

WORKS.

DR. LUDWIG BECK

DIE GESCHICHTE
DES EISENS
BAND 10

DAS 19. JAHRHUNDERT
VON 1860 BIS ZUM SCHLUSS, TEIL 2

Die Geschichte des Eisens

*Band 10: Das 19. Jahrhundert
von 1860 bis zum Schluss, Teil 2*

DR. LUDWIG BECK

*Die Geschichte des Eisens, Band 10, Dr. Ludwig Beck
Jazzybee Verlag Jürgen Beck
86450 Altenmünster, Loschberg 9
Deutschland*

ISBN: 9783849662042

*Quelle: Beck, Ludwig: Die Geschichte des Eisens. Bd. 5:
Das XIX. Jahrhundert von 1860 bis zum Schluss.
Braunschweig, 1903, S. VI. In: Deutsches Textarchiv
<https://www.deustextarchiv.de/beck_eisen05_1903/12>, abgerufen am 01.04.2022. Der Text wurde lizenziert
unter der Creative Commons-Lizenz CC-BY-SA-4.0. Näheres
zur Lizenz und zur Weiterverwendung der darunter
lizenzierten Werke unter
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>.
Der Originaltext aus o.a. Quelle wurde so weit angepasst,
dass wichtige Begriffe und Wörter der Rechtschreibung des
Jahres 2022 entsprechen. Etwaige Seitenverweise beziehen
sich auf die Originalausgabe und stimmen in aller Regel
nicht mit der vorliegenden Edition überein.*

*www.jazzybee-verlag.de
admin@jazzybee-verlag.de*

INHALT:

Die indirekte Eisenbereitung.

Vorarbeiten.

Das Frischen im offenen Herd.

Der Puddelprozess oder das Flammofenfrischen.

Zeitdauer einer gewöhnlichen Charge im Pernotofen zu St. Chammond.

Das Flusseisen.

Weitere Entwicklung des Windfrischens von 1880 bis 1899.

Die Kleinbessemererei.

Fortschritte des Bessemer- und Thomasprozesses seit 1881.

Fortschritte der Herdflusstahlbereitung seit 1870.

Zement- und Tiegelgussstahl.

Die Verwendung des Eisens.

Die Formgebung.

Der Stahlguss.

Blasenfreier Guss.

Die chemischen Mittel zur Erzeugung dichter Stahlgüsse
Stahlformguss.

Die mechanische Formgebung.

Die Presshämmer.

Die Walzwerke.

Eisenbahnschienen und -schwelle.

Blechfabrikation.

Panzerplattenwalzwerk.

Die Drahtfabrikation.

Hilfsmaschinen für den Walzwerksbetrieb.

Die Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern.

Allgemeines.

Großbritannien.

Deutschland (mit Luxemburg).

Frankreich.

Belgien.

Österreich-Ungarn.

Schweden.

Russland.

Italien.

Spanien.

Die übrigen Länder Europas.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Die übrigen Staaten Amerikas.

Asien.

Afrika.

Australien.

Ein Schlusswort

Die indirekte Eisenbereitung.

Vorarbeiten.

Das indirekte Verfahren, das Verschmelzen der Erze zu Roheisen und die Umwandlung des letzteren in Schmiedeeisen und Stahl, ist immer noch das unbedingt herrschende. Auf die Entwicklung desselben in den letzten 30 Jahren haben die Fortschritte der Flusseisengewinnung, besonders die Erfindung des Thomasprozesses Ende der siebziger Jahre den größten Einfluss geübt. Die Frage der Entphosphorung des Roheisens stand für die immer wichtiger werdende Flusseisenbereitung im Mittelpunkt des Interesses. Da die meisten Eisenerze phosphorhaltig sind, so war das meiste Roheisen für die Flusseisenerzeugung nach dem damals allein bekannten sauren Verfahren unbrauchbar. Die Abscheidung des Phosphors war demnach das Problem der Zukunft. Dieses durch Aufbereitung der Erze vor dem Schmelzen zu bewirken, hatte nur in vereinzelten Fällen teilweisen Erfolg gehabt; in den meisten Fällen, namentlich wenn der Phosphor gleichmäßig im Erz verteilt war, bot dieser Weg keine Aussicht auf Erreichung des Ziels. Die Abscheidung im Hochofen zu bewirken, war umso weniger möglich, als der Hochofenbetrieb Steigerung der Produktion durch Verwendung hochofener Windes, also sehr hohe Schmelzhitze erstrebte, wobei fast aller Phosphor in das Eisen ging. Da sich die direkte Eisengewinnung trotz aller Bemühungen als unökonomisch erwies, so erhob sich die Frage, ob es möglich sei, die Entphosphorung bei dem flüssigen Roheisen durch ein Reinigungsverfahren vor dem

eigentlichen Frischprozess zu bewirken. Diese Lösung galt vor der Erfindung von Thomas und Gilchrist als die wahrscheinlichste.

Auf diesem Wege suchten deshalb die meisten Metallurgen in den siebziger Jahren dieses Ziel zu erreichen und es wurde eine Reihe von Vorschlägen und Erfindungen für eine Reinigung des Roheisens in erster Linie von Phosphor, dann auch von Schwefel gemacht. Wir können dieselben zur besseren Übersicht einteilen in Verfahren, welche die Reinigung des Roheisens im allgemeinen bezwecken, und in die besonderen Entphosphorungs- und Entschwefelungsmethoden.

Die allgemeinen Reinigungsverfahren lehnen sich zum Teil an den früheren Feinprozess an, andere erinnern mehr an den Rennprozess, wie z. B. das bereits erwähnte Verfahren von Ellershausen, andere erstreben die Reinigung durch chemische Mittel oder Zuschläge. Letztere Art war die 1870 von J. E. Sherman in England vorgeschlagene Reinigung mittels Jod durch Zusatz kleiner Mengen von Jodkalium (E. P. vom 25. Juli 1870), die aber viel zu teuer war.

Praktischer war das 1870 von Henderson angewendete Reinigungsverfahren durch Einmengen von feingepulvertem und gut gemischtem Eisenerz und Flussspat in das flüssige Roheisen (Am. Pat. Nr. 347349). Es geschah dies in der Weise, dass man das Pulver $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Zoll hoch auf einer gusseisernen Schale ausbreitete und das flüssige Roheisen etwa 1 Zoll hoch darüber laufen ließ. Es erfolgte ein Aufkochen, das etwa fünf Minuten dauerte. Das gefeinte Eisen war von Silizium und Phosphor so frei, wie Schmiedeeisen. Dieses Material wurde dann bei Pittsburgh, wo Henderson sein Verfahren ausführte, im Puddelofen weiter verarbeitet und lieferte ein sehr reines Stabeisen. Nachfolgende Analysen beweisen die fortschreitende Reinigung:

	Roheisen	Feineisen	Stabeisen
Gebundener Kohlenstoff . . .	0,2040	0,3613	nicht bestimmt
Graphit	2,7685	2,5066	—
Silicium	2,3096	—	0
Schlacken	0,3623	0,2983	nicht bestimmt
Phosphor	0,4193	0,1029	0,0087
Schwefel	0,1293	0,1269	0,0438

C. M. Tessié du Motay glaubte das Verfahren zu verbessern, indem er das Roheisen im Flammofen einschmolz, hierauf Flusspat und alkalische Chloride und Nitrate einrührte. Wilde und Guillieaume schlugen vor, die Reinigung durch Kryolith zu bewirken.

