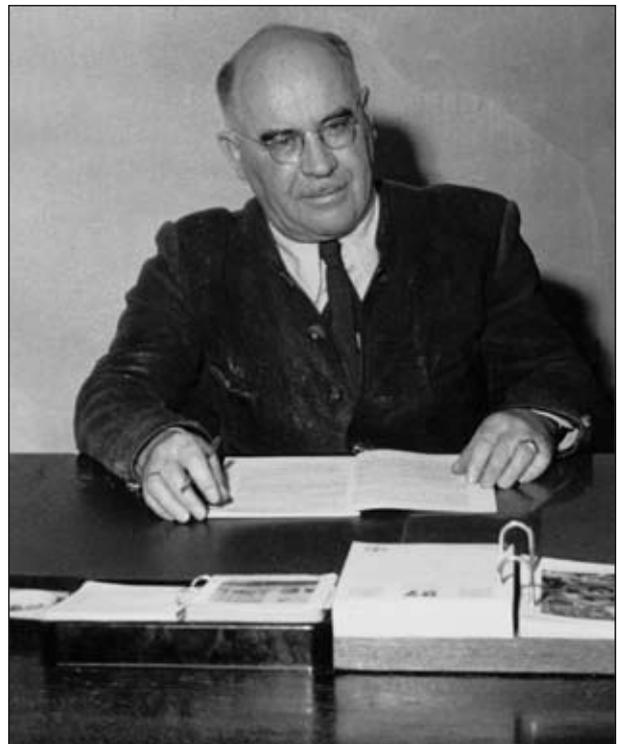
3.3.1. Eisenerz (Steiermark)

Als zu Jahresbeginn 1924 erste erfolgversprechende Versuchsergebnisse mit der neuen Rösttechnologie in Donawitz vorlagen (siehe Pkt. 3.3.2.), ordnete die ÖAMG-Generaldirektion die Fortsetzung aller diesbezüglichen Maßnahmen ab April 1924 in Eisenerz an und beauftragte das dortige Konstruktionsbüro mit der Erstellung von Ofenbauplänen. War das Konzept des neuen Röstofens in Grundzügen klar (Schachtofen mit geteiltem Kühlschacht, Zufuhr heißen Abgases und von Kühlluft sowie kontinuierlicher Rösterzaustrag), so fehlte doch jede Erfahrung mit der in Donawitz nur versuchsmäßig entwickelten Technologie nach Apold-Fleißner. Außer dem Konzept stand auch fest, einen der vielen vorhandenen Schachtofen für Mischbegichtung entsprechend umzubauen. Das Eisenerzer Konstruktionsbüro übertrug die keineswegs einfache Aufgabe, einen „Apold-Fleißner-Erzröstofen“ zu entwerfen und zu planen, kurzerhand dem jungen Assistenten Dipl.-Ing. Richard Branhofer, der – wie es in einem späteren Dienstzeugnis heißt – „... an Projektierung und Ausarbeitung der Apold-Fleißner-Röstöfen maßgeblich beteiligt war“ (48). Der Beschreibung weiterer Entwicklungen im Eisenerzer Röstwesen sei aber Branhofers Lebenslauf vorangestellt (49).

1897 in Iglau (Mähren) geboren, studierte Branhofer nach dreijährigem Kriegsdienst in der k.u.k. Armee (zuletzt Kompanie-Kommandant) von November 1918 bis Juli 1922 in Leoben Eisenhüttenwesen. Mit September 1922 trat er als Konstrukteur im Eisenerzer Bergbau- und Hochofenbetrieb in die ÖAMG ein, wo er sich – bald Betriebsassistent – fast ausschließlich mit dem Apold-Fleißner-Röstverfahren beschäftigte; von Mai bis August 1923 leitete er die letzte Schmelzkampagne des Hief্লাuer Kokshochofens. Die schon in den ersten Monaten erfolgreichen Arbeiten Branhofers bei dem neuen Röstverfahren brachten ihm 1925 die Ernennung zum Betriebsleiter der gesamten Eisenerzer Röstanlage ein; in dieser Eigenschaft gelang es ihm, zum Fortschritt und schließlich zur endgültigen Betriebsreife des Apold-Fleißner-Verfahrens wieder wesentlich beizutragen. Von 1928 bis 1932 wirkte Branhofer als Betriebsleiter der Hochöfen in Donawitz und in Eisenerz; bis 1935 war er Technischer Direktionsassistent, sodann Chef der Fabrik feuerfester Steine in Donawitz und ab 1937 Hochofen-

chef in Eisenerz. In Anerkennung seiner Verdienste um die Roheisenerzeugung im Alpine-Konzern wurde Branhofer 1938 zum Hütteninspektor der Hochofenbetriebe Donawitz und Eisenerz (50) ernannt.

1939 ging Branhofer nach Linz und übernahm die Bauleitung der Hochofenanlage samt Sinterbändern im entstehenden Hüttenwerk der im Juni 1939 geschaffenen Alpine Montan Aktiengesellschaft „Hermann Göring“ Linz (51). Von April 1941 bis Mai 1945 war er Direktor-Stellvertreter in der Hütte Linz, wo er bis Juni 1946 verblieb. Er trat sodann in das Salzburger Privatunternehmen Eisenwerk Sulzau-Werfen (Konkordiahütte) ein, das er ab April 1947 als Werksdirektor führte (Abb. 11). Seit 1957 übte Branhofer Beratertätigkeiten bei der Brassert Oxygen Technik AG (Zürich) und beim Bau eines Hüttenwerkes in Saixal (Portugal) aus, dessen Inbetriebnahme er 1963 verantwortlich leitete. Branhofer, ein technisch und humanistisch hochgebildeter Eisenhüttenmann, der seinen Ruhestand in Salzburg verbrachte, starb kurz vor Vollendung seines 92. Lebensjahres im März 1989. Zuvor hatte er seine (leider nicht vollständigen) Aufzeichnungen über die Frühzeit des Apold-Fleißner-Verfahrens in Eisenerz, die Inangsetzung eines Apold-Fleißner-Ofens in Beni-bu-Ifrur (siehe Pkt. 3.3.4.) sowie den Hochofenbetrieb in Eisenerz bis 1938 und in Linz bis April 1945 dem Verfasser vorliegender Publikation übergeben.



Oberer Röstofenplan aus Münchboden, mehrere in Abb. 11. Richard Branhofer (1897-1989), um 1930. Entworfen von Alfried Bräuer von Battmann, zusammengefaßte Schachtröstöfen für Mischbegichtung und teilweise auch für Unterwind. Branhofer hatte nun in der ersten Jahreshälfte 1924 (wahrscheinlich im März) den Auftrag erhalten, den westlichsten Mischbegichtungsöfen der Rei-

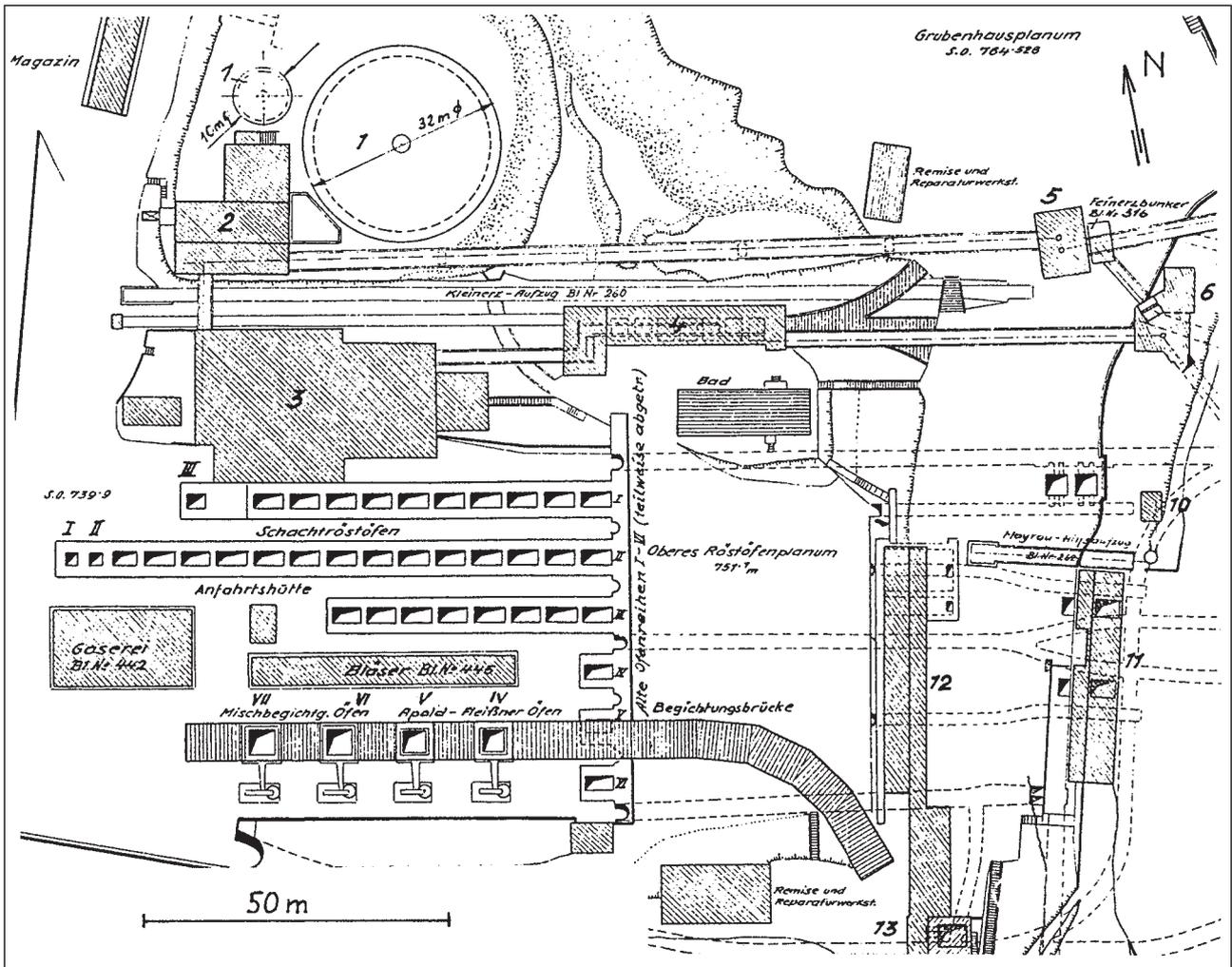


Abb. 12: Eisenerz-Röstöfen und andere Anlagen auf dem Münzboden beim Steirischen Erzberg, um 1940. Ausschnitt aus Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 440.

Links unten: Schachtröstöfen in den sog. Alten Ofenreihen I – IV; alte Apold-Fleißner-Röstöfen I, II und III sowie neue Apold-Fleißner-Röstöfen IV und V und neue Mischbegichtungsöfen VI und VII samt Nebenanlagen. 1 = Eindicker für Erzschlamm, 2 = Pumpengebäude, 3 = Feinerzauflbereitung „Josef“, 4 = Mischanlage, 5 = Bergebunker (taubes Feinmaterial), 6 = Windenhaus und Bandübergabe, 10 = Windenhaus für Hilfsaufzug, 11 = Rätter, 12 = Erzbunker (Erzhalde Mayrau), 13 = Rätter

Tabelle 2: Betriebskennwerte der Apold-Fleißner-Röstöfen I und II in Eisenerz (57), (58).

