

## Über die Fortschritte auf dem Gebiet der Eisenhüttenkunde in den letzten Jahren.

Von Dr. Ing. K. DORNHECKER.

(Eingeg. 5./4. 1920.)

Der nachstehende Bericht soll auf Grund des in der Literatur veröffentlichten Materials eine Auswahl der praktisch wichtigeren Neuerungen auf dem Gebiete der Eisenhüttenkunde seit dem Beginn des Jahres 1912 geben, unter Ausschluß derjenigen, die in das Gebiet der eigentlichen Technologie, der Weiterverarbeitung des Eisens durch Gießen, Walzen, Schmieden, Pressen usw. fallen. Die Figuren sind mit Genehmigung der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ entnommen.

### I. Roheisenerzeugung.

Über die Bewegung der Roheisenerzeugung in den drei wichtigsten Eisenindustrieländern gibt Zahlen-tafel 1 Aufschluß, welche die Jahreserzeugung derselben in Millionen t erkennen läßt.

Zahlen-tafel 1.  
Jährliche Roheisenerzeugung in Millionen t

Jahr	Vereinigte Staaten von Nordamerika	Deutschland einschl. Luxemburg	Großbritannien
1911	24,03	15,58	9,87
1912	30,20	17,87	9,03
1913	31,46	19,31	10,65
1914	23,71	14,39	9,15
1915	30,14	11,79	8,93
1916	46,066	13,28	9,19
1917	39,239	13,14	9,57
1918	39,677	11,86	9,21
	1918. Nov. u. Dez. ohne Luxemburg u. Elsaß-Lothringen		

Bei der wachsenden, nur durch den Krieg etwas gehemmten Roheisenerzeugung ist in neuerer Zeit der Vorrat an erstklassigen Erzen in den Hauptindustrieländern gegen früher bedeutend zurückgegangen, so daß man vielfach aus wirtschaftlichen Gründen gezwungen war, Erze zu verhütteten, die man wegen ihres geringen Eisengehaltes oder wegen ihrer ungeeigneten physikalischen Beschaffenheit früher als unbrauchbar verwarf. Insbesondere steht die Frage der wirtschaftlichen Verhüttung feinkörniger Erze im Vordergrunde des Interesses. Die direkte Verhüttung großer Mengen von Feinerzen hat für den Hochofenbetrieb mancherlei Nachteile im Gefolge, deren Wirkung mit der Erhöhung des Winddruckes sowie der Ofenleistung noch mehr in die Erscheinung trat. Erschwerte Ofenführung durch Bildung von Kanälen in der Beschickungssäule, Hängen und Stürzen der Gichten, vermehrte Gichtstaubmengen und Erzverluste, Schwierigkeiten und Kosten der Gasreinigung für den Kraftgasbetrieb, das alles waren Gründe, die eine Überführung der mulmigen Erze in Stückform wünschenswert erscheinen ließen; mit den Feinerzen kam dann auch der Gichtstaub zur Verarbeitung. Um ungefähr ein Bild von der bedeutenden Menge der pulverigen Erze zu bekommen, sei z. B. erwähnt, daß nach Sorge<sup>1)</sup> im lothringisch-luxemburgischen Gebiet allein bei der Eisenerzförderung 15%, d. h. etwa 3,6 Mill. t auf feines Erz entfallen.

Die Verfahren zur Stückigmachung der feinkörnigen Materialien können nach Weiskopf<sup>2)</sup> zweckmäßig in Brikettierungs- und Sinterverfahren geschieden werden.

Ein in letzter Zeit als geeignetes Bindemittel zur Erz- und Gichtstaubbrikettierung benutztes Material ist in dem bei der Trockengasreinigung in großen Mengen gewonnenen Gichtstaub („Gasfilterstaub“) gefunden worden. Nach Kipppe<sup>3)</sup> wird der Gasfilterstaub dem Materiale in Mengen von 5—10% zugemengt, das Gemisch gepreßt und unter gespanntem Dampf von 7—10 Atm. Überdruck etwa 6—10 Stunden lang erhärtet.

Ganz besonders haben sich in den letzten Jahren die Sinterverfahren eingebürgert und entwickelt, nachdem das Gröndal-Verfahren, das die Agglomeration der ohne Bindemittel in einer Presse geformten Ziegel durch Brennen in Kanalöfen bewirkt, insbesondere in den nordischen Ländern große Verbreitung gefunden hat. Eine Verbesserung hat dieses Verfahren, dem zu hohe Ge-

stungskosten der Briketts vorgeworfen werden, durch Raméne<sup>4)</sup> erhalten; sie besteht in einer zweckmäßigeren, auch den Wagen schützenden Ofenform, wodurch man längere Haltbarkeit, geringere Ausbesserungskosten und größere Leistung erreicht. Es ermöglicht eine Entfernung von fast sämtlichem Arsen, Schwefel, Zink und Hydratwasser. Nach Versuchen auf der Bismarckhütte in Oberschlesien ergab sich durch Verwendung von Raménbriketts eine Erhöhung der Erzeugung von 25—30% und eine Kokkersparnis von 8%. Die Leistung eines Kanals in 24 Stunden beträgt nach Raméne<sup>4)</sup> mindestens 100 t Schlichbriketts. Die Kosten des Verfahrens werden zu 1,75—2,14 M/t angegeben. (Sämtliche Kostenangaben beziehen sich auf die Vorkriegszeit).

Eine Vervollkommenung der Agglomeration im Drehrohrofen bewirkt das Dellwik-Fleischersche Verfahren<sup>5)</sup> durch die Anwendung scharfer, reiner Gasflammen (insbesondere Wasser-gas) und verhindert dadurch eine Verunreinigung des Erzeugnisses. Der Schwefelgehalt der Erze wird durch diese Behandlung sehr heruntergedrückt. Die Temperatur läßt sich durch Einstellen des Gasventils gut regulieren.