R. M. Daelen in Düsseldorf ließ sich den Zusatz von Eisenoxid, Flusspat und Kalk in den Vorherd des Hochofens oder Kupolofens patentieren (D. R. P. Nr. 33946).

H. Schulze-Berge empfahl 1880 das Durchpressen geschmolzener Haloidsalze (Chlorcalcium mit Chlorbarium und Fluorcalcium) durch das flüssige Eisen; ebenso J. Braunsdorf.

J. Anderson wollte 1873 die Reinigung des Roheisens dadurch erreichen, dass er dasselbe durch einen mit glühendem oxidischem Eisenerz gefüllten Ofenschacht laufen ließ; das entkohlte Produkt sollte dann durch eine Säule Koks fließen und hierdurch wieder gekohlt werden.

Warners Vorschlag von 1875, das flüssige Roheisen dadurch zu reinigen, dass man es über ein Gemisch von kalzinierter Soda und Kalk leitet, war nicht neu; dasselbe gilt von den Vorschlägen von Dr. Th. Drown in Easton (Pa.), welcher das schon 1860 von A. K. Eaton erfundene Schmelzverfahren mit kohlensaurem Natron wieder aufnahm. Stein empfahl 1877 den Zusatz von Cyanammonium.

Ein von Hamoir 1877 angegebenes und zu Maubeuge (Dep. du Nord) ausgeführtes Reinigungsverfahren bestand darin, dass man durch das flüssige Roheisen, wie es aus

dem Hochofen floss, erhitzten Wind durchpresste. Das so gefeinte Eisen wurde verpuddelt. Über diesen Prozess hatte sich P. v. Tunner günstig ausgesprochen.

Ein ganz ähnliches Verfahren hatte Professor Jossa seit 1878 in Nischne-Tagilsk eingeführt. Eine Abänderung dieses Verfahrens wurde 1883 von C. Levêque und Pouzin in Frankreich vorgeschlagen, die das Durchpressen der Luft in fahrbaren Herden, welche man an den Hochofen fuhr, vornehmen wollten.

1880 versuchten E. Servais und M. Feltgen in Luxemburg, das Roheisen durch überhitzten Wasserdampf zu reinigen. Schwefel, Phosphor und Silizium sollten dadurch ausgeschieden werden. Um die Abscheidung des Kohlenstoffs zu verhindern, empfahlen sie, dem Wasserdampf ein kohlenstoffreiches Gas beizumengen. Ohne diesen Zusatz erhielt man angeblich zuletzt Flusseisen.

L. Herlitschka wollte durch Einleiten von Wasserdampf in den Kupolofen das Roheisen reinigen (1880); M. Laurent Cely nahm 1883 ein Patent, dasselbe durch feuchtes Wasserstoffgas in Muffeln zu erreichen (Franz. Pat. Nr. 139159).

Wenden wir uns nun zu den eigentlichen Entphosphorungsverfahren, so haben sich besonders Lowthian Bell und Alfred Krupp vor der Erfindung von Thomas und Gilchrist um diese Verdienste erworben. Beide suchten ihren Zweck durch einen vorbereitenden Schmelzprozess zu erreichen.

Lowthian Bells Verfahren, welches er 1877 veröffentlichte, beruhte auf der Erfahrung, dass Phosphor durch Eisenoxid bei niedriger Temperatur aus dem Roheisen abgeschieden wird, ohne dass dabei eine sehr erhebliche Einwirkung auf den Kohlenstoff im Eisen eintritt. Es war dies eine bekannte Erscheinung beim Puddelprozess, bei dem die Abscheidung des Phosphors hauptsächlich nach dem Einschmelzen beim Beginn des

Rührens eintritt, während bei stärkerer Hitze im weiteren Verlauf des Prozesses der Phosphor wieder aus der Schlacke reduziert wird. Bells Verfahren bestand nun darin, das flüssige Roheisen in einem trogartigen Behälter mit eisenoxidreichen Körpern, wie Hammerschlag, Frischschlacke, Eisenerze u. s. w., zu mischen. Der oszillierende Trog war etwa 4 m lang und wurde durch Schwinghebel in zwei Zapfen hin- und herbewegt. Die eisenoxidhaltigen Zusätze waren gut vorgewärmt, der Apparat machte in zehn Minuten 60 bis 80 Schwingungen. Nach dem Schmelzen wurde die phosphorsäurehaltige Schlacke ablaufen gelassen. Bei grauem Clevelandeisen ging hierbei der Phosphorgehalt von 1,50 Prozent auf 0,22 Prozent, der Siliziumgehalt von 1,80 Prozent auf 0,05 Prozent herab. Der Zusatz von gerösteten Clevelanderzen betrug etwa 50 Prozent. Das Puddeln des gereinigten Eisens sollte dann in einem Ponsardofen oder einem sonstigen rotierenden Ofen erfolgen.

Die Verwendung eisenoxidhaltiger Zusätze für die Reinigung des Eisens war durchaus nicht neu. H. Bessemer hatte längst Versuche gemacht, das Eisen durch solche Zuschläge oder durch eisenoxidhaltige Konverterfutter zu reinigen. Ebenso hatte W. Siemens 1863 derartige Futter auf Le Chateliers Rat angewendet. Wedding empfahl 1865 den Zusatz basischer Eisenschlacken als Reinigungsmittel.

Gleichzeitig mit Bells Verfahren wurde die von Fr. Krupp 1877 patentierte Entphosphorung des Roheisens bekannt. Der Prozess war von den Ingenieuren Th. Narjes und Dr. August Bender erfunden und ausgebildet worden und beruhte auf der Einwirkung der Oxide von Eisen und Mangan auf flüssiges, manganhaltiges Roheisen. Von Bells Verfahren unterscheidet es sich ganz besonders durch die Verwendung oder Zusatz von manganhaltigem Eisen und sollte das Mangan einesteils den Kohlenstoff vor Oxidation schützen, andererseits das Manganoxidul als starke Base die Oxidation und Abscheidung des Phosphors befördern.