Jahr	Monat	Betriebs-tage	Erzeugung t Röstertz		Kohleverbrauch % bezogen auf Röstertz	Röstcalo %
			gesamt	Tagesdurch-schnitt		
1924	Oktober	13	1.386,7	106,6	6,9	14,87
	November	20	2.577,9	128,0	6,5	15,77
	Dezember	27	3.765,0	139,0	6,0	18,80
1925	Jänner	22	2.315,8	109,0	8,1	24,79
	Februar	24	3.129,8	130,0	6,6	20,41
	März	28	3.180,9	143,0	6,8	25,81
	April	27	3.177,4	117,0	7,1	20,15
	Mai	10	2.017,1	201,0	5,1	23,80
	Juni	27	6.334,0	234,0	5,3	23,98
	Juli	23	3.397,9	147,7	7,8	23,14
	August	16	3.189,3	199,0	4,5	22,90
	September	29	6.676,0	230,0	3,6	23,91
	Oktober	31	7.736,3	249,5	3,1	23,90
	November	12	3.239,8	249,0	3,4	23,10
	Dezember	13	2.579,7	198,0	5,8	21,80

he II in einen „Lufröstofen“ (bald danach Apold-Fleißner-Ofen genannt) nach vorläufigen Donawitzer Erfahrungen umzubauen. Dieser Umbau – eigentlich ein Neubau – begann im Juni 1924, worauf Branhofer seine ausführlichen Gedanken unter dem Titel „Die Halbbröstung und der Versuchsröstofen am Münzboden“ im August 1924 handschriftlich darlegte (52). Ofen I, der erste Erzröstofen nach dem System Apold-Fleißner, kam nach viermonatiger Bauzeit im Oktober 1924 in Betrieb und arbeitete mit einer Kohlenstaubfeuerung zwecks Heißwinderzeugung (53), (54). Trotz großer Verbrennungsräume verlegte mitgerissene Asche die Leitungen, so daß man den erforderlichen Winddruck im Röstgut nicht erreichte und daher die Ofenleistung hinter allen Erwartungen weit zurückblieb. Infolge dieser Probleme wurde Anfang 1925 der Bau des zweiten Apold-Fleißner-Ofens (Ofen II) mit einer Unterschubrostfeuerung begonnen. Mit dieser Feuerung lief Ofen II im Mai 1925 an, zeigte aber starke Schlackenbildung auf dem Rost, weshalb man im Sommer desselben Jahres eine Pluto-Stoker-Feuerung (55) installierte, die sich bestens bewährte. Inzwischen war ein von Neuberg a. d. Mürz übertragener Kerpely-Gasgenerator (56) aufgestellt worden, so daß Ofen I ab Juli 1925 nicht mehr mit der Kohlenstaub-, sondern mit einer Gasfeuerung bzw. einem Torsionsbrenner beheizt werden konnte. Abb. 13 und 14 geben diesen, Mitte 1925 erreichten Bauzustand der Apold-Fleißner-Röstöfen wieder, deren Betriebskennwerte aus Tabelle 2 hervorgehen.

Im April 1926 lief der dritte Apold-Fleißner-Röstofen (Ofen III) an (59), den man zur ersten Alten Röstofenreihe dazugebaut hatte (Abb. 12). Die Beheizung erfolgte wie bei Ofen I mit Generatorgas, wofür nun zwei Kerpely-Gasgeneratoren zur Verfügung standen, nämlich jener von 1925 und ein vom ÖAMG-Werk Zeltweg übernommener. Branhofer hatte als Betriebsleiter der gesamten Eisenerzer „Röst“ bei Bau und Inbetriebsetzung des dritten Ofens auf seine profunde Erfahrung zurückgreifen können, so daß es praktisch keine Anlaufschwierigkeiten gab. Mit Beginn der Röstlerproduktion in Ofen III fand die teilweise Neugestaltung des Eisenerzer Röstbetriebes einen vorläufigen Abschluß; in welchem Ausmaß die Apold-Fleißner-Öfen Leistung und Aufwand bei der „Röst“ günstig beeinflusst haben, läßt sich an den Erzeugungs- und den Verbrauchszahlen in Tabelle 3 ablesen.

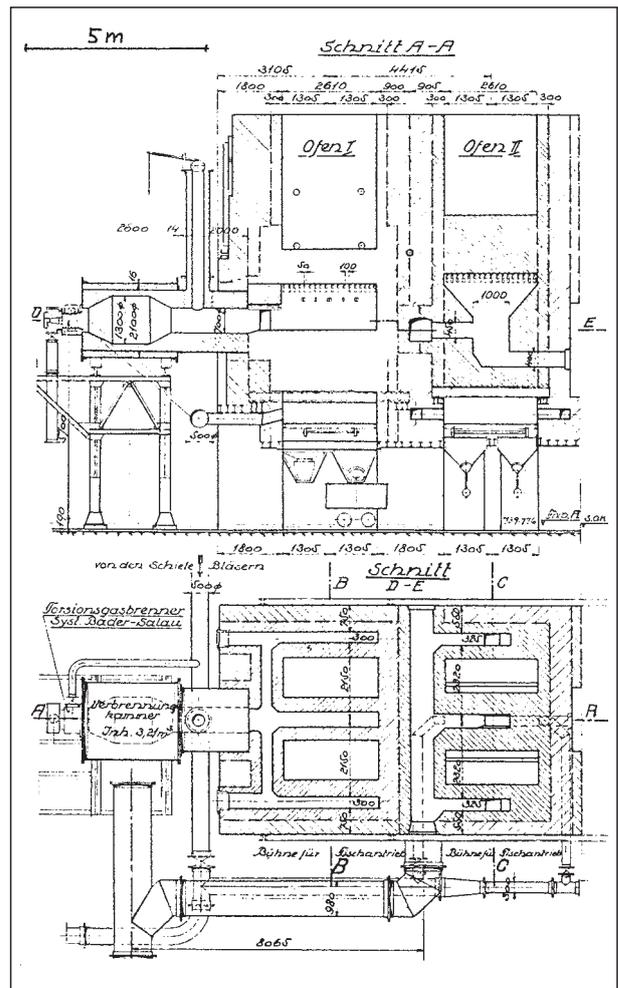


Abb. 13: Eisenerz. Apold-Fleißner-Röstöfen I und II auf dem Münzboden beim Steirischen Erzberg, nach Mitte 1925 (wahrscheinlich um 1930). Schnitte A – A und D – E vgl. Abb. 14.

	Feuerung	Leistung t Röstlerz pro Tag
Ofen I	Generatorgas	220
Ofen II	Pluto-Stoker Kohle (stückig)	220

Gegen Ende der zwanziger Jahre hat man in Eisenerz die Gichtgasfeuerung der Apold-Fleißner-Öfen erwogen, nachdem sich dieser Brennstoff in Donawitz bewährt hatte. Dafür wäre eine Überstellung oder ein Neubau der Öfen in das Hochofenwerk Münichtal oder der Bau einer Gichtgasleitung vom benachbarten Münichtal zum Münzboden erforderlich gewesen. Ohne Berücksichtigung der Baukosten hätten die Kosten des mit Gichtgas erzeugten Röstlerzes weniger als die Hälfte der Kosten des mit Generatorgas produzierten Röstlerzes betragen (60).

In den Jahren 1925 und 1926 wurden Röstversuche mit Erzen von ausländischen Gruben und mit Eisenerzer

Tabelle 3: Betriebskennwerte der Röstöfen in Eisenerz um 1927/28 (57).

Ofenart	Ofeninhalte (gesamt) m ³	Erzeugung t Röstlerz pro Tag	Kohlenverbrauch %, bezogen auf Röstlerz	Feuerung bzw. Brennstoff
Schachtöfen	50	10 – 15	16 – 18	Mischbegichtung
Apold-Fleißner-Ofen I	52	250 – 350	4 – 5	Generatorgas
Apold-Fleißner-Ofen II	50	250 – 310	3 – 4,5	Rostfeuerung (Pluto-Stoker)
Apold-Fleißner-Ofen III	60	350 – 420	2,8 – 3,4	Generatorgas

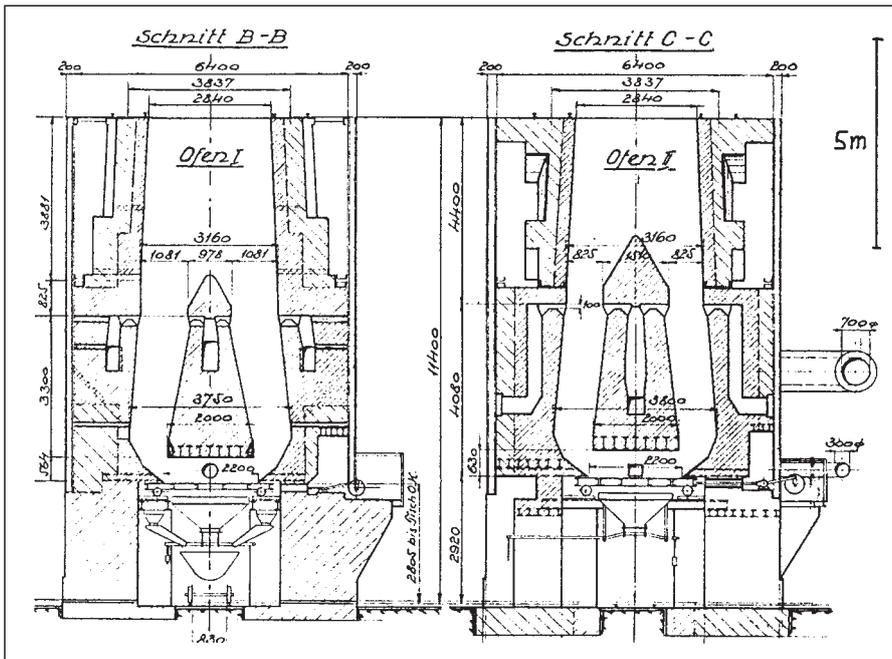


Abb. 14: Eisenerz. Apold-Fleißner-Röstöfen I und II auf dem Münzboden beim Steirischen Erzberg, nach Mitte 1925 (wahrscheinlich um 1930). Schnitte B - B und C - C vgl. Abb. 13. Ausschnitt aus Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 458.