Das Agglomerierverfahren der Metallbank und Metallurgischen Gesellschaft<sup>6)</sup> (Heberlein J. Savelsberg A. G. in Frankfurt a. M.) beruht auf dem Grundsatz, daß das feine Material mit Brennstoff (z. B. Staubkohle, Koksgrus u. dgl.) gemischt, in einen gußeisernen Konverter gebracht, und der in der Mischung enthaltene Brennstoff mittels eines durch die Masse geleiteten Luftstromes herausgebrannt wird. Die Verbrennungswärme bewirkt ein Zusammensintern zu Klumpen, die durch Kippen des Konverters aus diesem entfernt und dann zerstochen werden. Der über dem Windkasten befindliche Boden des Konverters wird aus einem 20 mm starken gelochten Blech gebildet, auf welches zuerst glühende Kohle, die Zündungskohle, und hierauf das Erz-Koksgemisch gebracht wird. Nach den Angaben der Gesellschaft beträgt der Durchsatz eines Konverters durchschnittlich 25 t in 24 Stunden; ein Durchsatz von 40 t ist keine Seltenheit und es ist bei verschiedenen, sehr gut gehenden Erzen ein solcher von 60 t erzielt worden. Bei dem schlechter sinternden Gichtstaub beträgt er 15 t in 24 Stunden. Der sich nach dem Agglomeriergut richtende Brennstoffaufwand beläuft sich, auch bei Anwendung schlechtesten Brennmaterials, durchschnittlich auf 10% Kohle und der Kraftbedarf auf 10 PS/st/t Agglomerat. Die Gesamtkosten des Verfahrens sollen sich einschließlich Amortisation usw. auf 1,20—2 M/t belaufen. Das Verfahren hat seine Brauchbarkeit bei Kiesabbränden, Braun- und Raseneisenerzen sowie Gichtstaub erwiesen, und das Agglomerat soll trotz glasiger Oberfläche gut verhüttbar sein. Ein Nachteil des Verfahrens dürfte darin liegen, daß eine Konverteleinheit pro Tag nur sehr geringe Materialmengen verarbeitet, und daher für große Leistungen die Anlagekosten sehr hoch werden, was sich jedoch durch größeren Fassungsraum der Konverter vermindern ließe.

Auf demselben Grundsätze wie die eben beschriebene Konverte-sinterung beruht das Dwight-Lloyd-Sinterungsverfahren<sup>7)</sup>, das in zwei verschiedenen Ausführungen besteht und insofern einen Fortschritt gegenüber dem Heberleinverfahren bedeutet, als es im Gegensatz zu letzterem kontinuierlich arbeitet. Bei beiden Ausführungen wird das zu verarbeitende Material durch starkes Anfeuchten mit Wasser plastisch gemacht, mit etwa 8% Kohlepulver vermisch auf eine bewegte Rostunterlage gebracht und an einer Stelle entzündet. Bei der ersten, vorzugsweise in Amerika üblichen Ausführungsform wird das angefeuchtete Gemisch auf ein aus durchlöcherten Platten bestehendes, sich langsam bewegendes Transportband aufgestrichen. Der dem Feinerze beigemengte Brennstoff wird durch eine sehr heiße Stichflamme entzündet und durch Hindurchsaugen oder -blasen von Luft durch den endlosen Rost vollständig verbrannt. Am Wendepunkte des Bandes wird das fertig agglomerierte Material abgestreift und fällt in Wagen. Die Leistung beträgt etwa 80 t in 24 Stunden für ein Gemisch von Gichtstaub und Feinerz. Die Betriebskosten werden von 1,23—2,74 M je t Material schwankend angegeben. Das Agglomerat wird teilweise bis über 50% dem Möller zugesetzt. Das Dwight-Lloyd Verfahren hat das Konverteerverfahren fast völlig verdrängt, da es wirtschaftlicher arbeitet.

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen 33, 1241 [1913].

<sup>2)</sup> Stahl u. Eisen 33, 319 [1913].

<sup>3)</sup> D. R. P. 210 742; Stahl u. Eisen 31, 244 [1911]; 33, 320 [1913].

<sup>4)</sup> Bll. Am. Min. Eng. 1912, 507; Stahl u. Eisen 32, 163, 320 [1912];

<sup>5)</sup> 33, 1315 [1913]; 34, 413, 457 [1914].

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen 33, 143 [1913].

<sup>2)</sup> Stahl u. Eisen 33, 276 [1913].

<sup>3)</sup> D. R. P. 271 822; Stahl u. Eisen 34, 1164 [1914].

Bei der zweiten, weniger gebräuchlichen Ausführungsart wird das angefeuchtete Gemisch Erz-Koksklein in gleichmäßig dünner Schicht auf einen sich drehenden karussellartigen Apparat mit wagerechtem, ringförmigen Rost aufgegeben. Durch Erhitzung sinteret das Erz zusammen, wird von einem Abstreifer von der Rostunterlage abgehoben und in Stücke gebrochen. Die Sinterungskosten belaufen sich auf etwa 2 M/t. Das Agglomerat soll gleichmäßig porös und dadurch gut verhüttbar sein. Günstige Ergebnisse sind mittels dieses Verfahrens hinsichtlich der Entschwefelung erzielt worden; z. B. wurde der Schwefelgehalt bei Kiesabbränden von 4,41% auf 0,07%, bei Magnetiten von 3,5% auf 0,15% geröstet.

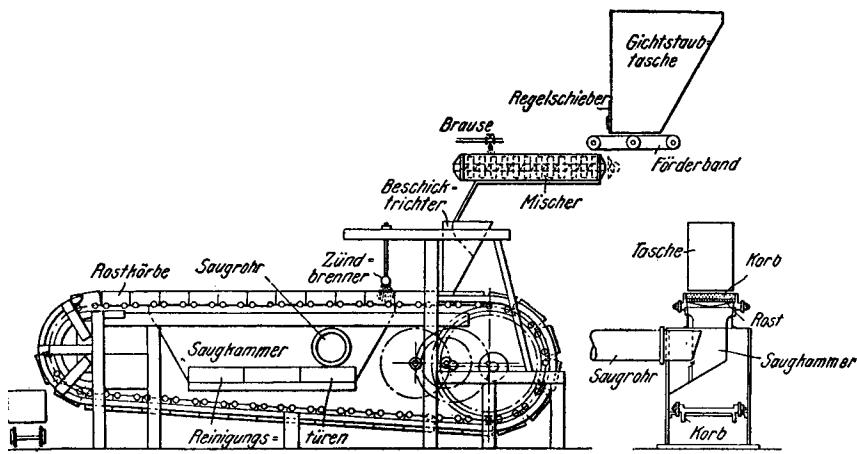


Abb. 1a. Saugzugsinteranlage nach Dwight und Lloyd.

Bei dem Greenwaldverfahren<sup>9)</sup> wird das Material mit Kohlestückchen in großen, flachen und mit einem Rost versenen Pfannen gemischt und von oben durch Ölfeuerung erhitzt. Zur Entleerung werden die Pfannen umgestürzt.