Da die dem Verfahren zu Grunde liegenden Tatsachen bekannt waren, so zögerte die Regierung mit der Patenterteilung und ernannte eine besondere Prüfungskommission, die sich von der Neuheit der Ausführung überzeugte. Das Verfahren bestand darin, dass man flüssiges Roheisen vom Hochofen in Chargen von 5 Tonnen auf einen rotierenden Pernotofen, dessen eiserne Wände mit einem Futter von reichen manganhaltigen Eisenerzen ausgekleidet waren, brachte, und, während derselbe rotierte, noch Zuschläge von eisenoxidreichen Stoffen einwarf. Die Charge verlief in 15 Minuten und wurde das entphosphorte Metall mit siliziumreichem Roheisen vermischt in die Bessemerbirne oder den Siemens-Martinofen abgestochen. Ein Reinigungsöfen genügte für 12 Siemens-Martinöfen. Der Prozess wurde zuerst in Essen fabrikmäßig betrieben, doch nur wenig länger als zwei Jahre (1878 bis 1880), indem er dann von dem Thomasverfahren verdrängt wurde. Dagegen wurde das Verfahren in Nordamerika in den achtziger Jahren mit Erfolg eingeführt und hat sich der Kruppsche „Waschprozess“, wie er genannt wurde, dort länger erhalten. Zuerst geschah dies in Ohio. Der Prozess selbst erfuhr verschiedene Abänderungen. Bereits in Essen hatte man nicht ohne Erfolg versucht, das Roheisen in einem mit basischem Futter von Eisenerz, Bauxit, Magnesia und Kohlenschiefer ausgekleideten Kupolofen zu reinigen. Dieser Ofen hatte gekühlte Wände und einen fahrbaren Vorherd.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika waren Krupps Waschöfen (*washers*) 1886 auf vier Werken in Gebrauch. Eine Eisenhütte zu Youngtown bei Cleveland erzeugte drei nach dem Phosphorgehalt unterschiedene Sorten von „Krupp-Metall“: I mit 0,01, II mit 0,02 bis 0,03 und III mit 0,05 bis 0,06 Prozent Phosphor. In Springfield, wo man zuerst Krupps Verfahren eingeführt hatte, setzte man Chargen von 10 Tonnen in den Waschofen ein. Das

entphosphorte Eisen wurde in zwei Martin-Pernotöfen zu 15 Tonnen weiter verarbeitet.

Auf den Cambria-Eisenwerken bei Johnstown verarbeitete man Chargen von 6 bis 8 Tonnen. Die Herdsohle des Ofens, die 4,4 m inneren Durchmesser hatte, war aus Hämatit vom Oberen See, der nur 0,04 Prozent Phosphor enthielt, hergestellt. Der Zuschlag bestand aus 1 Prozent des Roheisens an Kalk und 14 Prozent Erze und Walzschlacke; derselbe wurde gut vorgewärmt. Der Prozess dauerte 25 Minuten und wurden dem Roheisen 70 bis 85 Prozent seines Phosphors entzogen, indem das eingesetzte Eisen 0,10 bis 0,15 Prozent, das gereinigte 0,02 Prozent Phosphor durchschnittlich enthielt.

Das Roheisen wurde in einem Kupolofen eingeschmolzen, floss von da in den Wascher; aus diesem wurde es in eine Pfanne abgestochen, aus der es in Massel gegossen wurde. Man machte in der Regel nur 6 Chargen zu 6 Tonnen in 24 Stunden, weil das Reinigen des Herdes immer viel Zeit kostete. Der Aufgang an Erzen für Ofenfutter und Zuschläge wechselte von 1 bis 2 Tonnen für die Charge. Der Abbrand betrug 5 bis 6 Prozent, der Kohlenverbrauch 225 bis 270 kg auf die Tonne. Das Produkt hieß Waschmetall (*washed metal*). 1890 war das Verfahren auf den Cambrawerken noch im Gange.

Andere Vorschläge für die Entphosphorung durch einen vorbereitenden Prozess schließen sich teils dem Kruppschen, teils dem 1878 erfundenen Thomas-Verfahren an.

1879 schlug E. Williams vor, flüssiges Roheisen mit flüssigem Eisensinter, unter Zusatz von 20 Prozent reinem Sand, in einem Tiegel etwa eine Viertelstunde lang heftig zu schütteln. S. Kern in Petersburg machte Versuche mit diesem Verfahren.

In ähnlicher Weise änderte Helmholtz das Kruppsche Verfahren ab, indem er einen dünnen Strom von Roheisen einem Strom geschmolzener, eisenoxidreicher Schlacke in

einem Flammofen entgegenführte. Das entphosphorte, aber auch teilweise entkohlte Eisen sollte durch Überleiten über ein Bett von Kohle wieder gekohlt werden (D. R. P. Nr. 6078).

Brauns erlangte 1879 angeblich eine Abscheidung des Phosphors aus dem Roheisen bis zu 90 Prozent durch Schmelzen derselben in einem Kupolofen mit basischem Futter.

Die Entphosphorungsversuche der Guten Hoffnungshütte 1879 und von Jos. Beasley zu Pensnett in Staffordshire durch Zusätze im Puddelofen werden beim Puddelprozess beschrieben werden.

Emil Andre wollte die Entphosphorung in einer Gusspfanne, die mit einem feuerfesten Futter aus rotgebranntem Dolomit mit schwefelsaurem Kalk als Bindemittel ausgekleidet war, bewirken. Außerdem sollte beim Abstich gepulverter Braunstein durch einen Trichter in das Eisenbad eingetragen werden.

C. W. Hoepfner machte 1885 den nicht neuen Vorschlag, die Entphosphorung des Roheisens dadurch zu bewirken, dass man es durch ein Filter aus Kalkziegel und Oxiden von Eisen und Mangan durchfließen ließ.

Einen anderen Weg empfahl 1879 Richard Brown, der die Entphosphorung durch Zusatz von doppelt-chromsaurem Kali zu dem geschmolzenen Roheisen bewirken wollte. Bei einem Phosphorgehalt bis 1,5 Prozent sollte ein Zusatz von $\frac{1}{2}$ Prozent des Salzes etwa $\frac{3}{4}$ Prozent Phosphor neutralisieren.

M. H. Purdy in Brooklyn schlug (1883) Mennige, Bleiglätte oder Zinnober als Entphosphorungsmittel vor (D. R. P. Nr. 34946); Lindenthal empfahl einen Zusatz von 1/10 Prozent Aluminium.