Tabelle 4: Jahreserzeugung der Röstöfen und der Sinteranlage in Eisenerz von 1920 bis 1946 (62)

Jahr	Erzeugung t Röst- bzw. Sintererz				
	Mischbegichtungsöfen (Alte Ofenreihe I - VI)	Neue Misch- begichtungsöfen	Apold-Fleißner-Öfen	Gesamtrösterz	Sintererz
1920	22.500	—	—	22.500	—
1921	96.400	—	—	96.400	31.500
1922	171.900	—	—	171.900	55.700
1923	144.400	—	—	144.400	35.700
1924	66.600	—	7.700	74.300	6.900
1925	157.200	—	46.900	204.100	19.500
1926	48.600	—	82.300	130.900	13.800
1927	102.300	—	161.400	263.700	23.000
1928	164.300	—	209.500	373.800	65.700
1929	91.200	—	235.600	326.800	77.700
1930	5.200	—	188.700	193.900	31.900
1931	11.700	—	—	11.700	—
1932	3.500	—	—	3.500	—
1933	—	—	—	—	—
1934	14.000	—	52.800	66.800	25.900
1935	—	—	134.800	134.800	66.900
1936	—	—	213.600	213.600	95.200
1937	49.600 ^{a)}	98.300	302.500 ^{c)}	450.400	98.200
1938	31.800 ^{a)}	263.800	445.300	740.900	126.500 ^{e)}
1939	—	289.000	383.100	672.100	203.400
1940	—	337.700	360.800	698.500	208.400
1941	—	355.700	260.500	616.200	151.600
1942	—	382.300	280.200	540.700	100.400 ^{f)}
1943	—	427.000	202.300	629.300	—
1944	—	402.900	269.900	672.800	—
1945	—	48.700	8.500	57.200	—
1946	—	75.200 ^{b)}	—	75.200	—

a) umgebaute Apold-Fleißner-Öfen I – III;
 b) Ende des Röstbetriebes 1974 (63)
 c) Öfen III, IV und V, ab 1941 nur IV u. V

d) dritter Apold-Fleißner-Ofen 1951/52 auf Mischbegichtung umgebaut
 e) neues Band in Betrieb genommen
 f) Sinterbetrieb aufgelassen

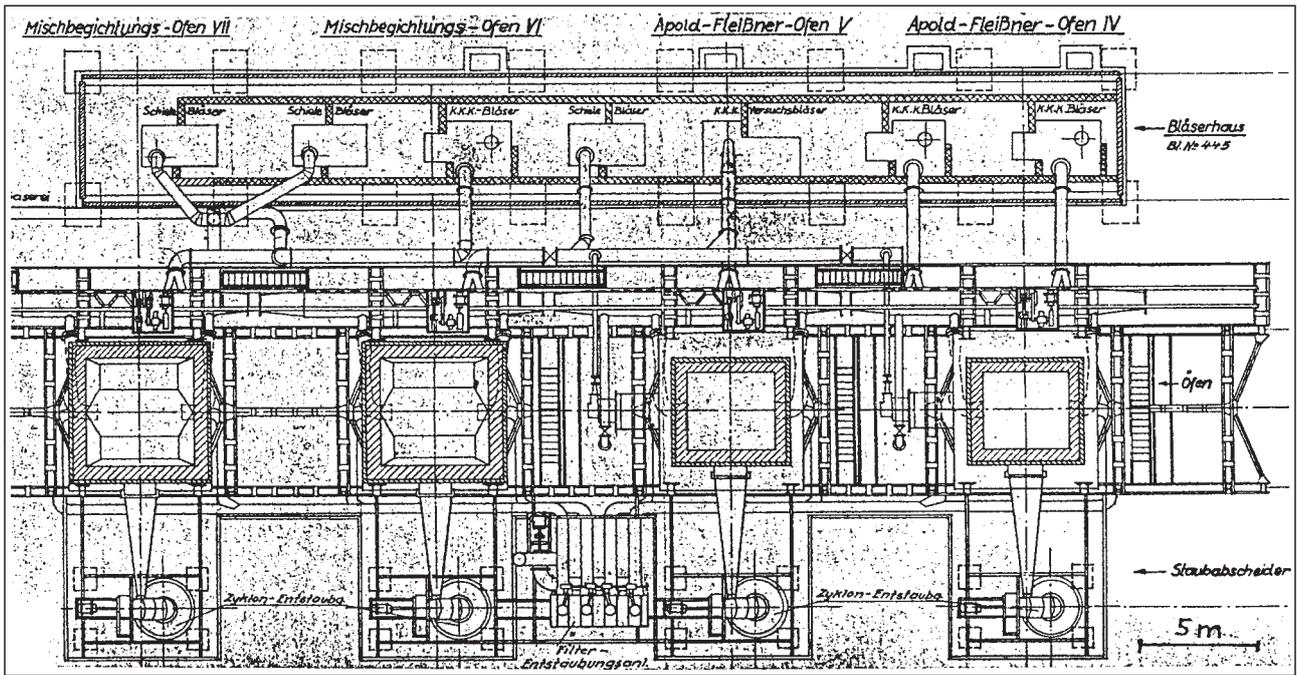


Abb. 15: Eisenerz. Apold-Fleißner-Röstöfen IV und V sowie Mischbegichtungs-Röstöfen VI und VII auf dem Münzboden beim Steirischen Erzberg. Oben: Bläserhaus; Mitte: Röstofenreihe; Unten: Zyklon-Staubabscheider. Ausschnitt aus Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 441.

Kleinerz durchgeführt, wobei sich die Apold-Fleißner-Öfen ebenfalls bewährten (61): Spateisenstein aus der Oberpfalz, dem Siegerland und auch Oberungarn, Rot- und Magnetstein aus Spanisch-Marokko (Entschwefelungsversuche), Trocknungsversuch mit ungarischem Bauxit sowie Röstversuche mit Eisenerzer Kleinerz (<20 mm, sortiert und unsortiert).

Soweit feststellbar, erfuhren die Eisenerzer Röstanlagen und Sinterbänder bis Ende 1936 keine nennenswerten Veränderungen oder Modernisierungen. Die Mischbegichtungsöfen in den Alten Ofenreihen I – IV (Abb. 12) erzeugten im Vergleich zu den Apold-Fleißner-Öfen, die wie beide Sinterbänder in den Jahren 1931 – 1933 ruhten, nur sehr wenig Röstert, wie Tabelle 4 (62) belegt.

Mit 235.600 t Röstert hatten die drei Apold-Fleißner-Öfen 1929 ihre vorläufige Gesamthöchstleistung erzielt. Die beiden Eisenerzer Hochöfen (angeblasen 1901 bzw. 1913) waren zwar nicht die einzigen, aber sehr wichtige Abnehmer von Röstert. Ihre Stilllegung – Ofen II von 1928 bis November 1938 und Ofen I von 1930 bis Juni 1937 – im Zuge der allgemeinen Wirtschaftskrise hatte sich auf den Röstbetrieb selbstverständlich ausgewirkt, der erst 1934/35 wieder in Schwung kam, als die ÖAMG Röstert exportieren konnte. Auch die Wiederaufnahme der Roheisenerzeugung in Eisenerz zur Jahresmitte 1937 hing mit Exporten vor allem in das Deutsche Reich zusammen (64).

Der zu erwartende Erz- bzw. Röstert- und Roheisenbe-

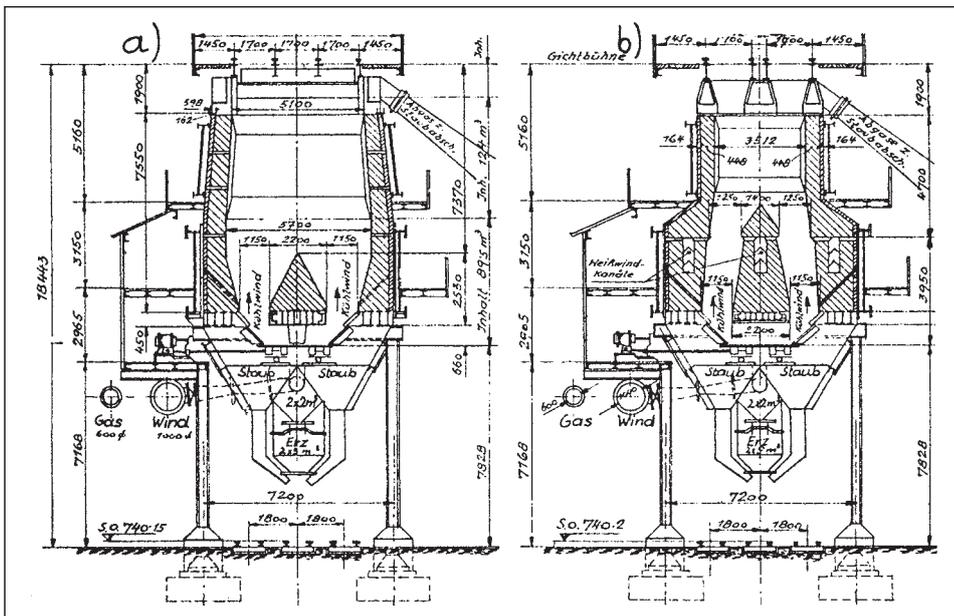


Abb. 16: Eisenerz. a) Mischbegichtungs-Ofen, b) Apold-Fleißner-Ofen um 1940. Senkrechter Schnitt quer zur Längsachse der Ofenreihe, vgl. Abb. 15. Ausschnitt aus Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 441

darf veranlaßte 1937 die ÖAMG, deren Aktienmehrheit der deutsche Konzern Vereinigte Stahlwerke AG hielt (65), u.a. zu Modernisierung und Ausbau ihrer Eisenerzer Röstanlage in zwei Phasen, nämlich Neubau von je zwei Apold-Fleißner- und Mischbegichtungsöfen sowie Umbau der drei bestehenden Apold-Fleißner-Öfen auf Mischbegichtung.

Zur Realisierung der Neubauphase wurden – siehe Abb. 12 – die Alten Ofenreihen III-VI großteils geschleift, um Platz für Gaserei und Bläser sowie für die Apold-Fleißner-Röstöfen IV und V bzw. den Mischbegichtungsöfen VI zu gewinnen. Die Gaserei (66) bestand im wesentlichen aus einem senkrechten Becherwerk und zwei Koller-Gasgeneratoren (67), die zusammen ca. 3 t Köf-lacher Braunkohle pro Stunde vergasten. Unabhängig von seiner Bauart sollte jeder Röstofen 550 – 600 t Rösterz pro Tag erzeugen. 1940 folgte ein zweiter Mischbegichtungsöfen (Ofen VII); die Anlage, deren Grundriß Abb. 15 wiedergibt, kam in vier Schritten in Betrieb (68):

Apold-Fleißner-Öfen (Abb. 16):
IV ... 28. Oktober 1937, V ... 3. November 1937

Mischbegichtungsöfen (Abb. 16)
VI ... 19. Oktober 1937; VII ... Mitte November 1940



Die Tageserzeugung dieser Röstöfen (Abb. 17) geht aus Tabelle 5 hervor. Die Tageserzeugung dieser Röstöfen (Abb. 17) geht aus Abb. 17: Eisenerz. Neue Apold-Fleißner- und Mischbegichtungsöfen auf dem Münzboden beim Steirischen Erzberg, wahrscheinlich um 1938/39; Blickrichtung ungefähr Osten. Undatierte Fotografie im Besitz von H.J. Köstler (Nachlaß Wilhelm Schuster).

Tabelle 5: Tageserzeugung der Apold-Fleißner-Öfen IV und V sowie der Mischbegichtungsöfen VI und VII.

Jahr	t Rösterz pro Tag	
	Apold-Fleißner-Öfen	Mischbegichtungsöfen
1938	1.220 ^{a)}	723
1939	1.058 ^{a)}	792
1940	1.076 ^{a)}	973
1941	724	976
1942	770	1.050

Die Umbauphase begann alle alten Apold-Fleißner-Öfen (I, II und III), die zwischen 1938 und 1940 zu Mischbegichtungsöfen umgestaltet wurden: Ofen I im September 1938, Ofen II im März 1938 und Ofen III im April 1940. Die Umbauphase forderte lediglich das Verschließen der Schlitze in den Ofenwänden und die Verkleinerung des Eselsrückens auf die ungefähr halbe Höhe. Die Kühlluftzufuhr blieb fast unverändert (69).