Das Westverfahren<sup>10)</sup> nimmt die Sinterung in einem mit Brennern versehenen Ofen vor. Das Material (insbesondere Gichtstaub) wird in Wagen, deren Plattform aus einem feuerfesten Herd besteht, in den Ofen gefahren und durch allmähliches Hinzufügen von je einer dünnen Schicht zu einem großen Block zusammen gesinteret. 30% der Erzbeschickung konnten ohne Beeinträchtigung den Betriebsergebnisse durch Westsinter ersetzt werden. Die Kosten des Verfahrens werden zu 2,10 M/t gesinterter Materials angegeben.

Über die Abmessungen und Leistungen moderner Hochöfen berichtet an Hand reichen Zahlenmaterials O. Simmersbach<sup>11)</sup>. Der Zusammenhang zwischen Gestellweite (Formenabstand) und Ofenleistung ist aus Zahlentafel 2 ersichtlich.

Zahlentafel 2.

Hochöfen für	Formenabstand mm	Tageserzeugung t
Gießereiroheisen . . . .	bis 3200	160
Hämatit . . . . .	„ 3400	185
Martinroheisen . . . .	„ 3600	350
Thomasroheisen . . . .	„ 4200	450

Die von der Erz- und Kokksart abhängige Höhe des Hochofens beträgt:

In Schlesien bis zu 23,5 m bei 19,0 m Beschickungshöhe,  
„ Rhld.-Westf. „ „ 29,5 m „ 25,5 m „  
„ Lothringen „ „ 30,0 m „ 24,0 m „

Die in den Vereinigten Staaten erprobte Ofenhöhe von 33 m hat sich als unzweckmäßig erwiesen. Der nutzbare Rauminhalt der Hochöfen schwankt je nach der Roheisenart zwischen 1,10 und 2,89 cbm für die Tonne Roheisen. Mit einem derartigen günstigen Verhältnis des nutzbaren Ofeninhalts steht Deutschland wahrscheinlich an der Spitze der Hochofenländer.

Die dünnwandigen Hochöfen, deren ersten Burgers 1899 auf dem Duisburger Vulkan erbaute, sind nur vereinzelt in Deutschland zu finden; sie haben jedoch in Amerika wachsende

<sup>8)</sup> Abb. 1, Stahl u. Eisen 34, 413 [1914], Abb. 2.

<sup>9)</sup> Iron Age 1912, 1038; Stahl u. Eisen 33, 321 [1913].

<sup>10)</sup> Iron Age 1912, 954; Stahl u. Eisen 33, 321 [1913]; 34, 412 [1914].

<sup>11)</sup> Stahl u. Eisen 34, 827 [1914].

Verbreitung gefunden, wo man in den letzten Jahren alte Hochöfen dünnwandig neu zustellte, sowie völlige Neubauten vornahm<sup>12)</sup>. Die Vorteile der dünnwandigen Bauart liegen in der etwa 70% betragenden Ersparnis an feuerfestem Material, in der besonders bei Hochkonjunktur wichtigen geringeren Bauzeit und in dem unveränderlichen Profil und mithin gleichmäßigerem Arbeiten. Der Nachteil der Wärmeverluste durch den dünnwandigen, wassergekühlten Schacht erklärt die gegen diese Bauart gehegten Bedenken.

Das Anheizen und Anblasen eines neuzeitlichen Hochofens beschreibt O. Simmersbach<sup>13)</sup>. Über das Schießen in Hochöfen ansätzen macht H. Schönneweg<sup>14)</sup> eingehende Mitteilungen. Von großer praktischer Bedeutung für den Hochofenbetrieb ist die von der Hochofenkommission des Vereins deutscher Eisenhüttenleute erörterte<sup>15)</sup> Frage der Verhütung von Roheisendurchbrüchen bei Hochöfen. Wenn es auch ein allgemeines, sicheres Mittel zu ihrer Vermeidung nicht gibt, so wurden doch u. a. als Schutzmittel sauber gefügtes Mauerwerk mit starker Ausrüstung und kräftiger Wasserkühlung, sowie eine neue, aus einem schweren wassergekühlten gußeisernen Mantel bestehende Gestellwandung oder Knüppelpanzer empfohlen.

Eine neue Roheisengießmaschine, die auf der Aplerbecker Hütte in Betrieb ist, hat W. Brügmann<sup>16)</sup> in Gemeinschaft mit der Deutschen Maschinenfabrik A. G. ausgebildet.

Die Bestrebungen im Hochofenbetrieb zielen darauf hin, diesen durch niedrigeren Brennstoffverbrauch wirtschaftlicher zu gestalten. Als geeignete Mittel hierzu sind außer der allgemein angewandten Winderhitzung in neuerer Zeit die Windtrocknung und die Erhöhung des Sauerstoffgehaltes der Gebläseluft in Vorschlag gebracht worden. Ferner ist man bestrebt, eine bessere Reinigung sowie eine möglichst wirtschaftliche Ausnutzung der Gichtgase zu erreichen.

Ein Verfahren, das eine Gasersparnis bei der Winderhitzung bezieht, ist die beschleunigte Cowperbeheizung nach dem Verfahren von Pfofer-Strack-Stumm<sup>17)</sup>. Ein Hochofen braucht etwa 30—40% seiner Gichtgase zur Erwärmung seines eigenen Windes. Um an diesem Gas zu sparen, sind verschiedene Vorschläge gemacht worden. Die einen Bestrebungen ließen darauf hinaus, die Winderhitzer hoch zu bauen, um eine große Heizfläche und eine niedrige Abgastemperatur zu erzielen; ihr Nachteil lag in den hohen Anlagekosten und großen Strahlungsverlusten. Die anderen suchten durch eingebaute Roste Gas und Luft im Augenblick der Verbrennung gut zu mischen oder die Verbrennungsluft im Brennschacht der Winderhitzer vorzuwärmen und hierdurch den eigentlichen Verbrennungsvorgang zu verbessern. Auch diese haben in der Praxis nicht dauernde Anwendung finden können. Das Prinzip des Pfofer-Strack-Stummverfahrens besteht darin, den Wärmeübergang in Cowpern während der Heizperiode durch Anwendung größerer Geschwindigkeiten von Gas und Verbrennungsluft zu beschleunigen; diese Geschwindigkeit wird dadurch erzielt, daß die Verbrennungsluft dem Cowper mittels eines Ventilators zugeführt wird. Der Wärmeübergang von Gas zu Stein oder von Stein zu Wind erfolgt bis zu einer gewissen Grenze mit zunehmender Geschwindigkeit rascher, ohne daß durch diese Erhöhung der Geschwindigkeit die Temperatur der Abgase zunimmt, wie Versuche gelehrt haben. Z. B. war bei dem früher üblichen Verfahren in der Windperiode ein Cowper infolge der größeren Geschwindigkeit in ungefähr  $\frac{1}{3}$  der Aufheizzeit entheizt. Durch dieses Verfahren werden jetzt Heiz- und Windperiode von gleicher Dauer, und zwar zu etwa  $1\frac{1}{2}$  Stunden, da die Heizzeit auf die Hälfte, nach neueren Versuchen sogar auf ein Drittel verkürzt werden kann. Ein weiterer Vorteil dieser erhöhten Geschwindigkeit liegt darin, daß der Staub sich nicht so stark auf dem Gitterwerk wie früher ablagert. Die Erzeugung der Preßluft erfolgt mittels eines Ventilators. Die Luftzufuhr in die Cowper geschieht mittels Düsen entweder ober- oder unterirdisch (neuere Ausführung). (S. Fig. 2.) Durch dieses Verfahren erzielt man eine Ersparnis an Heizfläche, d. h. Zahl der Cowper, an Gas, da die Strahlungsverluste infolge der geringeren Flächen kleiner werden, und mithin an Anlagekapital.