Seit der Einführung des Thomasverfahrens wendete man der Entschwefelung des Roheisens, welche man bis dahin durch hohen Kalkzuschlag im Hochofen oder gleichzeitig mit der Entphosphorung erstrebt hatte, besondere

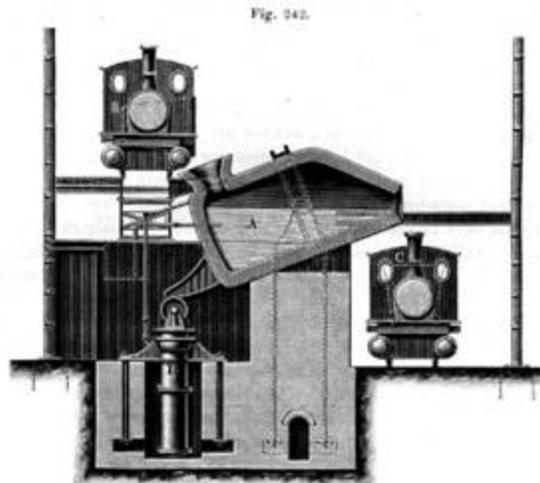
Aufmerksamkeit zu, weil die Abscheidung des Schwefels beim Thomasieren nur eine unvollkommene war. Infolgedessen bildeten sich auch für diesen Zweck besondere vorbereitende Reinigungsprozesse, die dem eigentlichen Frischen vorausgingen, aus. Auch hierbei waren es wieder besonders zwei Verfahren, die eine praktische Wichtigkeit erlangt haben, die Entschwefelung von Rollet (1881) und die des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins im sogenannten „Mischer“.

Antoine Rollet zu Creuzot führte 1881 sein Entschweflungsverfahren (D. R. P. Nr. 14647), welches auf der Einwirkung einer sehr kalkreichen Schlacke bei hoher Temperatur begründet war, auf dem Eisenwerk Givors in Frankreich ein. Er schmolz das Roheisen in einem mit basischem Futter ausgekleideten Kupolofen unter Zuschlag von Kalk oder Dolomit und Flussspat, um erstere flüssig zu machen, ein. In der Folge versah er den Kupolofen mit mehreren Reihen Formen übereinander, von denen die unteren in den Herd geneigt waren. Er kleidete den Ofen mit einem Magnesitfutter aus und erhitzte den Wind auf 400° C. Hierbei erhielt er in 24 Stunden 60 bis 75 Tonnen gereinigtes Eisen von weißem Bruch und poröser, schwammiger Textur. Die dabei fallende gelblich-weiße Schlacke enthielt bis zu 90 Prozent des in dem Roheisen enthaltenen Phosphors als Phosphorsäure und einen großen Teil des Schwefels als Schwefelmetall. Das kohlenstoffarme gereinigte Produkt wurde im sauren Herdofen anderem Roheisen zugesetzt und zu Flusseisen oder im Puddelofen zu Schweiß Eisen verarbeitet. Nach Rollet konnte man auch die Reinigung im Flammofen unmittelbar vornehmen, musste dann aber die phosphor- und schwefelhaltige Schlacke vor Eintritt der Entkohlung entfernen.

Das Hörder Verfahren der Abscheidung des Schwefels, auf welches der Hörder Bergwerks- und Hüttenverein am 20. Mai 1890 ein Patent (D. R. P. Nr. 54976) erhielt, beruht

auf der Wirkung des Mangans auf Schwefeleisen. Mischt man schwefelhaltiges Roheisen mit manganhaltigem, so scheidet sich bei längerem Stehen eine schwefel- und manganreiche Schlacke ab.

Das Verfahren, um dessen Ausbildung sich Gustav Hilgenstock besonderes Verdienst erworben hat, besteht erstens darin, dass man flüssiges, schwefelhaltiges Roheisen in einem besonderen Behälter, dem sogenannten Mischer, Fig. 242, mit heißflüssigem Manganeisen versetzt und dann das Eisenbad sich so lange selbst überlässt, bis das durch eintretende Reaktion gebildete Mangansulfid als Schlacke ausgeschieden ist; zweitens durch Verarbeitung der so erhaltenen manganreichen Schlacken durch reduzierendes Schmelzen mit Kalk.



Im großen führt man die Schwefelabscheidung im Mischer in der Weise aus, dass man, wenn mehrere Hochöfen betrieben werden, einen auf manganreicheres Eisen gehen lässt und die Abstiche aus den verschiedenen Öfen mischt, anderenfalls schmilzt man manganreicheres Eisen, Spiegeleisen oder Ferromangan im Kupolofen ein. In obiger Abbildung werden die Abstiche in Pfannen durch eine Lokomotive B dem Mischer A zugeführt und in diesen gekippt. Der Mischer, der in seiner Gestalt einem

Konverter in geneigter Lage gleicht, wird dann nach Beendigung der Abscheidung in tiefer stehende Pfannenwagen C, die ebenfalls durch Lokomotiven zu- und abgefahren werden, entleert, indem der Mischer durch hydraulischen Druck gekippt wird. Dieses Verfahren, das sich als sehr praktisch bewährt hat und jetzt auf den meisten größeren Stahlwerken eingeführt ist, wurde zuerst in weiteren Fachkreisen durch einen von Direktor Massenez von Hörde bei der Versammlung des Iron and Steel Instituts 1891 gehaltenen Vortrage bekannt. In dem von ihm vorgeführten Falle der Entschwefelung von Thomasroheisen durch Ferromangan enthielt die Schlacke im Mischer 28,01 Prozent Mangansulfid. Der Mischer fasste 70 Tonnen. Massenez empfahl aber, ihm einen Fassungsraum von 120 Tonnen zu geben. Das Eisen, welches mehrere Stunden flüssig bleibt, stand 15 bis 20 Minuten im Mischer. Aus der Abnahme des Mangangehaltes kann man auf die Menge des Schwefelgehaltes schließen. Bei 1 Prozent Mangan im Roheisen ist der Schwefelgehalt durchschnittlich 0,9 Prozent.

Der Hörder Verein ließ sich 1892 auch den umgekehrten Prozess, nämlich die Abscheidung von Mangan durch Zusatz von Schwefeleisen, patentieren (D. R. P. Nr. 67978).

Von weiteren Entschwefelungsmethoden ist noch der von H. W. Saniter in Wigan 1892 angegebene und ausgeführte Prozess (D. R. P. Nr. 73782), der darin besteht, dass das flüssige Eisen mit einer Mischung von Chlorcalcium und Ätzkalk oder Kalkstein in Berührung gebracht wird, erwähnenswert. Dies sollte in der Gusspfanne, auf deren Boden das Gemisch ausgebreitet war, vorgenommen werden. Die angestellten Versuche verliefen aber ungünstig. Am 20. Juni 1893 nahm Saniter ein Zusatzpatent, wonach die Mischung neben Chlorcalcium auch Fluorcalcium enthalten sollte. Nach G. Hilgenstock ist aber auch diese Mischung nur wirksam bei gleichzeitiger

Anwesenheit von Mangan. Der Saniterprozess fand in vielen englischen Stahlwerken Anwendung und wurde 1894 auch von Krupp in Essen versucht.