Zu Kriegsende im Mai 1945 kam es neuerlich zu grundlegenden Veränderungen im Eisenerzer Röstbetrieb, indem die Apold-Fleißner-Öfen IV und V stillgelegt wurden – die einst für Eisenerz so bedeutenden Öfen dieser Bauart sollten hier nicht mehr anlaufen. Darüber hinaus standen beide Hochöfen seit Anfang 1945 kalt – auch sie wurden nicht mehr angeblasen. Die Mischbegichtungsöfen produzierten nach Kriegsende weiter, wobei das Rösterz so guten Absatz fand, daß ein ruhender Apold-Fleißner-Ofen auf Mischbegichtung umgebaut wurde und im Februar 1952 (68) die Erzeugung aufnahm. Die sodann drei Mischbegichtungsöfen (70) umfassende Eisenerzer Röstanlage (71), (72) stand bis 1974 unter Feuer; das Rösterz wies u. a. durchschnittlich 47 % Eisen und 2,5 % Mangan auf.

3.3.2. Donawitz (Steiermark)

Nach Erarbeitung neuer Erkenntnisse über die Röstung von Spateisenstein im Institut für Chemie an der seinerzeitigen Montanistischen Hochschule Leoben entschloß sich die ÖAMG bei Jahresbeginn (?) 1923 unter Führung ihres Generaldirektors Anton Apold zu großtechnischen Röstversuchen in Donawitz, wo Gichtgas in entsprechender Menge zur Verfügung stand. Die Resultate dieser Erzröstversuche, über die offenbar keine Details mehr vorliegen, stellten die Basis weiterer Arbeiten in Eisenerz dar, die in Pkt. 3.3.1. ausführlicher erörtert worden sind und nach vorläufigem Abschluß nun für Donawitz maßgeblich waren. Außerdem stand der Chef des Eisenerzer Konstruktionsbüros ab 1924 dem gleichen Büro in Donawitz vor, so daß ein ungehinderter Technologietransfer von Eisenerz über den Präbichl nach Donawitz ablief (73).

Für den Bau dreier Apold-Fleißner-Erzröstöfen in Donawitz wurde 1925 eines der Roherzmagazine nordwestlich der Hochöfen abgetragen, und schon im folgenden Jahre konnten die neuen Röstöfen in Betrieb gehen, die sich von jenen in Eisenerz vor allem durch

- dünneres feuerfestes Mauerwerk (Materialersparnis),
- einen massiven Blechmantel (Stabilität und Gasdichtheit),
- einen hohen Unterbau (Einbau eines Zwischenbunkers),
- Kippkübelbegichtung,
- Staubabsaugung (Einbau bald nach Inbetriebnahme) und
- Gichtgasfeuerung

unterschieden (74). 1927 folgten der vierte Apold-Fleißner-Ofen und der zweite Kippkübel-Schrägaufzug. Alle Röstöfen bewährten sich so gut, daß 1928 der fünfte Ofen gebaut wurde, dessen Inbetriebnahme die Auflasung aller Mischbegichtungsöfen ermöglichte. Eine weitere Verbesserung des Stoffflusses ergab sich ebenfalls 1928 durch Montage einer Kübelkatze (75) in das Erzmagazin II; mit Hilfe dieser Einrichtung konnte der Inhalt beider Magazine (Bunker) für die Röstung mit geringem Aufwand verwendet werden (Abb. 18). Jeder der fünf Röstöfen wies 87 m^3 Gesamtvolumen (davon 57 m^3 Röstschachtvolumen) auf und erbrachte 300 – 400 t Rösterz pro Tag (74).

Eine kurz vor Anlaufen des fünften Apold-Fleißner-Ofens (1928) erschienene Beschreibung der Hütte Donawitz hält unter „Röstanlage“ fest (76):

4 Apold-Fleißner-Röstöfen. Tageserzeugung je Ofen 350 – 450 t Rösterz; Brennstoffverbrauch: Gichtgas-Wärmeäquivalent 4 % Braunkohle (bezogen auf Rösterz); Mannschaftsbedarf je Schicht bei 4 Öfen: 6 Mann.

50 alte Schachtröstöfen (Mischbegichtung). Tageserzeugung je Ofen 7 – 10 t Rösterz; Brennstoffverbrauch: 15 % Braunkohle (bezogen auf Rösterz); Mannschaftsbedarf je Schicht bei 50 Öfen: 8 Mann.

Bei Beurteilung der spezifischen Brennstoffersparnis darf freilich nicht übersehen werden, daß ein Teil des Gichtgases für die Dampfkesselfeuerung nun für die Apold-Fleißner-Öfen herangezogen wurde und daher durch Kohle ersetzt werden mußte. Insgesamt aber brachten die Gichtgas-Röstöfen eine spürbare Einsparung an Kohle, Personal und Transportwegen sowie ein deutlich gleichmäßigeres Rösterz als Einsatzprodukt in die Hochöfen. Dem Feinerz, das Gang und Leistung sowohl der Röstöfen als auch der Hochöfen gestört hätte, begegnete man mit einem 1928 von Eisenerz nach Donawitz übertragenen Dwight-Lloyd-Sinterband (Erzeugung 150 t Sintererz pro Tag).

Der zunehmende Roheisenbedarf ab 1938 erforderte den Bau eines weiteren (sechsten) gichtgasbeheizten Apold-Fleißner-Röstofens, der 1941 in Betrieb kam. Gleichzeitig lief das zweite, für 500 Tagestonnen projektierte Dwight-Lloyd-Sinterband an. Mit diesen Investitionen – es gab nun sechs Röstöfen und zwei Sinterbänder – war die Erweiterung der Donawitzer Erzvorbereitungsanlagen zu einem vorläufigen Abschluß gekommen, denn erst 1957 wurde der siebente Apold-Fleißner-Röstofen erbaut (Abb. 19). Zu Röst- und Hochofenbetrieb hieß es rund ein Jahrzehnt später (1966) in einem ausführlichen Diskussionsbeitrag zum Vortrag von Trenkler und Hanke (77): „Der Röstprozeß (im Apold-Fleißner-Ofen)... läuft mit sehr wenig Energieaufwand ab und ist meiner

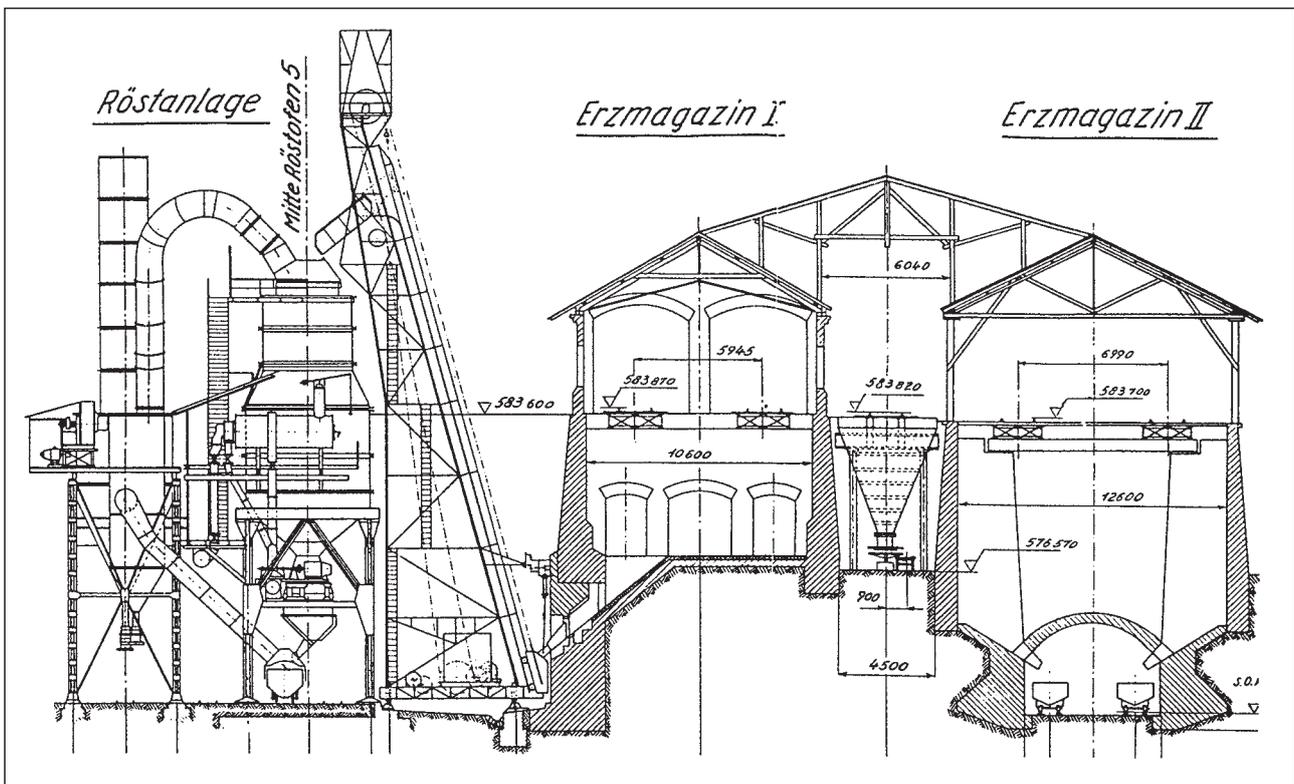


Abb. 18: Donawitz. Apold-Fleißner-Röstöfen mit Roherzmagazinen I und II. Die Röstanlage besteht aus Begichtungsaufzug (Kippkübelbegichtung), Röstöfen und Entstaubung. Ausschnitt aus Alpine-Buch Donawitz, Blatt 1100 (Okt. 1960).

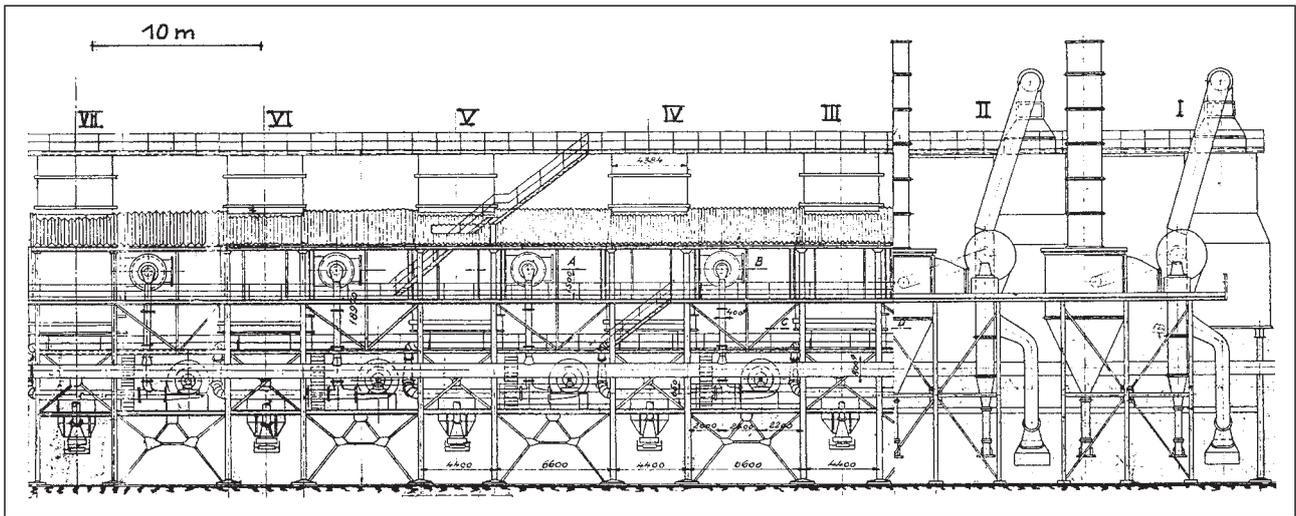


Abb. 19: Donawitz. Apold-Fleißner-Röstofenanlage, bestehend aus sieben Öfen (I – VII). Erbauungs- bzw. Inbetriebnahmejahre: I – III 1926; IV 1927, V 1928, VI 1941 und VII 1957. Ausschnitt aus Alpine-Buch Donawitz, Blatt 1221/1 (11. 6. 1956 mit späterer Ergänzung).