<sup>12)</sup> Stahl u. Eisen 34, 842 [1914].

<sup>13)</sup> Berg- und Hüttenm. Rundschau 1914/15, 27.

<sup>14)</sup> Stahl u. Eisen 34, 1333 [1914]; 35, 143 [1915].

<sup>15)</sup> Stahl u. Eisen 33, 149 [1913].

<sup>16)</sup> Stahl u. Eisen 32, 1438 [1912].

<sup>17)</sup> Stahl u. Eisen 34, 305, 1829 [1914]; 37, 57 [1917].

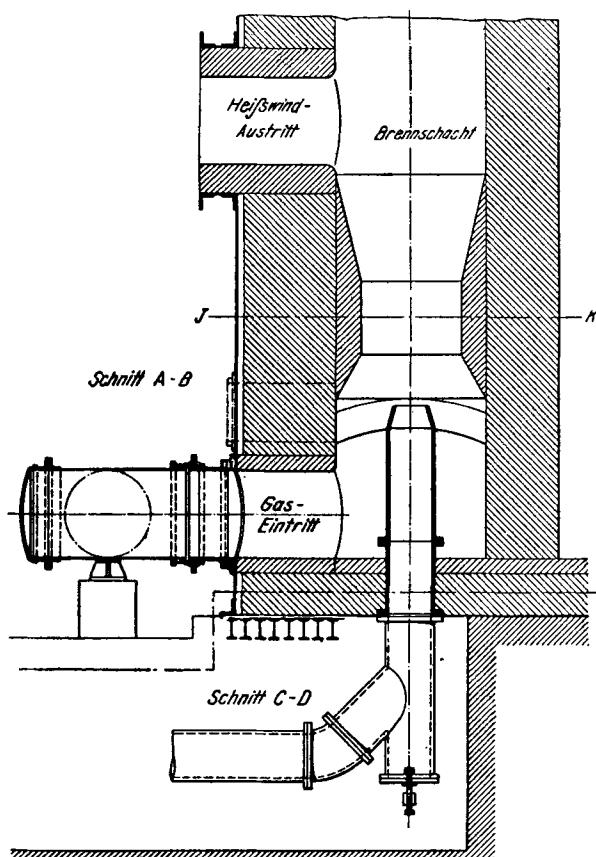


Abb. 2<sup>18</sup>). Beschleunigte Cowperbeheizung nach dem Verfahren Pfoser-Strack-Stumm.

Der Wirkungsgrad eines Cowpers, der nach Versuchen von Schmalenbach<sup>19</sup>) rund 56% betrug, stieg um 9%, also auf 65%. 14% der früher für die Cowperbeheizung benötigten Gase wurden erspart.

Der von Gayley aufgeworfenen Frage der Trocknung des Hochofenwindes brachten die Metallurgen aller Länder großes Interesse entgegen, da er angab, eine Kokkersparnis von 20% und eine Erzeugungssteigerung von 25% erzielt zu haben. Obwohl diese Zahlen keineswegs als Durchschnittswerte angesehen werden dürfen, so liegen doch die Vorteile der Windtrocknung in einer Verringerung des Brennstoffverbrauches und in einer größeren Gleichmäßigkeit des Ofenganges, da dem Ofen bei Anwendung von getrocknetem Wind stets die gleiche Sauerstoffmenge zugeführt wird. Das ursprüngliche Gayley'sche Verfahren besteht darin, daß die Luft vor Eintritt in die Winderhitzer eine Abkühlung erfährt, wodurch der Wasserdampf zum größten Teil ausfriert. Die Kühlung erfolgt in Kammern, die ein Röhrensystem erfordern, durch welche mittels Eismaschinen gekühlte Salzlösung fließt. Da die Mängel des Gayley'schen Verfahrens nicht auf technischem Gebiete, sondern vielmehr in den hohen Anlagekosten und dem großen Platzbedarf liegen, zielen die neueren Bestrebungen darauf hin, diese herabzumindern.

Bei einer Gayleyanlage der Northern Iron Co.<sup>20</sup>) erfolgt die Trocknung, die hinter den Gebläsemaschinen eingeschaltet ist, in zwei Stufen. Die komprimierte Luft wird zuerst durch direkte Berührung mit Bachwasser von 27° auf 18°, dann durch kalte Salzsole von 18° auf etwa — 2° gekühlt. Bei einer Pressung von 0,70 Atm. sinkt der Feuchtigkeitsgehalt von 19 g/cbm auf 2 g/cbm.

Die Carrier Air Conditioning Co.<sup>21</sup>) trocknet im Gegensatz zu den Gayleyanlagen die Luft nicht zwischen Gebläsemaschine und Winderhitzer, sondern vor der Gebläsemaschine. Der Vorteil des Verfahrens liegt in einer Entlastung letzterer; an Stelle der teureren, von Kühlmittel durchflossenen Röhrenanordnung der Gayley'schen Anlage treten einfache Rieseltürme.

Von neueren Vorschlägen zur Trocknung der Gebläseluft seien u. a. genannt das Verfahren der Chemischen Fabrik Gries-

<sup>18</sup>) Abb. 2, Stahl u. Eisen 34, 307 [1914], Abb. 2, obere linke Hälfte.

<sup>19</sup>) Stahl u. Eisen 34, 307 [1914].

<sup>20</sup>) Stahl u. Eisen 33, 158 [1913].

<sup>21</sup>) Stahl u. Eisen 36, 221 [1916].

heim-Elektron<sup>22</sup>) in Frankfurt a. M., bei welchem als Trocknungsmittel für die Gebläseluft starke Lösungen von Ätzkali oder Äznatron dienen, sowie dasjenige der Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie<sup>23</sup>) in Baden (Schweiz), welches die Windentfeuchtung ausschließlich durch Expansion bewirkt.