Die Vorschläge von Bell und Wigan 1892 und von De Vathaire 1894, die Entschwefelung durch Zusatz alkalischer Cyanide zu bewirken, waren wegen der hohen Kosten im großen nicht ausführbar.

Das Frischen im offenen Herd.

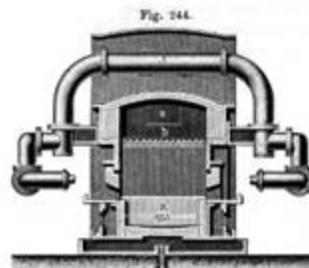
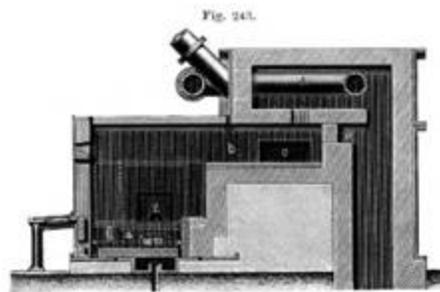
Der Herdfrischprozess spielte nur noch in den Ländern und Gebieten eine Rolle, wo außerordentlicher Waldreichtum diesen Prozess möglich und für die Verwertung des Holzes sogar notwendig machte, oder wo man mit Vorteil durch dieses Verfahren ein besonderes Qualitätseisen erzeugte. In der klassischen Heimat des Frischprozesses, in den österreichischen Alpenländern, hatte der Puddelprozess den Frischprozess so sehr verdrängt, dass z. B. in Kärnten 1871 von 292 Frischfeuern und 295 Hammerschlägen nur noch je 18 im Betriebe waren. In Deutschland wurde damals nur noch eine Frischhütte mit zwei Feuern zu Hammerau betrieben.

Dagegen war in Schweden, in dem Uralischen Russland und in einigen Gebieten von Nordamerika dieses Verfahren noch von Bedeutung. Ganz besonders gilt dies für Schweden, wo im Jahre 1871 mit 827 tätigen Herden 4414510 Zentner (187692650 kg) Stabeisen von 6073 Arbeitern gemacht wurden. Hier hatte man noch ein großes Interesse daran, den Frischprozess zu vervollkommen und ökonomischer zu gestalten. Deshalb stammen die Verbesserungen desselben in dieser Periode fast alle aus Schweden. Namentlich hat die Lancashire-Frischmethode in Verbindung mit Lundinschen Schweißöfen zum Ausheizen dort weitere Vervollkommnung erfahren. Auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika hatte die Lancashireschmiede die alten deutschen Frischfeuer an den meisten Orten verdrängt. 1875 zählte man noch 59 Frischhütten (Bloomaries) mit 206 Frisch- und 41 Materialfeuern,

welche eine Produktionsfähigkeit von 60200 Tonnen hatten. Die wirkliche Erzeugung betrug aber 1873 nur 26940 Tonnen, 1874 22877 Tonnen und 1877 21845 Tonnen.

Eine große Konkurrenz erwuchs dem Frischschweißisen als Materialeisen für die Draht- und Weißblechfabrikation durch das vorzügliche weiche Eisen des basischen Konverter- und Flammofenprozesses, dem Thomas- und basischen Martineisen.

Von Verbesserungen des Frischprozesses erwähnen wir ein von L. M. Lindberg zu Kohlsva in Schweden 1881 versuchtes Verfahren, auf die schlackenfreie Oberfläche des im Herde eingeschmolzenen Roheisens Wind zu blasen, wie in einem Treibherde. Von größerer praktischer Bedeutung waren die Verbesserungen des Lancashireherdes, den man mit zwei Formen, je eine auf den gegenüberliegenden Langseiten, versah, wie es in Fig. 243, 244 dargestellt ist. Dadurch konnte man größere Einsätze in kürzerer Zeit mit weniger Holzkohlen frischen.



J. A. Forsberg ging in dieser Richtung noch weiter, indem er 1883 den dreiförmigen schwedischen Herd erfand, bei dem noch eine dritte Form in der Hinterwand angebracht und die Brustseite geschlossen war. Das Aufgeben geschah durch einen Fülltrichter. Der Wind strich durch die doppelten Ofenwände über den Herd, wodurch er erwärmt wurde und zugleich die Wände kühlte und dadurch schützte.

Eine weitere Verbesserung Forsbergs, die er zu Kallinge einführte, bestand darin, dass er den Herdboden mittels Bodenschrauben verstellbar machte. Die Qualität des Produktes fiel in dem dreiförmigen Herd besser als in dem zweiförmigen aus und waren dabei weniger geschickte Arbeiter erforderlich.

Die Brennmaterialersparnis betrug 15 bis 20 Prozent und die Arbeit verlief rascher. Solche dreiförmigen Herde wurden zu Hult und Niby erbaut.

1885 ließ sich Forsberg einen vierförmigen Frischherd patentieren. Es war dies ein Doppelherd mit zwei Arbeitsöffnungen und je zwei Formen auf jeder Langseite. Ein nach diesem Patent erbautes Frischfeuer zu Stridberg erwies sich aber nicht besser als der dreiförmige Herd. Zu Bofors waren 1885 20 vierförmige Frischfeuer in Betrieb.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika machte man in Lancashire-Frischherden besonders Eisen für die Zementstahlfabrikation. Man umgab das Feuer mit doppelten Wänden aus Blech, die für Wasserkühlungen dienten, wodurch die Frischer weniger durch die Hitze zu leiden hatten.

Während in den Vereinigten Staaten die Frischeisenerzeugung immer mehr verschwand, erhielt sie sich in Schweden auf ihrer Höhe. 1891 betrug die Schweißisenerzeugung daselbst rund 195000 Tonnen, davon waren 182000 Tonnen Herdfrischeisen, wovon der weitaus größte Teil in Lancashire-Feuern mit ein bis drei Formen erzeugt war. Bei etwa 100 bis 180 kg Einsatz und

114 bis 120 kg Vorwage und 4 bis 7 hl Kohlenverbrauch wöchentlich wurden 14 bis 16 Tonnen Frischluppen erzeugt. Die Einsätze wurden aus weißem und halbiertem Roheisen gemischt und das fertige Produkt in vier Klassen sortiert: a) für schwere Radreifen, Schieneneisen; b) für Stangeneisen; c) für leichte Radreifen und Schienen; d) für Extraqualität (geschweißte Zaggel) zur Erzeugung von Hufnagelisen und Drahtstangen.