Meinung nach – natürlich nur bei einem Spat anwendbar – die billigste Erzvorbereitung überhaupt. 180 bis 200 Nm³ Gichtgas und ca. 8 kWh Stromverbrauch pro Tonne Rösterz oder, auf die Tonne Roheisen bezogen, 400 bis 450 Nm³ Gichtgas und rund 18 bis 20 kWh stehen einem Koksmehrverbrauch von 250 bis 350 kg pro Tonne Roheisen (bei ausschließlicher Rohspatverhüttung) gegenüber. Der Gichtgasanfall pro Tonne Roheisen liegt in Donawitz bei ca. 3.200 Nm³. Es ist unbestritten, daß in den obersten Schachtpartien der Donawitzer Hochöfen Wärmeüberangebote vorliegen. Schon seit Jahrzehnten wird aus diesem Grund ein geringer Prozentsatz ... von 4 bis 8 % Rohspat einer Körnung von 10 bis 25 mm aufgegeben.“

Die Donawitzer Apold-Fleißner-Öfen produzierten bis 1973 jährlich rund 1 Million Tonnen Rösterz aus steirischem und aus Hüttenberger Rohspat (Tabelle 6) (78). Mitte der sechziger Jahre umfaßte der Hochofenbetrieb in Donawitz folgende Aggregate (79): 7 Apold-Fleißner-Röstöfen (Tageserzeugung je Ofen 350 bis 400 t Rösterz) und 2 Dwight-Lloyd-Sinterbänder (Tageserzeugung je Band 400 t Sintererz) sowie 4 Hochöfen (Tageserzeugung: je 1 Ofen für 400 bzw. 800 t Roheisen und 2 Öfen zu je 500 t Roheisen; Gesamtroheisenkapazität 2.200 t Roheisen pro Tag; Koksverbrauch je nach Ofen 670 – 770 kg/t Roheisen).

Der hohe spezifische Koksverbrauch sowie die großen Mengen an Schlacke und Gichtstaub bei Verhüttung heimischen, in den Apold-Fleißner-Öfen gerösteten Erzes brachte die Donawitzer Roheisenerzeugung in bedrohliche Schwierigkeiten, die eine Neugestaltung von Erzbezug, Erzvorbereitung und Hochofenbetrieb erforderten, sollte Donawitz als „Roheisenstandort“ weiterbestehen. Im Rahmen der zu Beginn der siebziger Jahre eingeleiteten Maßnahmen zur Sanierung des Roheisenbereiches wurde eine neue Sinteranlage gebaut, die 1973 anlief und ausländische Erze mit wesentlich höherem Eisengehalt als steirisches und Kärntner Erz verarbeitete bzw. verarbeitet. Mit Inbetriebnahme der Sinteranlage setzte ein kontinuierlicher Rückgang der Rösterzproduk-

tion in den Apold-Fleißner-Öfen ein (Tabelle 6), die schließlich am 8. April 1977 stillgelegt wurden. Gleichzeitig mit der ausschließlichen Verhüttung hocheisenhaltigen Sintererzes verminderte man die Anzahl der Hochöfen von drei (1977) auf zwei (seit 1978).

Tabelle 6: Jahreserzeugung der Apold-Fleißner-Röstöfen in Donawitz von 1957 bis 1977 (78).

Jahr	t Rösterz	Jahr	t Rösterz
1957	935.661	1968	1.088.401
1958	953.849	1969	1.186.759
1959	952.312	1970	1.209.282
1960	1.037.111	1971	1.238.252
1961	917.368	1972	1.218.188
1962	957.094	1973	1.166.738
1963	975.198	1974	800.053
1964	1.042.838	1975	555.646
1965	1.085.564	1976	450.423
1966	902.199	1977	31.880
Lölling: 1967	982.034	1978	0

3.3.3. Hüttenberg (Kärnten)

Wie in Vordernberg und in Hüttenberg gab es auch beim Hüttenberger Erzberg in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beachtenswerte Erzröstanlagen (32): Schachtröstöfen am Fuß des Albert-Bremsberges; erste Baustufe 1844/45 mit acht Öfen, nach letzter Baustufe 1872/73 dreiundzwanzig Öfen und neue Batterie mit 14 Öfen. Beim Hochofenwerk: 1883 acht Fillafersche Öfen und zwei Mosersche Flammröstöfen. Ende des Röstbetriebes 1899.

Heft: 1855 zwölf Schachtröstöfen östlich des späteren Hochofenwerkes; 1862 zwei Schwedische Gichtgas-Röstöfen und 1874 zwölf Fillafersche Röstöfen im südwest-

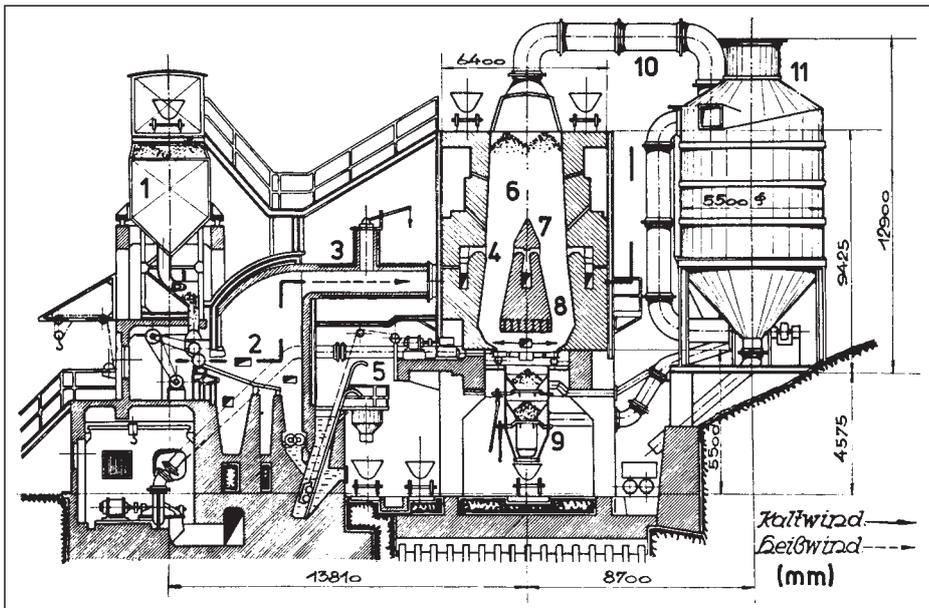


Abb. 20: Hüttenberg: Apold-Fleißner-Röstofen, erbaut 1927, stillgelegt 1942; vgl. Abb. 21. Aus Schuster, Die Erzbergbaue ... Anm. 11, S. 505.

- 1 = Kohlenbunker
- 2 = Feuerung
- 3 = Rauchgas- bzw. Heißwindleitung
- 4 = Mauerschlitze (in den Seitenwänden und im Sattel)
- 5 = Kühlluftleitung
- 6 = Röstschaft
- 7 = Sattel („Eselsrücken“)
- 8 = Kühlschaft
- 9 = Austragsvorrichtung
- 10 = Röstgasleitung
- 11 = Staubsichter (mit nicht sichtbarem Vorabscheider)

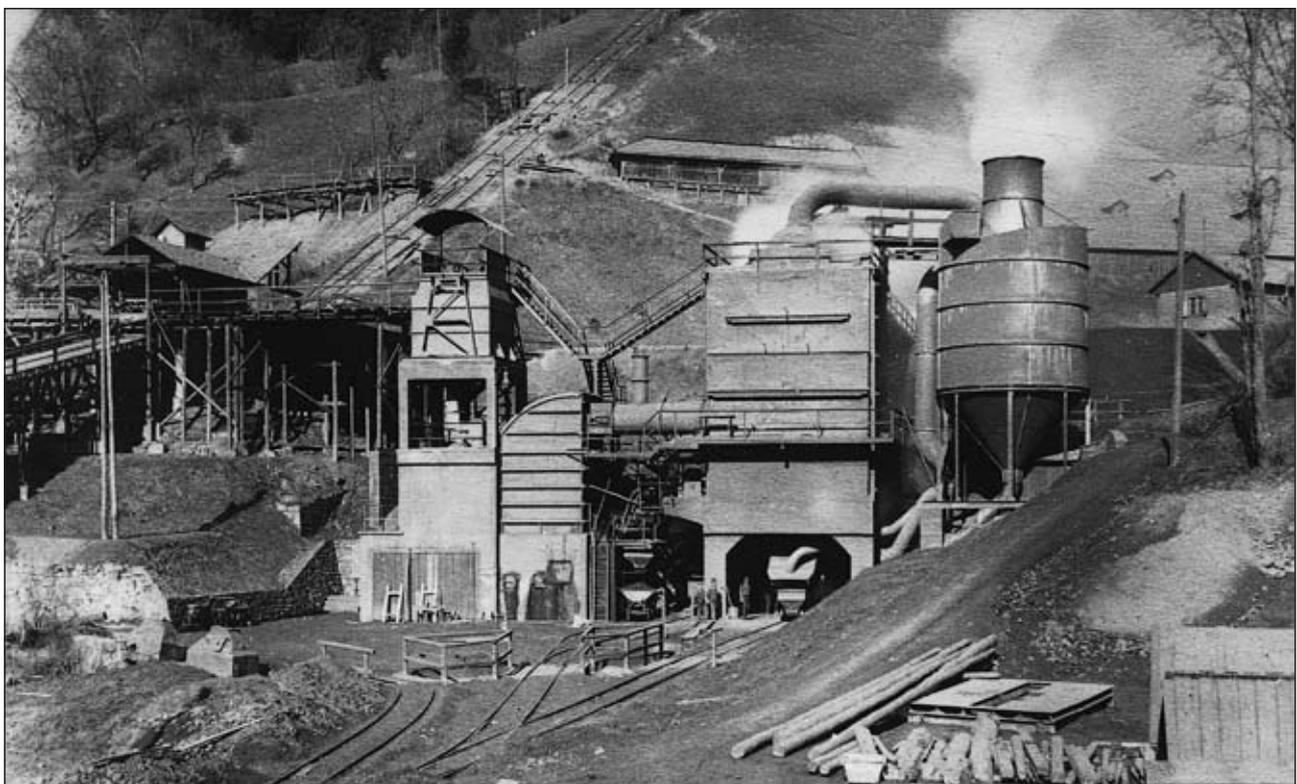


Abb. 21: Hüttenberg: Apold-Fleißner-Röstofen bzw. Röstanlage; links: Fußpunkt des Globitsch-Bremsberges bzw. Kopfstation des Kohlenaufzuges, anschließend Brücke zum Kohlenbunker, Feuerung mit Gasleitung zum Röstofen; davon rechts Staubsichter. Undatierte Fotografie (wahrscheinlich 1928/29) im Besitz von H. J. Köstler.

lichen Werksbereich, letzte Ausbaustufe 1883 vierundzwanzig Öfen. Ende des Röstbetriebes 1908.