Die Windtrocknung hat sich besonders in den Vereinigten Staaten und England sehr verbreitet; in Deutschland hat sie sich nach Versuchen nicht dauernd einbürgern können. Zweifellos hängt ihre Anwendung von den örtlichen Verhältnissen und der bisherigen Wirtschaftlichkeit des Ofenbetriebes ab.

Die Frage der Zumischung von Sauerstoff zu einem Gebläsewind der Hochöfen<sup>24</sup>) ist in letzter Zeit ebenfalls öfter erwogen worden. Nach Versuchen in Ongrée wurde, wie Trasenster<sup>24</sup>) mitteilt, bei einem Sauerstoffgehalt der Luft von 22,8% eine Erzeugungssteigerung von 12% beobachtet. Die Anreicherung des Sauerstoffgehaltes des Gebläseluft dürfte dauernd wohl kaum wirtschaftlich sein, sich jedoch wohl bei Betriebsstörungen, Hängen usw. als vorteilhaft erweisen.

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Gichtgasreinigung in den letzten fünf Jahren lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß es gelungen ist, die Feinreinigung der Hochofengase auf trockenem Wege vorzunehmen. In bezug auf die Feinheit der Reinigung ist die Trockengasreinigung nach dem Verfahren Halbergerhütte-Beth<sup>25</sup>) den übrigen Systemen überlegen und hat den Vorzug, ohne Waschwasser zu arbeiten.

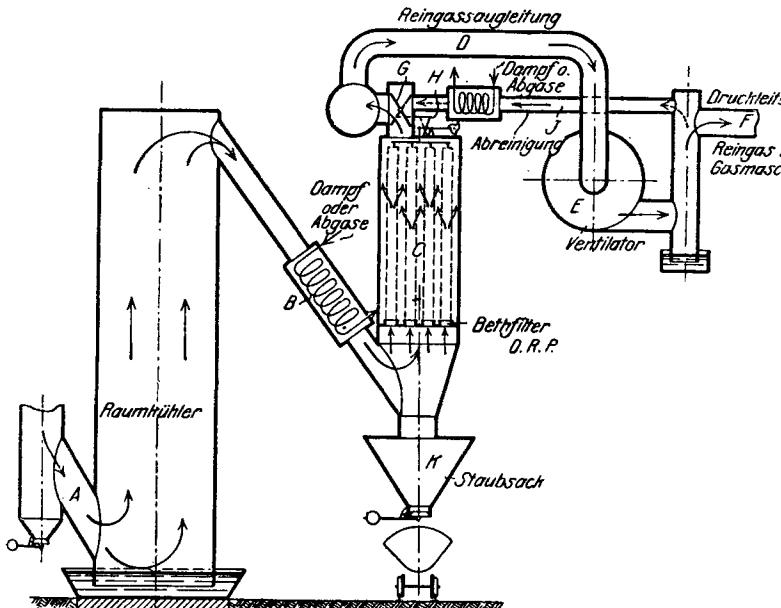


Abb. 3<sup>26</sup>). Trockenreinigung nach dem Verfahren Halbergerhütte-Beth.

Die Filtrierung des Staubes beim Trockenverfahren geschieht durch Trockenfilter aus besonders vorbereitetem Tuch<sup>26</sup>). Um ein Verschmieren und Undurchlässigwerden des Filterstoffes durch Wasserabscheidung zu verhüten, wird das Gas durch einen Vorwärmer B auf eine Temperatur erhitzt, die über dem Taupunkt liegt und etwa 75° beträgt. Der Staub, welcher sich in den Poren der schlauchartigen Filtersäcke C, Abb. 3, absetzt, wird von Zeit zu Zeit (etwa alle 4 Minuten) durch eine Schüttelvorrichtung entfernt, wobei die Wirkung durch einen Reingasstrom I verstärkt wird, der für kurze Zeit unter Druck in entgegengesetzter Richtung, d. h. von außen nach innen durch die Filterschläuche hindurchgelassen wird. Nach neueren Versuchen von F. Mayer<sup>27</sup>) an einer Anlage von 24 000 cbm Gas Stundenleistung fiel der Staubgehalt des Gichtgases von 4,16 g/cbm auf 0,43 mg/cbm. Der Kraftbedarf betrug 1,91 PS für 1000 cbm Reingas.

Angesichts dieser Vorteile der Trockenreinigung ließen die Bestrebungen der Naßreinigung darauf hinaus, die Übelstände des Naßverfahrens herabzumindern. Diese liegen in dem hohen Waschwasser- und Kraftverbrauch und ferner darin, daß zur Klärung des Waschwassers große Bauplätze notwendig sind (für 1000 cbm Gas pro Stunde 8—10 qm).

<sup>22</sup>) D. R. P. 254 247; Stahl u. Eisen 33, 496 [1913].

<sup>23</sup>) D. R. P. 274 281; Stahl u. Eisen 35, 53 [1915].

<sup>24</sup>) Stahl u. Eisen 33, 1787 [1913]; 35, 1028 [1915].

<sup>25</sup>) Stahl u. Eisen 31, 229 [1911].

<sup>26</sup>) Abb. 3, Stahl u. Eisen 31, 230 [1911], Abb. 1.

<sup>27</sup>) Stahl u. Eisen 34, 225 [1914].

Bei der Gasreinigung nach dem Verfahren Schwarz-Bayer<sup>28)</sup> erfolgt die eigentliche Reinigung mittels eines Desintegrators mit gegenläufig sich drehenden Schlagbolzen und Wassereinspritzung, aus dem das Gas durch einen Ventilator in einen Wasserabscheider und weiter in die Leitung befördert wird. Die Reinigung erfolgt in der Weise, daß die vom Hochofen kommenden Gase aus der Rohgasleitung, ohne zuvor durch einen Hordenwascher oder ähnlichen Vorkühler geleitet zu werden, unmittelbar in die meist elektrisch angetriebenen Desintegratoren treten, diese nach dem Gegenstromgrundsatz durchziehen und dann von dem Ventilator in die Wasserabscheider gedrückt werden. Hier teilt sich der Gasstrom; der eine Teil geht unmittelbar zu der Verbrauchsstelle (Cowper, Kessel usw.), während das Maschinengas zwecks Feinreinigung in einen zweiten Desintegrator geleitet wird. Der Staubgehalt der nach diesem Verfahren gereinigten Gase beträgt nach der Vorreinigung 0,06 bis 0,15 g/cbm, nach der Feinreinigung 0,01—0,02 g/cbm und darunter. Der Wasserverbrauch beläuft sich auf etwa 0,5—1 l/cbm gereinigtes Gas, der Kraftverbrauch für 1000 cbm Gas für die Vorreinigung 2,7—3,2 PS, für die Feinreinigung etwa 4 PS.