Der Puddelprozess oder das Flammofenfrischen.

Auch das Flammofenfrischen oder Puddeln war um 1871 bereits relativ im Rückgang begriffen, wenn auch seine Erzeugung noch im Steigen war. Das Bessemerflusseisen verdrängte das Schweiß Eisen überall da, wo es sich um ein hartes, festes Material handelte; so namentlich in dem wichtigsten Zweige der Walzindustrie der Schienenfabrikation.

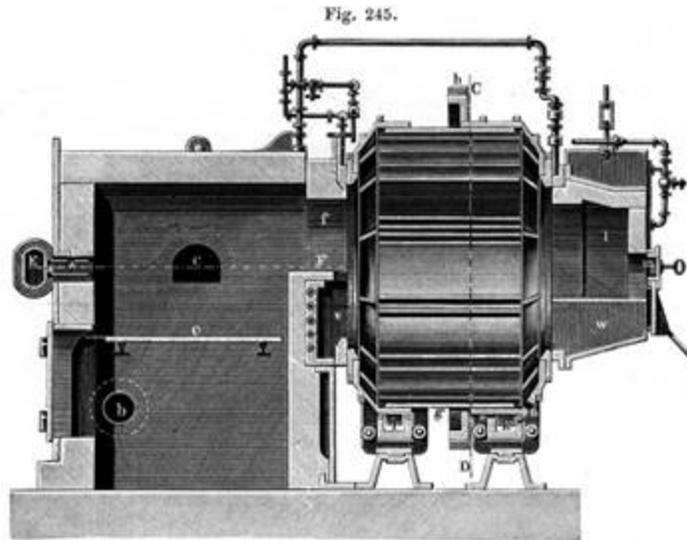
Auch das Siemens-Martin-Verfahren begann dem Puddeleisen empfindliche Konkurrenz zu bereiten. Dagegen behauptete sich das Puddeleisen siegreich, wo es sich um Weichheit und Schweißbarkeit handelte und in letzterer Eigenschaft erwies es sich dem Flusseisen so überlegen, dass man ihm mit dem Herdfrischeisen zusammen den Gruppennamen „Schweiß Eisen“ im Gegensatz zu dem in flüssigem Zustande erhaltenen Flusseisen beilegte. Auch zeigte der Puddelprozess noch darin einen Vorteil, dass man mit ihm phosphorhaltiges Roheisen besser zu einem brauchbaren Produkt verarbeiten konnte, indem der Phosphor bei Gegenwart von reichlicher, garer Schlacke aufgelöst und abgeschieden wurde. Infolge dieser Vorzüge nahm die gesamte Puddeleisenproduktion in den Jahren 1871 bis 1880 an Umfang zu. In England betrug die Zahl der betriebsfähigen Puddelöfen: 1861: 4147, 1875: 7574, 1885: 4902, 1886: 4246. Ihr absolutes Maximum erreichte die Schweiß Eisenproduktion im Jahre 1882 mit 9135 kt, doch wurden in diesem Jahre bereits 6199 kt Flusseisen erzeugt. Während das relative Verhältnis von Schweiß Eisen

zu Flusseisen 1870 noch 90 : 10 war, hatte 1888 die Flusseisenfabrikation die Schweißseisenproduktion bereits überflügelt.

Von 1882 an sank die Schweißseisenerzeugung in England und den Vereinigten Staaten, während sie in Deutschland noch steigend blieb bis 1889, seitdem ist auch hier ein merklicher Rückgang eingetreten. Die relative Abnahme in Deutschland von 1877 bis 1894 ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

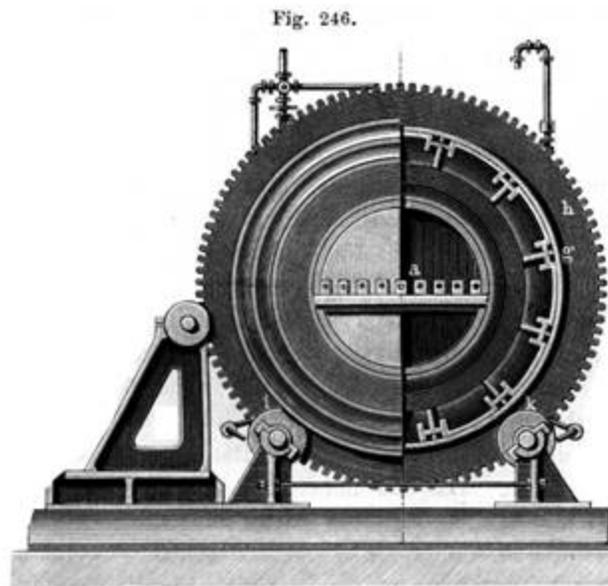
Jahr	Erzeugung				
	Schweißseisen		Flusseisen		Zusammen kt
	kt	Prozent	kt	Prozent	
1877	1063	72	411	28	1494
1882	1596	60	1075	40	2661
1887	1625	48	1738	52	3363
1891	1481	39	2562	61	4043
1894	1139	24	3641	76	4780

Der Rückgang der Schweißseisenerzeugung in der zweiten Hälfte unseres Zeitabschnitts, seit 1882, war eine Folge der Erfindung des basischen Verfahrens durch Thomas und Gilchrist, welches sowohl im Konverter wie im Siemens-Martinofen mit basischem Futter ein phosphorarmes, weiches Material lieferte, das, außer an Schweißbarkeit, das Puddeleisen in jeder Hinsicht übertraf. Ehe der Thomasprozess erfunden war, konnte man sich noch der Hoffnung hingeben, dass sich das Puddeleisen, wenn auch auf beschränkterem Gebiete wie früher, siegreich gegen das Flusseisen behaupten würde und man hoffte, durch Verbesserungen im Betriebe dies umso mehr zu erreichen. In dieser Richtung wurden besonders in den siebziger Jahren bedeutende Anstrengungen gemacht. Große Hoffnungen setzte man damals auf das mechanische Puddeln.