Hüttenberg: Am Fuß des Globitsch-Bremsberges ab 1870/71 zu mehreren Batterien zusammengefaßte Schachtröstöfen (Mischbegichtung), bis 1932 schrittweise stillgelegt.

Die Bewahrung des Apold-Fleißner-Röstsystems und gute Verkaufsaussichten für Hüttenberger Rösterz veranlaßten die ÖAMG 1926 zum Bau eines Apold-Fleiß-

ner-Röstofens in Hüttenberg, den man südöstlich der bestehenden Röstanlage beim Globitsch-Bremsberg errichtete (80). Der neue, 1927 in Betrieb gesetzte Apold-Fleißner-Röstofen (Abb. 20 und 21) verfügte über eine Kohlenstaubfeuerung und seit 1928 auch über eine Entstaubung (Vorabscheider und Staubsichter) der Röstgase; die Tagesleistung lag bei durchschnittlich 350 t Rösterz, wobei fallweise nur Brauneisenerz zwecks Trocknung durchgesetzt wurde. Im Hinblick auf Hüttenbergs ungünstige Verkehrslage erwies sich der geringe Kohlenverbrauch (ca. 4,5 % des Rösterzgewichtes) als

sehr vorteilhaft.

In der Zeit von 1932 bis 1935 ruhten sowohl der Bergbau Hüttenberg als auch der davon abhängige Apold-Fleißner-Röstofen; ab 1935 lief nur noch dieser Ofen, d. h. die an sich betriebsfähigen Schachtrostöfen mit Mischbegichtung blieben endgültig kalt und wurden im Laufe der Zeit abgetragen. Der Apold-Fleißner-Ofen produzierte bis 1942, als man trotz Rösterzbedarfes in Donawitz die Hüttenberger Erzröstung aus Kostengründen generell aufgab. Danach diente der im wesentlichen ausgeschrottete Apold-Fleißner-Ofen nur noch als „Durchsatzanlage“ für den Erztransport zur Verladung beim Bahnhof Hüttenberg. 1961 wurden die längst belanglosen Reste dieses Röstofens gesprengt und sodann beseitigt.

3.3.4. Beni-bu-Ifrur (ehem. Spanisch-Marokko)

Wie in Pkt. 3.3.1. kurz erwähnt, wurden im Jahre 1925 unter Branhofers Leitung in Eisenerzer Apold-Fleißner-Öfen Röstversuche mit Erzen aus Spanisch-Marokko durchgeführt. Die erfolgreichen Experimente mit dem neuen Ofentyp veranlaßten die spanische Gesellschaft

aus Magnet- und Roteisenstein mit teilweise sehr hohen Schwefelgehalten (bis 4 %) und Eisengehalten bis 62 % (82); von Spateisenstein ist jedenfalls bei Einecke nicht die Rede.

Der Apold-Fleißner-Röstofen von Beni-bu-Ifrur war im Frühjahr 1928 fertiggestellt; seine Inbetriebnahme erfolgte unter Leitung des in Eisenerz tätigen Richard Branhofer, des seinerzeit wohl erfahrensten Fachmannes in der Apold-Fleißner-Rösttechnologie. Branhofer notierte damals (83): „Die Setolazar-Gesellschaft besitzt gegenwärtig außer dem Apold-Fleißner-Ofen zwei Batterien von je 2 Öfen. Es handelt sich hierbei um gewöhnliche Schachtöfen, wie sie zur Abrüstung von Spateisenstein allgemein verwendet werden. Jeder Ofen besitzt eine Höhe von ca. 16 m bei einem Durchmesser von 4,4 m (unten) und 2,5 m (oben), woraus sich ein Inhalt von ca. 134 m³ errechnet. Bekanntlich bereitet die Röstung mit diesem alten System der Setolazar-Gesellschaft noch heute große Schwierigkeiten, da man dau-

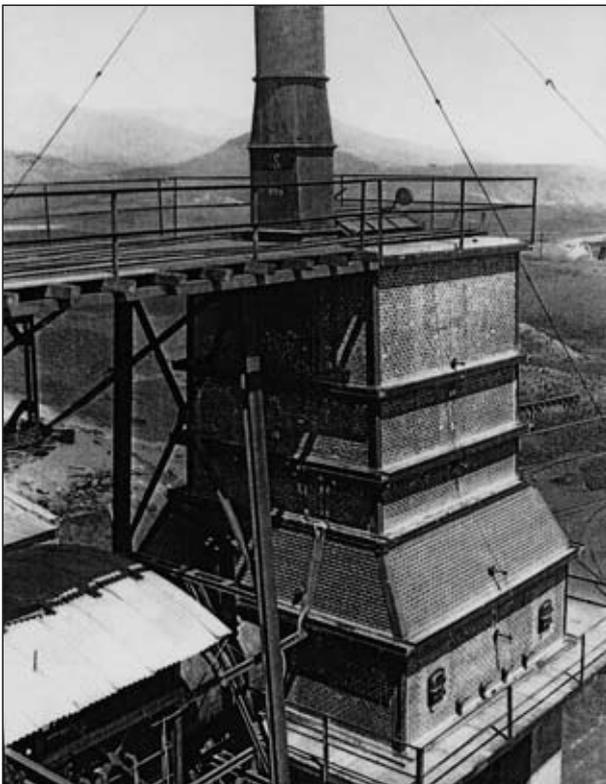


Abb. 22: Beni-bu-Ifrur, Apold-Fleißner-Röstofen, in Betrieb seit 1928. 700m: Begleichungsbrücke, darüber sechs Öfen für die Erzröstung. Mit dieser sind die Catag Tafes Feinabschichtlinie 1928 Punkt Basis Erzblüh Kiste (Stanz von R. Branhofer) erreichte-Erz genannt) besteht

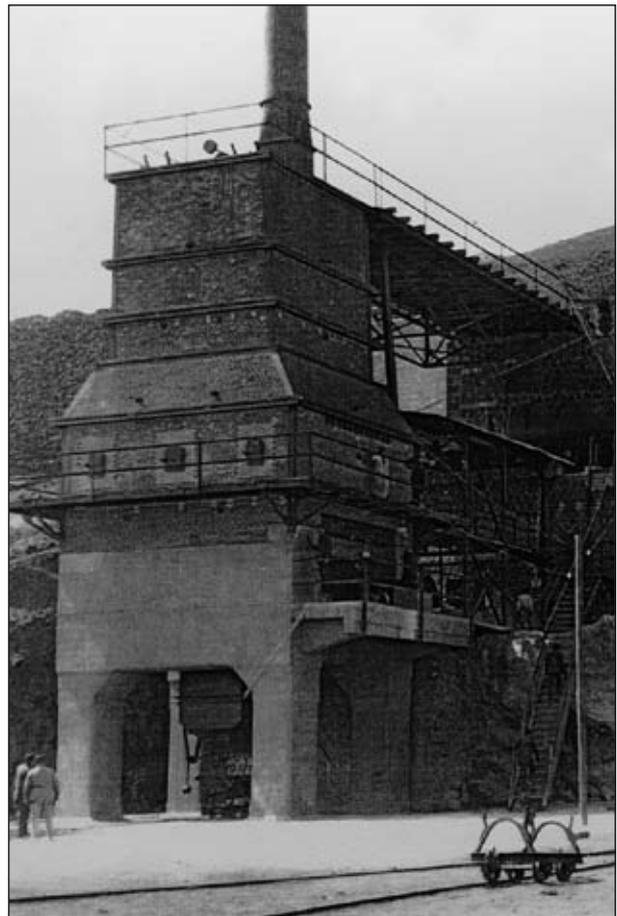


Abb. 23: Beni-bu-Ifrur, Apold-Fleißner-Röstofen, in Betrieb seit 1928, Rösterschicht an Begleichungsbrücke, darüber zwei Batterien von je zwei Öfen. Gesamthöhe 70 m, Durchmesser unten 4,4 m, oben 2,5 m, Inhalt 134 m³. (maximal 280 t Mine 1928) von Basis agn. Wähl. Kiste der Apold-Fleißner-Ofen) mit einem Gesamthalt von 74 m³

zweifellos auf dieselbe Produktion kommen wird. Der Nutzeffekt des neuen Ofens würde somit fast das achtfache der alten Öfen betragen. Jedenfalls ist die Röstung eine Lebensfrage für die Navarette-Gruben, da diese ohne wesentliche Investitionskosten in absehbarer Zeit eine Produktion von 1.000 t pro Tag hergeben können, sobald die entsprechende Röstanlage vorhanden ist.“

Der Apold-Fleißner-Ofen in Beni-bu-Ifrur (Abb. 22 und 23) wies 47 m³ nutzbaren Inhalt (94 t Roh- bzw. Rösterz) und 27 m³ Kühlinhalt (54 t Rösterz) auf. Die Beheizung erfolgte mit einem Ölbrenner und fallweise je nach Erzbeschaffenheit mit geringen Mengen an Anthrazitklein (ähnlich einer Mischbegichtung); sobald das Röstgut eine gewisse Temperatur erreicht hatte, wurde der Brenner für unterschiedlich lange Zeitperioden ausgeschaltet. Bei Dauerbetrieb des Apold-Fleißner-Ofens verminderten sich die Kosten versandfertigen Rösterzes um mehr als ein Drittel gegenüber Rösterz aus den alten Schachtofen. Dazu kam die einfachere Manipulation beim Apold-Fleißner-Ofen infolge gleichmäßiger Konsistenz des Rösterzes, weil keine Schmolzbildung auftrat.

Aus Branchofers Aufzeichnungen geht leider nicht hervor, wann der Apold-Fleißner-Röstofen die Produktion aufgenommen hat – wahrscheinlich in der ersten Aprilhälfte 1928, denn der zweite und der dritte „Versuchsabschnitt“ zur Inbetriebnahme fanden von 30. April bis 18. Mai 1928 bzw. von 20. Mai bis 2. Juni 1928 statt (83).

3.3.5. Djebel-Djerissa (Tunesien)

Wie aus einer 1977 veröffentlichten Notiz „Anlagen zur Rohstoffaufbereitung“ (84) hervorgeht, hat der Industrieanlagenbau der VOEST-ALPINE AG (Linz) in Djebel-Djerissa einen Apold-Fleißner-Röstofen errichtet. Auf eine diesbezügliche Anfrage bei der VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau GmbH (Linz) im Juli 1999 erhielt der Verfasser vorliegender Publikation allerdings nur die Auskunft, der Ofen „hätte gut funktioniert“. Es wird daher hier die oben erwähnte Notiz zitiert, soweit sie den tunesischen Röstofen betrifft:

„Desweiteren befaßt sich der Industrieanlagenbau der VÖEST-ALPINE mit dem Bau von Erzröstanlagen nach dem im Konzern entwickelten Apold-Fleißner-Verfahren. Die Erzröstung... gelangt vor allem bei Karbonaten zur Anwendung, wobei durch diesen Prozeß das unerwünschte Kohlendioxyd ausgetrieben wird.

Ein ölgefeuerter Erzröstofen, System Apold-Fleißner, wurde vom VÖEST-ALPINE-Industrieanlagenbau für die tunesische Société du Djebel-Djerissa gebaut. Die Kapazität dieser Anlage ist auf 500 t Rösterz täglich ausgelegt. Das betriebliche und verfahrensmäßige Know-how konnte im Hüttenwerk Donawitz gewonnen werden, wo sich z. B. sechs Röstöfen im Betrieb befinden.“

Ein noch kürzerer Hinweis auf den in Tunesien erbauten Röstofen steht in dem sonst ungewöhnlich instruktiven Buch „Auf Montage“ (85): Montagebeginn 1976, Projekt Djebel Djerissa, Zusatzinformation Erzröstofen,

Land Tunesien, Bauleiter Stanzel.

