IX.

Das Rothholz aus den Fabriken des Vereins für
chemische Industrie in Mainz.

Von

R. Fresenius.

Fr. Knapp sagt in seinem Lehrbuche der chemischen Technologie, 3. Aufl. I, 218, nachdem er die von Violette ermittelten Resultate über die Verkohlung des Holzes bei verschiedenen Temperaturen mitgetheilt hat:

„Es bestehen mithin zwischen Holz und Schwarzkohle Producte, welchedem Wirkungswerthe der letzteren fast gleichkommen bei einer um die Hälfte höheren Ausbeute. Diese Producte sind die sogenannten *Rothkohlen* und entsprechen einer Verkohlung, bei welcher 60—70 p.C. vom Gewicht des Holzes ausgetrieben werden. Diese Rothkohlen sind rothbraun von Farbe und Strich und nach Berthier wenig hygroskopisch. Sie haben vielfach die Aufmerksamkeit der Techniker auf sich gezogen, ohne dass jedoch Resultate von bleibendem Werthe daraus hervorgegangen wären. So einleuchtend nämlich die Sache an sich ist, so gross ist die Schwierigkeit, im Grossen, eine Rothkohle von einem bestimmten Kohlunگزustande in gleichmässiger Beschaffenheit zu erzeugen.

Diese Schwierigkeit ist als überwunden zu betrachten, denn der Verein für chemische Industrie in Mainz producirt ein solches Zwischenproduct zwischen Holz und Schwarzkohlen unter dem Namen „Rothholz“ schon seit etwa einem Jahre in immer grösseren Quantitäten und von so gleichmässiger Beschaffenheit, wie sich solche bei einem derartigen Verkohlungsproduct überhaupt nur erwarten liess.

Wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, ist die Verkohlung bei dem Rothholze nicht ganz so weit getrieben als diess bei den Producten geschah, welche man bisher als Rothkohle bezeichnete, und es war daher zweckmässig, dass der neuen Waare auch ein neuer Name, das heisst der Name Rothholz, gegeben wurde.

1) Eigenschaften des Rothholzes.

Das Rothholz aus der genannten Bezugsquelle ist aus Buchenholz dargestellt; es hat, wenn man von der Farbe absieht, noch ganz des Ansehen des Holzes. Es lässt sich wie dieses spalten, schneiden, sägen, raspeln etc. Der Widerstand, den es beim Zerbrechen leistet, ist jedoch geringer als der des unverkohlten Holzes. Die Farbe ist auf der frischen Spaltfläche vollkommen gleichmässig und zwar glänzend braun, zum Rothbraunen neigend; auf der Aussenseite sind die Scheite etwas dunkler, auch färben diese Aussenseiten etwas ab, während diess bei den Spaltflächen durchaus nicht der Fall ist. Auf Papier macht ein Stift von Rothholz nur bei starkem Aufdrücken einen schwachen braunen Strich, auf mattem Porzellan einen etwas stärkeren. —

Von Wasser wird das Rothholz nur schwer benetzt, so dass auf eine horizontale Rothholz-Spaltfläche gebrachte Wassertropfen darauf stehen bleiben und nicht wie auf einer Buchenholzspaltfläche bald zerfliessen.

Das specifische Gewicht des Rothholzes, d. h. seine Dichtigkeit als ganzes Stück, die luftgefüllten Zwischenräume mitgerechnet, ist bedeutend geringer, als das des Buchenholzes und beträgt im mittleren Durchschnitt 0,54, während ich das spec. Gew. vollkommen lufttrocknen Buchenscheitholzes zu 0,654 fand.

Die Bestimmungen wurden mit gewogenen Stücken von etwa 20 Grm. ausgeführt, welche einen dünnen Ueberzug von Paraffin erhielten, dessen Gewicht bestimmt wurde. Man ermittelte, wie viel Wasser durch die Stücke verdrängt wurde, und nahm natürlich bei der Berechnung auf das durch die geringe Paraffinmenge verdrängte Wasser Rücksicht.

Das Rothholz ist sehr wenig hygroskopisch. Ein Stück Rothholz im Gewichte von 34,219 Grm. 48 Stunden lang bei 17° C. in einem zu $\frac{1}{3}$ mit Wasser gefüllten Kolben so aufgehängt, dass es nicht in das Wasser tauchte, nahm nur um 0,559 Grm. zu, somit um 1,63 p.C.

Beim Liegen an der Luft gab das Rothholz das aufgenommene Wasser wieder vollständig ab, und schon nach we-

nigen Tagen hatte es sein ursprüngliches Gewicht wieder angenommen.

Legt man Rothholz andauernd in Wasser, so nimmt es allmählich eine etwas grössere Menge desselben auf, aber auch das so aufgesaugte wird beim Liegen an der Luft ziemlich rasch wieder abgegeben.

Das Rothholz ist weit entzündlicher als das trockenste Buchenholz. Ein nicht allzu dicker Rothholzspan lässt sich mit Hilfe eines Zündhölzchens entzünden und brennt mit Leichtigkeit weiter. Beim Verbrennungsacte entwickelt das Rothholz zunächst und relativ rasch eine grosse Masse brennbarer Gase, welche mit leuchtender Flamme verbrennen, und verwandelt sich in glühende Holzkohlen, welche dann weiter verbrennen.

2) Chemische Zusammensetzung des Rothholzes.