Auch die Gasreinigung nach dem neuen Theisenischen Verfahren<sup>29)</sup> benutzt die mit geringem Kraft- und Wasser- verbrauch arbeitende Desintegratorbauart als Mitstrom- oder Gegenstromwascher. Solche Wascher sind ebenfalls für Generatorgasreinigung in Betrieb. Nach Angabe der Hasper Eisen- und Stahlwerke reinigten Theisenische-Desintegratoren von 40—45 000 cbm stündlicher Leistung Gas von rd. 2 g/cbm Staubgehalt auf 0,017 bis 0,018 g/cbm bei einem Kraftverbrauch von 150 PS und einem Wasserverbrauch von 0,45 l/cbm.

In den letzten Jahren hat sich ein neues Verfahren zur Reinigung von Gasen eingebürgert, das den elektrischen Strom zu Hilfe nimmt.

Das Verfahren beruht nach Dr. Durre<sup>30)</sup> darauf, daß die zu reinigenden Gase durch Röhren oder zwischen Platten hindurchgeführt und auf diesem Wege durch ausströmende Elektrizität von sehr hoher Spannung (bis zu etwa 100 000 Volt) aufgeladen werden. Das Ausströmen wird entweder durch Anwendung von Spitzenelektroden oder von Drahtelektroden, bei denen die Coronaentladung zu Hilfe genommen wird, vorgenommen.

Diese Entlade- oder Sprühelektroden stellen den negativen Pol der Stromquelle dar; durch die von ihnen abströmende Elektrizität werden die Staubteilchen negativ aufgeladen und von den positiv geladenen Röhren oder Platten, den Sammellektroden, angezogen und auf diese Weise ausgeschieden. Das Verfahren reicht in seinen allerersten Anfängen bis in den Beginn des vorigen Jahrhunderts zurück; die ersten praktischen Anwendungen erfolgten erst um das Jahr 1884; der Erfolg war aber kein ermutigender, da zu der damaligen Zeit die technischen Hilfsmittel noch unzureichend waren. In den ersten Jahren des jetzigen Jahrhunderts hat sich in Amerika vorzugsweise Dr. Frederick Cottrell des Verfahrens angenommen, welches neuerdings in den verschiedenartigsten Betrieben Anwendung gefunden hat. In Deutschland hat die Metallbank und Metallurgische Gesellschaft das Verfahren aufgegriffen. Die Anwendung desselben auf die Eisenhochofengichtgase steckt noch in den Kinderschuhen. Die bisherigen Erfahrungen lassen aber die Hoffnung zu, daß diesem eine gute Zukunft bevorsteht.

Das Hochofengas findet neuerdings zur Beheizung von Koksofen Anwendung; dadurch wird das hochwertige Koksofengas für andere Zwecke verwendbar. Nach Simmersbach<sup>31)</sup> benötigt man für die Beheizung der Koksofen durch Hochofengas durchschnittlich 750—775 WE je kg trockene Kohle. Das Gichtgas dient ferner zur Beheizung von Martinöfen, Mischern, sowie in den Gießereien zum Trocknen von Formen.

Unsere theoretische Erkenntnis der inneren Vorgänge im Hochofen hat durch mehrere bemerkenswerte Arbeiten eine Förderung erfahren. Die Reduktion und Kohlung im Hochofen, im Zusammenhang mit Hochofenstörungen, erläutert an Hand von Schmelzversuchen Oasan<sup>32)</sup>. Zur Berechnung des zur direkten Reduktion im Hochofen verbrauchten Kohlenstoffs stellte Wüst<sup>33)</sup> eine allgemeine Formel auf. Eine Untersuchung über die Vorgänge im Hochofen sowie über die für den Hochofenbetrieb aus einer umfangreichen Anwendung der Erzbrikettierung zu erzielenden Vorteile führte

Mathesius<sup>34)</sup> aus. Eine von ihm aufgestellte Formel dient zur Ermittlung desjenigen Betrags an Kohlenstoff, der zur Deckung des Wärmebedarfs der sich im Hochofen abspielenden „schädlichen Reaktionen“ dient. Über die Zusammensetzung der Gichtgase und die Verhältnisse im Hochofen liegen experimentelle Arbeiten von Metz<sup>35)</sup> sowie Levin und Wesselman<sup>36)</sup> vor.

Die Roheisenerzeugung im elektrischen Ofen hat seit 1912 in den Ländern ihres Anwendungsbereiches, d. h. solchen mit billiger Wasserkraft, weitere Fortschritte gemacht. Die meisten Erfahrungen im Dauerbetriebe sind mit der Bauart „Elektrometall“ (Grönwall, Lindblad und Stalhane) gesammelt worden, deren grundsätzliche Ausführung in Fig. 4 dargestellt ist.

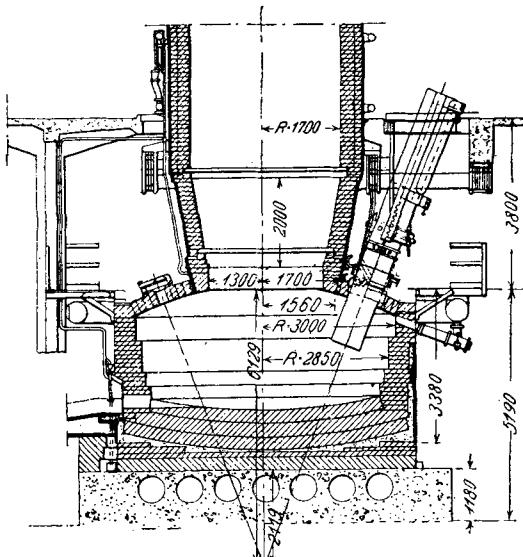


Abb. 4<sup>37)</sup>. Elektrohochofen Bauart „Elektrometall“.