Die Erzlagerstätte von Djebel-Djerissa – Eigentum der gleichnamigen Gesellschaft – gilt als die größte des Landes Tunesien und lieferte namentlich unter französischer Kolonialherrschaft begehrten sowohl schwefel- als auch phosphorarmen Hämatit für Roheisen zur Bessemerstahlerzeugung; dieser tunesische Roteisenstein wies nämlich im Durchschnitt nur 0,012 % Schwefel und 0,015 % Phosphor (bei ca. 55 % Eisen und 2,3 % Mangan) auf (86). Im Apold-Fleißner-Ofen wurde naturgemäß überwiegend sideritisches Eisenerz mit auffallend hohem Blei- bzw. Bleiglanzgehalt geröstet; darüber hinaus bereitete die hohe Basizität des Erzes im Hochofen Schwierigkeiten, die man durch Gichtung bzw. Mitgichtung anderer Erze teilweise beheben konnte.

4. Zusammenfassende Betrachtung

Das zwischen 1922/23 und 1925/26 in den Werken Donawitz und Eisenerz (Steiermark) der Österreichisch-Alpinen Montangesellschaft zur Betriebsreife entwickelte Apold-Fleißner-Erzröstverfahren läßt sich wie folgt umreißen:

- Röstung karbonatischer Eisenerze in einem Schachtofen, der sich aus einem Röst- und einem Kühlschlacht zusammensetzt.
- Wärmezufuhr durch Heißluft bzw. Rauchgas (Abgas) aus einer externen Feuerung; Einblasen dieser Gase in den unteren Bereich des Röstschachtes.
- Kühlung des Rösterzes mittels Luft (Kühlwind), die in den unteren Bereich des Kühlschlachtes eingeblasen wird und große Wärmemengen in den Prozeß zurückführt.
- Vergleichsweise schnelle (Durch-) Röstung auch größerer Erzstücke infolge niedrigen Kohlendioxid-Partialdruckes im Röstgas in der oberen Ofenhälfte.
- Erzeugung von 250 – 450 t Rösterz pro Ofen und Tag je nach Erzbeschaffenheit und Ofengröße, d. h. Vervielfachung der Tagesleistung gegenüber konventionellen Schachtofen für Mischbegichtung.
- Im Vergleich zu Mischbegichtungsöfen um rund zwei Drittel weniger Brennstoffverbrauch (Gegenüberstellung der Wärmeäquivalente von Kohle und gasförmigen Brennstoffen); mit Gichtgas besonders kostengünstiger Betrieb der Apold-Fleißner-Öfen.
- Gleichmäßig geröstetes Erz ohne Verunreinigung durch Asche.

Aufgrund der von Hans Fleißner und Franz Duftschnid (Institut für Chemie an der Montanistischen Hochschule) sowie von Anton Apold (Generaldirektor der ÖAMG) in Leoben und in Donawitz erarbeiteten theoretischen und praktischen Grundlagen für eine Erzröstung nach dem (später so benannten) Apold-Fleißner-Verfahren hatte sich die ÖAMG Anfang 1924 entschieden, großtechnische bzw. betriebsmäßige Röstversuche in Eisenerz durchzuführen. Schon zu Jahresende 1924 war eine weitgehende Betriebsreife erreicht, so daß bald da-

nach in Eisenerz, Donawitz und Hüttenberg (Kärnten) mehrere Apold-Fleißner-Röstöfen beachtlicher Tagesleistungen gebaut wurden.

Da weder in Eisenerz noch in Hüttenberg Gichtgas zur Verfügung stand, mußten die dortigen Apold-Fleißner-Öfen mit vorgeschalteten Gasgeneratoren und Brennern bzw. Feststofffeuerungen arbeiten; je nach Brennstoffangebot sind auch Ölfeuerungen möglich. Kohle – sei es für Vergasung oder für direkte Feuerung – war sowohl in Eisenerz als auch in Hüttenberg mit relativ hohen Bahnfrachtkosten belastet, und dazu kamen Vergasungs- und/oder Verfeuerungskosten durch Anlagen, die bedient und instandgehalten werden mußten. Daher ist es verständlich, daß man in Hüttenberg schon 1942 nach anderthalb Jahrzehnten den Apold-Fleißner-Ofen stillgelegt hat und Roherz nach Donawitz transportierte. In Eisenerz endete 1945 der Apold-Fleißner-Röstbetrieb, wobei man einige dieser Öfen nach Umbau auf Mischbegichtung weiterverwendete. Laufende Verbesserungen der Mischbegichtungstechnologie hatten nämlich zu Brennstoffeinsparungen, d. h. auch zu weniger Asche im Rösterz geführt und merkbare Leistungssteigerungen bewirkt. Darüber hinaus gewann meist aus mehreren eisenreichen Feinerzsorten hergestelltes, anschließend gebrochenes Sintererz als optimaler Hochofeneinsatz rasch an Bedeutung; Sintererz ist aufgrund seiner Porosität (große innere Oberfläche und gute Durchgasung) gut reduzierbar und entspricht auch den Forderungen physikalischer Möllering weitgehend. (Unter physikalischer Möllering versteht man die Beschickung eines Hochofens mit Erz und Zuschlagstoffen möglichst gleicher Korngröße, um eine gleichmäßige Durchgasung des Ofeninhaltes zu erzielen.) Wegen des kostengünstigen Gichtgasangebotes für die Apold-Fleißner-Öfen in Donawitz konnte sich diese Röstmethode dort bis 1977 halten, als sie dem viel vorteilhafteren Sintern eisenreicher Importerze (unter Verwendung steirischen Erzes) endgültig zum Opfer gefallen ist.

Viele Gespräche mit Werksdirektor i. R. Dipl.-Ing. Richard Branhofer in den achtziger Jahren und die Durchsicht dessen zahlreicher, meist handschriftlicher Unterlagen (Notizen) haben den Verfasser vorliegender Publikation überzeugt, daß dem seinerzeitigen jungen Betriebsassistenten Branhofer in Eisenerz der wohl größte Anteil an der rasch erreichten Betriebsreife des Apold-Fleißner-Verfahrens zukommt. Der Autor erlaubt sich daher den Vorschlag, das hier beschriebene Röstsystem in Würdigung Branhofers Leistungen künftig als „Apold-Fleißner-Branhofer-Verfahren“ (AFB-Verfahren) zu bezeichnen – potius sero quam numquam!

Anmerkungen

- (1) Franz KUPELWIESER: Fortschritte bei Verröstung der Eisenerze in Steiermark. In: Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 16 (1867), S. 373-392.
- (2) Franz DUFTSCHMID: Untersuchungen über die thermische Zersetzung des Siderites. In: Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 72 (1924), S. 35-43.
- (3) Hans FLEISSNER: Über Erzröstung. In: Stahl u. Eisen 45 (1925), S. 1373-1379.
- (4) Hans FLEISSNER: Über Erzröstung. In: Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 73 (1925), S. 137-146.
- (5) In: Stahl u. Eisen 25 (1925), S. 806-810.
- (6) Hans FLEISSNER und Franz DUFTSCHMID: Zur Reduktion der Eisenerze durch Gase. In: Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 74 (1926), S. 42-57.
- (7) Manfred HANKE und Herbert TRENKLER: Metallurgische Kennzeichnung von österreichischem Spateisenerz. In: Berg- u. Hüttenmänn. Monatsh. 110 (1965), S. 321-335.
- (8) Manfred HANKE: Metallurgische Kennzeichnung von österreichischem Spateisenerz. Diss. Mont. Hochschule (Montanuniversität) Leoben 1965.
- (9) Herbert TRENKLER und Manfred HANKE: Probleme der Eisenspatverhüttung. In: Berg- u. Hüttenmänn. Monatsh. 111 (1966), S. 542-553.
- (10) Skriptum der Vorlesung Eisenhüttenkunde I an der Montanistischen Hochschule (Montanuniversität) Leoben (Professor Dr. mont. Herbert Trenkler) um 1965 mit Ergänzungen um 1972, S. 53 bzw. S. 53f.
- (11) Wilhelm SCHUSTER: Die Erzbergbaue und Hütten der Österreichisch-Alpinen Montangesellschaft. In: Die ÖAMG 1881 – 1931. Wien 1931, II. Teil, S. 71-533; darin: Der Steirische Erzberg S. 79-183, bes. S. 167.
- (12) Richard WALZEL: Die Radmeister-Community in Vordernberg. In: Vita pro ferro, Festschrift für Robert Durrer. Schaffhausen 1965, S. 259-272.
- (13) Carl Wagner † (Nachruf). In: Vereins-Mitteilungen (Beilage zur Österr. Zeitschr. Berg- u. Hüttenwesen) 4 (1885), S. 58.
- (14) Hans Jörg KÖSTLER: Das ehemalige Eisenwerk in St. Stefan ob Leoben. In: Der Leobener Strauß 10 (1982), S. 353-376.
- (15) Josef RUTTNER: Röstung und Abwässerung schwefelkieshaltiger Spateisensteine beim k.k. Eisen-Gusswerke nächst Mariazell und Fortschritte seit 1854. In: P. Rittinger (Hrsg.): Erfahrungen im berg- u. hüttenmänn. Maschinen-, Bau- und Aufbereitungswesen. Wien 1868, S. 15-19.
- (16) SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11, S. 168.
- (17) Peter TUNNER: Der steiermärkische Erzberg. Die Gewinnung und insbesondere die Förderung der Erze bis zu den Hütten. In: Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 1 (1851), S. 91-127.
- (18) Wilhelm SCHUSTER: Die Erzbringung zu den alten Radwerken in Vordernberg. In: Obersteir. Volkszeitung (Leoben), Nr. 57, 58 und 62/1959.
- (19) Hans Jörg KÖSTLER und Alfred WEISS: Johann Dullnig (1802-1873) und die Erzförderanlagen vom Steirischen Erzberg zu den Vordernberger Radwerken. In: Berg- u. Hüttenmänn. Monatsh. 125 (1980), S. 579-582.
- (20) Hans Jörg KÖSTLER: Die Erzröstanlage bei der St. Laurentius-Kirche in Vordernberg („Laurenzi-Röst“). Alt-Leoben, Geschichtsblätter zur Vergan-