Schon in den vorausgegangenen Jahrzehnten hatte man Versuche gemacht, die mühselige und teure Handarbeit des Puddelns durch mechanischen Betrieb zu ersetzen. Tunner und andere Autoritäten hatten diese Versuche vom Standpunkte der Menschlichkeit begrüßt, indem sie die anstrengende Puddelarbeit geradezu für menschenunwürdig erklärten. Die Erfolge waren aber bis zum Jahre 1870 sehr gering gewesen. Da zog im Jahre 1871 ein von Samuel Danks in den Vereinigten Staaten eingeführter rotierender Puddelofen die Aufmerksamkeit auf sich und hoffte man, in ihm die Lösung des Problems gefunden zu haben. Die Idee war nicht neu. 1853 hatten bereits Walker & Warren, 1856 W. Beatson und H. Bessemer, 1859 W. H. Tooth und 1861 Tooth und Yates Patente auf rotierende Puddelöfen genommen. 1869 trat Danks mit seinem Ofen auf und es gelang ihm, denselben auf einigen bedeutenden Werken in den Vereinigten Staaten einzuführen. Er reiste 1871 nach England, um dort für seine Erfindung zu wirken und er erweckte durch einen Vortrag in dem neugegründeten Iron and Steel Institute ein so lebhaftes Interesse dafür, dass der Verein eine Kommission, bestehend aus den Sachverständigen John A. Jones, John Lester und Geo. J. Snelus, nach Amerika

entsandte, um die rotierenden Öfen von Danks zu studieren und mit englischen Eisensorten, und zwar mit Dowlais-, Coneygree-, Butterly-, Cleveland- und spanischem Roheisen Versuche darin anzustellen. Die Kommission besuchte die Railway Iron Works zu Cincinnati, wo damals neun Danksöfen im Gange waren, von denen acht ständig betrieben wurden, während einer als Reserve diente.



Desgleichen waren in den Roane Iron Works zu Chattanooga, Tennessee, damals bereits neun Danksöfen errichtet. Die Kommission erstattete einen sehr günstigen Bericht, dem Snelus noch eine besondere Abhandlung, in der er den Verlauf des Prozesses wissenschaftlich erklärte, folgen ließ. Dies bewirkte, dass man alsbald auch in England die rotierenden Öfen von Danks einführte. Hopkins, Gilkes & Co. auf dem Vulkaneisenwerk erwarben sich (1872) um die Sache großes Verdienst.

Ehe wir die Geschichte der Danksöfen weiter verfolgen, wollen wir eine kurze Beschreibung derselben geben. Aus den Fig. 245, 246 ersehen wir, dass nur der mittlere Teil, ein Zylinder, der außen mit einem Zahnkranz versehen ist und auf Rollen läuft, beweglich ist, während die Feuerung

mit der Feuerbrücke und der Fuchs, durch den der Drehherd mit der Esse in Verbindung steht, fest stehen. Die Feuerung ist ein einfacher Planrost für Steinkohlen, doch wendete man zur Regulierung des Feuers Unterwind (durch b) und Oberwind (durch a) an. Der Drehmechanismus des zylindrischen Herdes ist aus der Zeichnung ersichtlich. Der eiserne Drehofen hat einen inneren Durchmesser von 1,65 m, die beiden konischen Öffnungen von 1 m. Die Länge des Zylinders ist 0,85 m. Die konischen Enden auf beiden Seiten sind durch zwei durch Wasser gekühlte Ringe abgeschlossen. Ebenso sind Feuertür und Feuerbrücke mit Wasserkühlung versehen. Der aus eisernen Platten zusammengesetzte Drehzylinder ist innen mit vorspringenden Rippen versehen, um das Ofenfutter zu halten. Die Herstellung dieses Futters war von besonderer Wichtigkeit. Man unterschied Unterfutter (*initial lining*) und Decke (fix). Das Unterfutter bestand aus einem mit Wasser angerührten Gemisch von feuerfestem Ton und Erz, das in teigartigem Zustande $\frac{4}{5}$ Zoll dick aufgetragen und festgestampft wurde; alsdann wurde es mit Holzfeuer abgetrocknet. Eingeworfener Hammerschlag erzeugte eine Art Glasur. Hierauf wurde die Decke (fix) aus einem Gemenge von Kiesabbränden (*fettling*) und geröstetem Kohleneisenstein (*pottery-mine*), dem zuletzt noch reiches Eisenerz zugesetzt wurde, in fünf Abteilungen, bis die ganze Oberfläche von fix bedeckt war, aufgeschmolzen. Am meisten haben sich zur Herstellung des Futters reine Roheisensteine von Bilbao, Marbella in Spanien und von Iron Mountain in Missouri bewährt, weniger Ilmenit und andere Titaneisenerze, die im Anfang empfohlen wurden. Da das Roheisen beim Frischen den nötigen Sauerstoff hauptsächlich aus dem Futter zieht, so leidet dieses sehr und muss fortwährend durch Erzzusatz erneuert werden. Dieser betrug in England für einen Ofen von 320 kg Einsatz 2 bis 2½ Tonnen in 11 Stunden.

Infolge dieser Reduktion von Eisen aus dem Futter war das Ausbringen größer als der Einsatz. Anfangs schmolz man das Roheisen im Drehofen selbst ein. Beispielsweise betrug ein Einsatz in England 280 kg Coneygree-Roheisen. Derselbe war nach 60 Minuten eingeschmolzen, nach 65 Minuten wurde Schlacke abgestochen, nach 70 Minuten konnte die Luppe ausgezogen werden, die 317 kg wog. Das Einschmelzen des Roheisens im Drehofen war aber aus verschiedenen Gründen unvorteilhaft. Es kostete viel Zeit und Brennmaterial und die ungeschmolzenen Stücke beschädigten beim Drehen das Futter. Deshalb gab man es sehr bald auf und brachte das in einem Kupolofen geschmolzene Roheisen flüssig in den Danksofen.

Der chemische Verlauf des Prozesses wurde von Snelus durch zahlreiche Analysen erläutert, aus denen hervorging, dass Phosphor und Silizium besser abgeschieden wurden, wie im Puddelofen, während Lester und Jones genaue Berechnungen über die ökonomischen Resultate anstellten. Diese Berichte sind in Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde (Bd. III, S. 315) ausführlich mitgeteilt und genügt es, auf dieselben zu verweisen.

Die Mitglieder der Kommission erklärten Danks Frischverfahren für einen Erfolg. Das im Drehofen erhaltene Eisen sei besser als das mit der Hand gepuddelte und wenn auch die Anlagekosten teurer seien, so sei der Betrieb billiger. Ein Danksofen sollte drei Puddelöfen ersetzen.

In England wurde der erste Versuchsofen zu Crewe errichtet, sodann wurde eine große Anlage von Hopkins, Gilkes & Co. auf den Tees-Side-Eisenwerken bei Middlesborough erbaut. Die günstigen Berichte veranlassten auch die belgischen Eisenindustriellen, zwei Delegierte, die Ingenieure Leopold Taskin und Victor Tahon, zum Studium des Danks-Prozesses zu Hopkins, Gilkes & Co. nach Middlesborough zu schicken. Diese sprachen sich ebenfalls lobend aus. Nach ihren Angaben

ersetzen 12 Danksöfen zu 150000 Francs 40 Puddelöfen zu 170000 Francs. Allerdings kostet eine Anlage von 12 Danksöfen mit den zugehörigen Zängevorrichtungen 328000 Francs, eine entsprechende Puddelofenanlage 318000 Francs.