Der Ofen besteht aus dem Schmelzraum und dem neuerdings immer schlanker ausgeführten Schachtaufsatz. Z. B. beträgt bei dem neuen Ofen in Söderfors<sup>38)</sup> der

Rastdurchmesser . . . . .	3400 mm
Halsdurchmesser . . . . .	2600 mm
(Anschluß an den Schmelzraum)	

Es werden sechs runde Kohlenelektroden von 600—700 mm Durchmesser angewandt. Zur Gasbewegung und Kühlung dienen Ventilatoren. Als Reduktionsmittel in den Elektrometallöfen dient Holzkohle; Koks ist in geringen Mengen nur in Mischung mit Holzkohle verwendbar. Der Schlichgehalt der Beschickung soll 20—25% nicht überschreiten<sup>39)</sup>. Nach Neumann<sup>40)</sup> äußern sich die Fortschritte darin, daß es gelungen ist, 1. dem Ofen immer größere Mengen elektrischer Energie zuzuführen, und 2. den Energieaufwand je Tonne Roheisen sowie den Elektrodenverbrauch stark herunterzudrücken. Während der erste Versuchsofen dieser Bauart in Domnarfvet (1909) für eine Leistung von rd. 500 KW berechnet war, nahm der Trollhättanofen im Mittel 1900 KW auf, die Hagfors-Ofen etwa 2200 KW, der neue große Domnarfvetofen 4500 KW und der im Bau befindliche Ofen in Söderfors wird zunächst mit 4500 KW betrieben werden, ist aber so bemessen, daß er nach einigen Änderungen wahrscheinlich bis 6000 KW wird aufnehmen können. Zur Erzeugung von 1 t Roheisen benötigt man heute etwa 2000 KW/st und 340—400 kg Holzkohle. Der Verbrauch an Elektroden erreichte in einer Betriebsperiode den niedrigsten Wert von 2,8 kg/t Roheisen, ist jedoch im Durchschnitt höher.

Der Lyonofen<sup>41)</sup> in Héroult (Californien) arbeitet bereits mit einem Gemisch von 60% Koks und 40% Holzkohle.

Bie-Lorentzen<sup>42)</sup> ist es gelungen, in Norwegen am Tinfos mehrere Öfen eigener Bauart als erste Öfen ganz allein mit Koks als

<sup>28)</sup> D. R. P. 253 932; Stahl u. Eisen 33, 495, 642, 1483 [1913].

<sup>29)</sup> Stahl u. Eisen 33, 2096 [1913].

<sup>30)</sup> Stahl u. Eisen 39, 1377, 1423, 1511, 1546 [1919].

<sup>31)</sup> Stahl u. Eisen 34, 1498, 1552 [1914].

<sup>32)</sup> Stahl u. Eisen 32, 465 [1912].

<sup>33)</sup> Stahl u. Eisen 32, 389 [1912].

<sup>34)</sup> Stahl u. Eisen 33, 1465 [1913]; 36, 695 [1916].

<sup>35)</sup> Stahl u. Eisen 33, 93 [1913].

<sup>36)</sup> Ferrum 11, 261 [1914].

<sup>37)</sup> Abb. 4, Stahl u. Eisen 36, 902 [1916], Abb. 3.

<sup>38)</sup> Stahl u. Eisen 36, 901 [1916].

<sup>39)</sup> Stahl u. Eisen 34, 246 [1914].

<sup>40)</sup> Glückauf 52, 217 [1915].

<sup>41)</sup> Stahl u. Eisen 34, 250 [1914].

<sup>42)</sup> Stahl u. Eisen 34, 249 [1914].

Reduktionsmittel zu betreiben. Der Ofen besitzt eine Bodenelektrode und mehrere senkrechte, hängende Elektroden.

Im Gegensatz zu dem oben besprochenen Elektrometallofen, den man auch als Hochschachtofen bezeichnen kann, ist der Helfensteinofen ein Niederschachtofen (Fig. 5), der sich aber im Betriebe nicht bewährt hat.

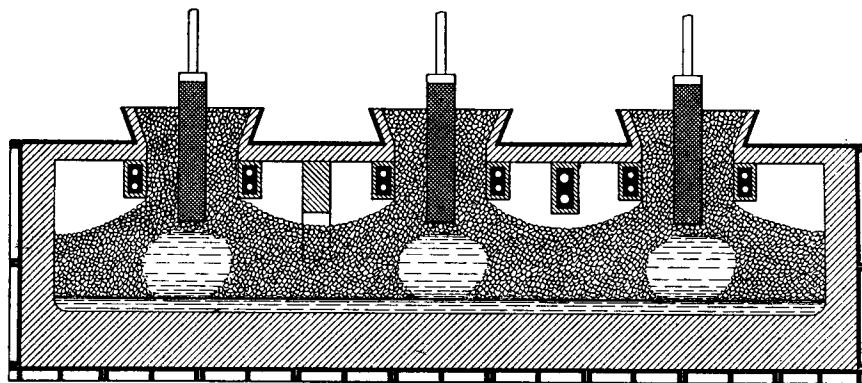


Abb. 5<sup>43)</sup>. Helfensteinofen.

Die Gase werden in der Entstehungszone abgezogen. Ein solcher für 10 000—12 000 PS berechneter Ofen<sup>44)</sup> konnte in Domnarfvet bei Verwendung von Holzkohle als Reduktionsmittel nur mit 6000 bis 8000 PS betrieben werden. Der durchschnittliche Verbrauch für 1 t Roheisen betrug bei einer längeren Betriebsperiode 2170 KWst, 380 kg Holzkohle und 5 kg Elektroden. Beim reinen Koksbetrieb konnte nur mit 5500 PS gearbeitet werden; es wurden pro Tonne Roheisen 2600—2700 KWst, 310—330 kg Koks und 4 kg Elektroden verbraucht. Der Verbrauch an Elektroden konnte auf 2 kg/t Roheisen heruntergedrückt werden und ist somit niedriger als beim Hochschachtofen. Die Vorteile des Helfensteinofens sind nach Angabe seines Erbauers geringere Gesamtanlagekosten (57 M gegen etwa 85 M/PS), höherer Heizwert der Abgase (2800—3000 WE/cbm gegen 2300 WE/cbm), leichtere betriebstechnische Handhabung, Verwendbarkeit von Koks als Reduktionsmittel sowie größerer Mengen von unbrikettierten, pulvigen Erzen bis zu 70% in der Beschickung.

Der Elektrohochofenbetrieb kommt vorderhand nur in solchen Ländern in Frage, die über verhältnismäßig billige Wasserkräfte verfügen. Bei der Beurteilung des Elektrohochofens muß in Berücksichtigung gezogen werden, daß dieser metallurgische Apparat noch in den Kinderschuhen steckt und ihm somit noch die Möglichkeit einer weitergehenden Verbesserung zusteht. Am weitesten durchgearbeitet ist der Elektrometallofen, der bereits auf eine Reihe von erfolgreichen Betriebsjahren zurückblicken kann. Er bildet in der schwedischen Eisenindustrie bereits einen maßgebenden Faktor, und ein beträchtlicher Teil der gesamten schwedischen Roheisenherzeugung entfällt auf ihn. Noch nicht soweit gediehen ist der Bie-Lorentzenofen, der sich noch im Versuchsstadium befindet. Der Helfensteinofen ist, wie bereits oben erwähnt, aus der Reihe der für den praktischen Betrieb in Frage kommenden Elektroöfen ausgeschieden, da er, wie Versuche mit ihm ergeben haben, zu unwirtschaftlich arbeitet.