- genheit von Stadt und Bezirk, Folge 9, Juni 1981.
- (21) SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11, S. 192.
- (22) Peter TUNNER: Die schwedische Eisenstein-Röstung mit Hochofengasen. In: Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 2 (1852), S. 203-212.
- (23) Hans Jörg KÖSTLER: Eduard Fillafer und Corbinian Moser. Zwei Pioniere der Erzrösttechnik beim Steirischen Erzberg. In: Blätter f. Heimatkde. 68 (1994), S. 85-95.
- (24) Hans Jörg KÖSTLER: Das ehemalige Hochofenwerk „Franzeshütte“ in Bundschuh (Land Salzburg) und seine technikgeschichtlich bedeutenden Anlagen. In: Österr. Kalender für Berg, Hütte, Energie. Wien 1984, S. 127-141. – Seither weitere Ausgestaltung und Restaurierung sowie Einrichtung eines Hochofen-Museums; erwähnenswert auch die bauliche Instandsetzung der Erzröstanlage.
- (25) Josef SLESAK: 200 Jahre Friedauwerk. Leobener Grüne Hefte. Neue Folge (Sonderband). Leoben 1982.
- (26) SCHUSTER, Die Erzbergbaue ... Anm. 11, S. 191.
- (27) Hans Jörg KÖSTLER und Wolfgang WIELAND: Die Fürsten zu Schwarzenberg im Eisenwesen beim Steirischen Erzberg, In: Zeitschr. Histor. Verein f. Steiermark 81 (1990), S. 81-112.
- (28) Österreichisches Patentamt Wien. Privilegium Nr. 1864/100. – Das von Fillafer eingereichte Schriftstück umfaßte das (nicht mehr vorhandene) Privilegiums-Gesuch sowie die „Beschreibung des... dargestellten Gegenstandes“ (Beilage A) und die „Zeichnung zum Privilegiums-Gesuche“ (Beilage B), 4. Juli 1864.
- (29) Eduard Fillafer † (Nachruf). In: Vereins-Mitteilungen (Beilage zur Österr. Zeitschr. Berg- u. Hüttenwesen) 10 (1891), S. 12.
- (30) Eine so gut wie vollständige Fillafersche Röstanlage befindet sich im Radwerk IV, vgl. Hans Jörg KÖSTLER und Josef SLESAK: Führer durch Vordernberg. Montangeschichte, Technikgeschichte, Kulturgeschichte. 4. Aufl. Vordernberg 1996, bes. S. 104-106. – Auch die Fillaferschen Röstöfen im Radwerk I sind weitgehend erhalten, vgl. Gerhard SPERL: Das Radwerk I in Vordernberg. In: Österr. Kalender für Berg, Hütte, Energie. Wien 1985, S. 135-149.
- (31) Hans Jörg KÖSTLER: Das Eisenwerk in Heft bei Hüttenberg (Kärnten). Ein Führer auf dem Montanhistorischen Lehrpfad durch das Freilichtmuseum Eisenhüttenwerk Heft. Hüttenberg 1984.
- (32) Hans Jörg KÖSTLER: Die Erzröstanlagen beim Hüttenberger Erzberg (Kärnten) von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Auflassung des Röstbetriebes im Jahre 1942. In: Carinthia II 174/94 (1984), S. 213-236.
- (33) SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11, S. 240.
- (34) Corbinian MOSER: Der Flammofen-Betrieb zur Vorbereitung der Kleinerze im Kaiser Franz Hochofen in Eisenerz. In: Österr. Zeitschr. Berg- u. Hüttenwesen 15 (1867), S. 3-6 und S. 11-14.
- (35) Corbinian Moser † (Nachruf). In: Vereins-Mitteilungen (Beilage zur Österr. Zeitschr. Berg- u. Hüttenwesen 3 (1884), S. 20 u. 21.
- (36) Betriebsergebnisse einer Versuchs-Campagne des Kaiser Franz-Hochofens in Eisenerz. In: Österr. Zeitschr. Berg- u. Hüttenwesen 16 (1868), S. 289-291.
- (37) KUPELWIESER, Fortschritte... Anm. 1, S. 384-390 und Tafel IV.
- (38) SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11, S. 169.
- (39) Richard WALZEL: Anton Apold † (Nachruf). In: Stahl u. Eisen 70 (1950), S. 1192 u. 1193.
- (40) Hans Fleißner † (Nachruf). In: Stahl u. Eisen 48 (1928), S. 1192
- (41) Hans FLEISSNER: Die Trocknung stückiger Braunkohle. In: Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb. 74 (1926), S. 104-109 sowie Alois JANUSCH und Hanns FEICHTNER: Die Trocknung von Braunkohle nach dem Fleißner-Verfahren. Grundlagen, Entwicklungstendenzen und Anwendungsmöglichkeiten. In: Berg- und Hüttenmänn. Monatsh. 126 (1981), S. 338-342.
- (42) Alfred WEISS: Hans Fleißner als Erfinder eines Schlagwetteranzeigers und eines Kohletrocknungsverfahrens. In: Ferrum, Nachrichten aus der Eisen-Bibliothek (Schaffhausen). Nr. 55/1984, S. 14-17.
- (43) Erich SCHWARZ-BERGMAMPF: Die Lehrkanzel für Chemie. In: Die Montanistische Hochschule Leoben 1849 - 1949. Wien 1949, S. 43-47, bes. S. 46.
- (44) SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11, S. 171.
- (45) Richard BRANHOFER: Das Röstverfahren nach Apold-Fleißner. In: Stahl u. Eisen 47 (1927), S. 2061-2067.
- (46) Bei BRANHOFER, Das Röstverfahren... Anm. 45 in kcal; die prozentuelle Aufteilung fehlt dort.
- (47) Kurt GUTHMANN: Wärmetechnik und Betriebswirtschaft hüttenmännischer Aufbereitungsanlagen. I. Schacht- und Drehrohröfen, Sinteranlagen. In: Stahl u. Eisen 59 (1939), S. 1125-1133, bes. S. 1126 u. 1127.
- (48) Mit Leoben, 27.6.1956 datiertes Dienstzeugnis der ÖAMG für Dipl.-Ing. Richard Branhofer; Abschrift im Besitz von H.J. Köstler.
- (49) Nach einem von Richard Branhofer unterschriebenen, mit Salzburg, Mai 1976 datierten Lebenslauf im Besitz von H.J. Köstler; vgl. Hans Jörg KÖSTLER: Richard Branhofer † (Nachruf). In: Berg- u. Hüttenmänn. Monatsh. 134 (1989), S. 272.
- (50) Einstellung der Roheisenerzeugung im Februar 1945.
- (51) Helmut FIEREDER: Reichswerke „Hermann Göring“ in Österreich (1938-1945). Veröffentl. Histor. Institut Univ. Salzburg, Bd. XVI. Hrsg. G. Botz. Wien-Salzburg 1983 und Josef PRETTENHOFER: Die Reichswerke für Erzbergbau und Eisenhütten „Hermann Göring“, Linz. Der Ausbau der Linzer Werke

- während der Kriegsjahre und die Folgen für die österreichische Volkswirtschaft. Diss. Hochschule für Welthandel (Wirtschaftsuniversität) Wien 1975.
- (52) Notizbuch I von Richard Branhofer im Besitz von H.J. Köstler.
- (53) Teilweise nach SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11, S. 171-175.
- (54) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 14.
- (55) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 461.
- (56) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 462.
- (57) Notizbuch II von Richard Branhofer im Besitz von H.J. Köstler.
- (58) Angaben pro Ofen fehlen in (57).
- (59) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 459.
- (60) Undatierter Aktenvermerk von Wilhelm Schuster im Besitz von H.J. Köstler (Nachlaß W. Schuster).
- (61) Notizbuch III und Bericht über Röstung Siegerländer Spateisensteines (26. Febr. 1925) von Richard Branhofer im Besitz von H. J. Köstler.
- (62) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 470 und 471.
- (63) Das steirische Erz. Informationsschrift der VOEST-ALPINE AG, o. O., 1977 (nicht paginiert).
- (64) Hans Jörg KÖSTLER: Zur Geschichte der Roheisenerzeugung in Eisenerz. In: Der Leobener Strauß 7 (1979), S. 159-176.
- (65) Im Mai 1938 übernahmen die „Reichswerke“ die ÖAMG-Aktienmehrheit.
- (66) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 442.
- (67) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 443.
- (68) Mit Eisenerz, 21.12.1954 datiertes Blatt „Röstofen Eisenerz“; Kopie im Besitz von H. J. Köstler.
- (69) Alpine-Buch Eisenerz, Blatt 460.
- (70) Die Informationsschrift „Das steirische Erz“ der ÖAMG, o. O. 1962 gibt S. 54 vier Mischbegichtungsöfen an. Eine diesbezügliche Anfrage bei Herrn Otto Bachler, Röstmeister i. R. in Eisenerz, am 31. August 1999 bestätigte aber, daß nur drei Mischbegichtungsöfen und ein nicht umgebauter, nicht produzierender Apold-Fleißner-Ofen existierten; Herrn Bachler sei für seine freundliche Auskunft bestens gedankt.
- (71) Das steirische Erz, Informationsschrift der ÖAMG. Wien o. J. (ca. 1968), S. 24.
- (72) Hans JUVANCIC und Franz KIRNBAUER: Wert und Wesen des Steirischen Erzberges. In: Montanrundschau 19 (1971), S. 25-52.
- (73) Briefliche Mitteilung Richard Branhofers an H.J. Köstler (Salzburg, 13. November 1981).
- (74) SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11, S. 323-325.
- (76) Hüttenwerk Donawitz der Österreichisch-Alpinen Montangesellschaft (Informationsschrift) 1928.
- (75) Kranlaufkatze mit Kübel, der im Erzmagazin II gefüllt und im Erzmagazin I entleert wurde, vgl. Alpine-Buch Donawitz, Blatt 1120/2.
- (77) TRENKLER/HANKE, Probleme... Anm. 9, Diskussionsbeitrag von Dipl.-Ing. Kurt Stift.
- (78) Angaben des Hochofenbetriebes Donawitz im August 1999. – Mit Genehmigung von Herrn Dipl.-Ing. Dr. mont. Gert Kühnelt, Geschäftsführer der VOEST-ALPINE Stahl Donawitz GmbH, hat Herr Ing. Hubert Zellner, Leiter der Sinteranlage Donawitz, dem Verfasser mehrere Unterlagen und Informationen über den ehemaligen Röstbetrieb zur Verfügung gestellt, wofür auch hier bestens gedankt wird.
- (79) Hüttenwerk Donawitz der ÖAMG, Technische Daten (Informationsschrift), Jänner 1964.
- (80) SCHUSTER, Die Erzbergbaue... Anm. 11; darin: Der Hüttenberger Erzberg S. 460-514, bes. S. 506 u. 507.
- (81) W. DIECKMANN: Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Melilla unter besonderer Berücksichtigung der Eisenerz-Lagerstätten von Beni-bu-Ifrur im marokkanischen Riff. In: Zeitschr. prakt. Geologie 20 (1912), S. 385-403 und S. 490-491 sowie 21 (1913), S. 477-478; H. W. QUIRING: Die Roteisenstein- und Magnet Eisenstein-Lagerstätten von Melilla (Spanisch-Marokko). In: Glückauf 78 (1942), S. 326-328 und S. 339-341.
- (82) Gustav EINECKE: Die Eisenerzvorräte der Welt und der Anteil der Verbraucher- und Lieferländer an deren Verwertung. Düsseldorf 1950, Textband, S. 235 u. 236.
- (83) Notizbuch IV von Richard Branhofer im Besitz von H.J. Köstler.
- (84) Anlagen zur Rohstoffaufbereitung. In: Österr. Berg- und Hüttenkalender. Wien 1977, S. 73-75.
- (85) Auf Montage. Montage-Leistungen 1938 bis 1997. Von der Stahlbau GmbH Linz der Reichswerke AG zur VOEST-ALPINE MGE, o. O., o. J. (Linz 1998), S. 273.
- (86) EINECKE, Die Eisenerzvorräte... Anm. 82, S. 179-182.

Erweiterte Fassung des Vortrages von H. J. Köstler beim 6. Erzberg-Symposium „Aus der Montangeschichte des Steirischen Erzberges und des Großraumes Innerberg“ in Eisenerz, 23. - 25. April 1998; Veranstalter: Arbeitskreis Innerberg des Montanhistorischen Vereins für Österreich.