Das neue Verfahren erschien umso vorteilhafter, als die Arbeitslöhne damals einen sehr hohen Stand erreicht hatten, weshalb ein Ersatz durch Maschinenarbeit angezeigt war. Wenn trotz alledem der Danksprozess bis 1873 nur geringe Verbreitung fand, so lag dies an den hohen Lizenzgebühren, welche Danks für seine Drehöfen verlangte. Sie betragen für Amerika 1 Dollar für die Tonne. Für England hatte er sie zwar auf 2 Schilling für die Tonne ermäßigt, doch war auch dies noch zu hoch. Nachdem Danks dies erkannt hatte, zog er 1873 sein Patent zurück und begnügte sich mit einer billigen Abfindung von Fall zu Fall. Daraufhin entstanden 1873 mehrere große Anlagen für Danksöfen, so auf den Erimuswerken bei Middlesborough und auf den Carltonwerken bei Stockton on Tees.

Auf dem Kontinent waren dagegen, trotz der allgemeinen Aufmerksamkeit, welche das Verfahren besonders seit der Wiener Weltausstellung auf sich gezogen hatte, die Erfolge gering, weil es bei den billigen Arbeitslöhnen und dem teuren Bezug der Futtererze im Betriebe kostspieliger als das alte Verfahren war. Aber auch in England wurden die Erwartungen nicht erfüllt. Bei den günstigen Betriebsberechnungen von Lester und Jones waren die Reparaturkosten viel zu niedrig veranschlagt. Diese waren sehr hoch nicht nur für den Drehmechanismus, als noch mehr für die rasche Zerstörung des Ofenfutters. Außerdem erforderten die großen Luppen viel stärkere Zänge- und Walzvorrichtungen als der gewöhnliche Puddelbetrieb.

Man bemühte sich, Verbesserungen anzubringen. Das Roheisen in geschmolzenem Zustande einzutragen und zu verfrischen, war zwar billiger, wirkte aber infolge des

raschen Verlaufs nachteilig auf die Qualität. Wood in Middlesborough verbesserte 1874 dieselbe dadurch, dass er das Eisen in granuliertem Zustande aufgab und einschmolz. Bodmer zerkleinerte das Roheisen heiß zwischen Walzen. Dennoch wurden bereits 1874 in Staffordshire verschiedene Danksöfen wieder kalt gestellt, weil die häufigen Reparaturen und Störungen kein ersprießliches Arbeiten gestatteten. Auch in den Vereinigten Staaten ersetzten die Roane-Eisenwerke zu Chattanooga ihre zehn Danksöfen wieder durch Puddelöfen. Dagegen war man auf den Carlton- und Erimus-Eisenwerken in England mit dem Betrieb mit granuliertem Roheisen zufrieden; 1875 wurden auf den Erimuswerken wöchentlich 1000 Zentner Luppeneisen in Danksöfen erzeugt. Ebenso erzielte Heath in North-Staffordshire angeblich gute Resultate.

Ein Nachteil war die Größe und die Ungleichmäßigkeit der Luppen. Der ganze Einsatz gab nur eine Luppe. Versuche, dieselben zu teilen, hatten sich nicht bewährt. Ebenso war die Dickflüssigkeit der Schlacke ein Missstand.

In den Vereinigten Staaten erwarb sich John T. Williams, Direktor der Mill-Vale-Hütte bei Pittsburgh, Verdienste um die Verbesserung der Danksöfen, die er erst für dauernden Betrieb tauglich gemacht hat. Es gelang ihm, die Chargendauer auf 50 Minuten abzukürzen. Die Verbesserungen bezogen sich auf Abänderung des runden Querschnitts in einen elliptischen, Wasserkühlungen, auf den besseren Anschluss des Drehofens an Fuchs und Feuerbrücke und auf die Feuerung. Gegen Ende der siebziger Jahre hatte sich die Zahl der Danksöfen in den Vereinigten Staaten und in England bereits sehr vermindert. Am längsten setzten die Otis-Eisenwerke bei Cleveland (Ohio) den Betrieb zur Erzeugung von Qualitätseisen fort. Die Drehöfen waren 2 m lang und 2 m im Durchmesser aus Stahlplatten zusammengesetzt. Es wurden 1882 10 bis 12 Tonnen Eisen in 12 Stunden

verarbeitet. 1884 wurden sogar täglich 27 bis 30 Tonnen in den Danksöfen gefrischt.

Bald nachdem der rotierende Ofen von Danks die Aufmerksamkeit der Eisentechniker auf sich gezogen hatte, entstanden eine Anzahl ähnlicher Konstruktionen, die zwar noch weniger einen dauernden Erfolg hatten, wie der erstgenannte, aber doch Erwähnung verdienen.

William Seller in Philadelphia ließ sich 1872 einen Drehofen patentieren, der mit den ältesten Öfen dieser Art, dem Östlundschen Drehtopf (s. Bd. II, S. 862), insofern Ähnlichkeit hatte, als das Schmelzgefäß nur eine Öffnung zum Ein- und Austritt der Flammen hatte. Er wurde in Europa besonders durch die Wiener Weltausstellung, wo Seller ein gangbares Modell vorführte, bekannt. Die um eine horizontale Achse drehbare Birne war mit einer kontinuierlichen Regenerativ-Gasfeuerung versehen. Der Ofen ruhte auf einem dreirädrigen Fahrgestell, wodurch er sich leicht entfernen ließ. Auf den Edge-Moore-Eisenwerken wurden 14 dieser Öfen errichtet. Sie waren genial in der Konstruktion, aber zu teuer. 1878 wurden noch einige nachträgliche Verbesserungen in Bezug auf das Ein- und Austragen des Metalls und die Erwärmung von Wind und Dampf angebracht; seitdem verlautete nichts mehr über diese Drehöfen.

Eine andere Konstruktion, die auf der West-Hartlepool-Hütte in England ausgeführt wurde, rührte von Adam Spencer her. Dürre bezeichnet sie als Drehkiste. Der Ofen hatte die Gestalt eines vierseitigen Prismas. Die Seitenwände bestanden aus hohlen, eisernen Kästen. Dieselben wurden einzeln mit geschmolzener Puddelschlacke ausgegossen, dann zusammengesetzt, erhitzt und mit flüssiger Puddelschlacke zusammengekittet. Die Drehachse fiel nicht mit der Achse des Hohlraumes zusammen, indem zwar zwei Wände mit der Drehachse parallel, zwei dagegen geneigt waren. Dadurch entstand bei der Drehung ein Hin- und Herfließen der