(Fortsetzung folgt.)

## Eine Celloisobiose.

Von H. Ost und R. PROSIEGEL.

(Eingeg. am 22.8. 1920.)

Auf Osts Anregung hat Dipl.-Ing. Prosiegel den acetolytischen Abbau der Cellulose aufs neue untersucht<sup>1)</sup>, insonderheit zum näheren Studium der Cellobextrine, und hat unter den amorphen, aus den Acetaten frei gemachten Kohlenhydraten ein gut

<sup>43)</sup> Abb. 5, Stahl u. Eisen **33**, 310 [1913], Abb. 13.

<sup>44)</sup> Stahl u. Eisen **33**, 310 [1913].

<sup>1)</sup> Ost, Liebigs Ann. **398**, 332 [1913].

krystallisierendes Bisaccharid, eine von der bekannten Cellobiose verschiedene Celloisobiose,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , aufgefunden. Man erhält die neue Biose aus schwefelsäurereichen Acetylierungsgemischen, z. B. aus dem Ansatz: 60 g Baumwolle, 300 g Essigsäureanhydrid, 350 g Eisessig und 65 g konz.  $H_2SO_4$ , durch mehrtagiges Stehenlassen bei 30°, oder mehrwöchiges bei 15—20°; wenn sich aus der dünnwerdenden Lösung Krystalle von Cellobioseoktoacetat ausscheiden

beginnen, unterbricht man die Acetylyse und fällt mit Wasser die Acetate aus; Glucosepentaacetat bleibt größtenteils in dem sauren Fällungswasser gelöst. Unter günstigen Bedingungen sind die gefällten Produkte bis zu 50% in Äther löslich (die ätherunlöslichen bestehen aus hochmolekularen Dextrinacetaten usw.); der hohe Essigsäuregehalt dieser ätherlöslichen Acetate, welche mit 70% den eines Biosektoacetats (70,8%) nahezu erreichte, deutete auf ein Bisaccharid. Es gelang nicht, aus dem Estergemisch etwas Krystallisierendes abzuscheiden, aber die durch Verseifung mit Barytwasser erhaltenen freien Kohlenhydrate ließen sich durch planmäßiges mühsames Fraktionieren mit Alkohol-Wassermischungen so weit zerlegen, daß schließlich einzelne Sirupe krystallisierten; Impfen beschleunigte später das Krystallisieren wesentlich. Die durch Waschen mit Methylalkohol, Unikrystallisieren aus Wasser und wässrigerem Alkohol gereinigte Celloisobiose besitzt folgende Eigen-

schaften: Sie ist in Wasser leicht, in verdünntem Alkohol schwer löslich, krystallisiert in feinen zu Warzen vereinigten Nadeln, schmeckt schwach süß und schmilzt unscharf zwischen 165—190° unter Gasentwicklung. Ihr spezifisches Dehnungsvermögen in verdünnter wässriger Lösung wurde bei verschiedenen Präparaten zu  $[\alpha]_D = +22,2$  bis  $+23,4^\circ$ , im Mittel zu  $+23,0^\circ$  gefunden; ihr Reduktionsvermögen gegen Fehlingsche Lösung zu etwa 99% von dem der Maltose. Obergärige Bierhefe ist ganz ohne Wirkung, Salzsäure nach der Sache'schen Vorschrift spaltet sie glatt zu Dextrose, sie ist also eine echte Diglucose.

Die bekannte Cellobiose dreht nach Schleemann<sup>2)</sup>  $[\alpha]_D = +34,6^\circ$ , reduziert Fehlingsche Lösung zu 128% (Maltose = 100), schmilzt unscharf gegen  $225^\circ$  und krystallisiert aus Wasser meist in kleinen Blättchen. Nach Schleemann ist sie unvergärbar; nach Prosiegel entwickelten je 0,15 g Cellobiose und Isobiose im Einhornischen Gärtröhrchen nach 5 Tagen, jene 0,5 ccm = 1 mg, diese gar keine Kohlensäure.

Die abgeschlossene Arbeit Prosiegels wird über die neue Biose und über die Cellobextrine, welche von denjenigen Höngs und Schuberts<sup>3)</sup> ganz verschieden sind, in nächster Zeit ausführlich berichten.

## Zur Kenntnis der Zellstoffschleime III.<sup>1)</sup>

Von Paul G. Schwalbe und Ernst Becker.

Soeben erhalten wir Heft 1 vom Jahrgang 1920 der „Textilen Forschung“, Zeitschrift des Deutschen Forschungsinstitutes für Textilindustrie in Dresden. In diesem Heft ist eine schwer auffindbare Abhandlung von E. Müller aus dem Jahre 1883 über Feuchtigkeitsbestimmungen bei verschiedenen Feuchtigkeitsgehalten der Luft zum Wiederabdruck gelangt, die hochinteressante Angaben über dieses Thema enthält. Uns waren bisher nur die Angaben in Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, 2. Auflage, 1903, 2. Bd., z. B. S. 335 (Jute) bekannt. Der Aufsatz in der „Textilen Forschung“ gab uns Veranlassung, nach weiteren derartigen Arbeiten zu suchen. Von befreundeter Seite, von Herrn Dipl.-Ing. Grimm, wurden wir auf eine Mitteilung des Herrn von Rössler im „Wochenblatt für Papierfabrikation“ 1913, S. 4323, aufmerksam gemacht. Die dort gegebenen Daten über das Verhalten von Zellstoffen im wasser-dampfgesättigten Raum stimmen mit den unsrigen recht gut überein. Aber alle bisher uns bekannt gewordenen Arbeiten enthalten nichts über den Einfluß der Trocknung oder Über trocknung auf das Verhalten der Zellstoffe im wasser dampfgefüllten Raum, erst recht nichts über das in unserem Aufsatz (s. Fußnote) beschriebene Verhalten der Pergamynzellstoffe unter den genannten Bedingungen. [zu A. 206b.]

Eberswalde, den 16. März 1920.

<sup>2)</sup> Dissertation, Hannover 1910.

<sup>3)</sup> Monatshefte **7**, 455 [1886].

<sup>1)</sup> Angew. Chem. **33**, I, 58 [1920].