Das frisch dargestellte Rothholz ist wasserfrei, solches aber, welches längere Zeit hindurch an der Luft gelegen hat, also lufttrockenes Rothholz, enthält eine geringe Menge Wasser. 1,3194 Grm. Rothholz in kleinen Splittern verloren, 10 Stunden hindurch bei 110° C. getrocknet, 0,0592 Grm., entsprechend 4,487 p.C. hygroskopischer Feuchtigkeit (worin 0,4986 p.C. Wasserstoff). Zum Behufe der Elementaranalyse wurde das lufttrockene Rothholz in reinem Sauerstoffgas verbrannt. Die Verbrennungsproducte strichen über eine lange Schicht gekörnten glühenden Kupferoxyd's, bevor sie in die Absorptionsapparate gelangten.

Bei drei Versuchen wurden folgende Zahlen erhalten:

Angewandtes Rothholz	Erhaltene Kohlensäure	Erhaltenes Wasser
1) 0,1940	0,3746	0,1070
2) 0,2037	0,3940	0,1140
3) 0,3155	0,6074	0,1839

Daraus berechnen sich folgende Gehalte an Kohlenstoff und Wasserstoff in Procenten:

	I.	II.	III.
Kohlenstoff . . .	52,66	52,75	52,51
Wasserstoff . . .	6,13	6,22	6,48

oder im Mittel:

Kohlenstoff . .	52,64
Wasserstoff . .	6,28

Beim Verbrennen im Platintiegel lieferten 25 Grm. Rothholz 0,1225 Grm. Asche oder 0,490 p.C.

Diese 0,1225 Grm. Asche enthielten 0,0158 Grm. Kohlensäure, somit beträgt die Kohlensäure in der Asche, bezogen auf 100 Theile Rothholz, 0,06321 Theile, entsprechend Kohlenstoff 0,0172 Theile. Dieser in der Asche in Gestalt von Kohlensäure zurückgehaltene Kohlenstoff ist somit dem gefundenen mittleren Kohlenstoffgehalt noch zuzurechnen, während von dem gefundenen Wasserstoff der abzuziehen ist, welcher dem hygroskopischen Wasser angehört, nämlich 0,4986, wenn der in organischer Substanz vorhandene Wasserstoff resultiren soll.

Mit Berücksichtigung dieser Correcturen ergibt sich alsdann für das lufttrockene Rothholz folgende procentische Zusammensetzung:

Kohlenstoff	52,66
Wasserstoff	5,78
Sauerstoff nebst Spuren von Stickstoff	36,64
Kohlensäurefreie Asche	0,43
Wasser	4,49
	<hr/> 100,00

3) Wärmeeffect des Rothholzes aus der Elementaranalyse berechnet und verglichen mit dem des lufttrockenen Buchenholzes.

Wenn schon es bekannt, dass die Berechnung des Wärmeeffects aus der Elementaranalyse der Brennstoffe die Sicherheit nicht bietet, welche man ihr früher beilegte*), so gibt sie doch Annäherungswerthe und vergleichbare Zahlen, wenn die Effecte chemisch ähnlicher Brennstoffe nach denselben Principien berechnet werden. Aus diesem Grunde sollen die so sich ergebenden Wärmeeffecte des Rothholzes mit denen des lufttrockenen Buchenholzes (*Fagus sylvatica*) verglichen werden. Das letztere enthält aschen- und wasserfrei im Mittel der Analysen von Schödler und Petersen, von Chevandier und von Baer:

Kohlenstoff	48,88
Wasserstoff	6,12
Sauerstoff	45,00
	<hr/> 100,00

*) Vergl. Knapp a. a. O. S. 298 u. f.

Lufttrockenes Buchenholz, wie es gewöhnlich als Brennmaterial benutzt wird, mit 20 p.C. Wasser und Asche, enthält somit in 100 Theilen:

Kohlenstoff	39,10
Wasserstoff	4,90
Sauerstoff	36,00
Wasser und Asche . .	20,00
	<hr/> 100,00

a) *Absoluter Wärme-Effect.*

Da die 36,00 p.C. Sauerstoff, welche das lufttrockene Buchenholz enthält, 4,50 Wasserstoff zur Wasserbildung verlangen, so bleiben für den Heizeffect nur übrig die 39,10 p.C. Kohlenstoff, und 0,40 p.C. Wasserstoff, welche, wenn man den absoluten Wärmeeffect des Kohlenstoffs zu 8080 und den des Wasserstoffs zu 34462 annimmt, 3297 Wärmeeinheiten liefern, von denen die abzuziehen sind, welche durch Ueberführung des vorhandenen und erzeugten Wassers in Wasserdampf verloren gehen, nämlich 6,52 (Wasser + $\frac{3}{8}$ O) = 394 W. E.

Ein Gewichtstheil lufttrockenes Buchenholz übt somit einen Heizeffect von 2903 (C = 8080) oder von 0,36 (C = 1) aus.

Berechnen wir nun den absoluten Wärme-Effect des lufttrockenen Rothholzes nach denselben Principien, so erhalten wir 4371 Wärmeeinheiten (C = 8080) oder 0,541 (C = 1). Der Wärme-Effect, den man mit *gleichen Gewichtstheilen* lufttrockenen Buchenholzes und lufttrockenen Rothholzes zu erzielen vermag, verhält sich somit wie 1 (Buchenholz): 1,5 (Rothholz), und man muss somit der Theorie nach 150 Pfund lufttrockenes Buchenholz aufwenden, um den Effect von 100 Pfund lufttrockenem Rothholz zu erreichen.

b) *Specifischer Wärme-Effect.*

Derselbe repräsentirt bekanntlich die Wärmemenge, welche ein bestimmtes *Volumen* eines Brennmaterials bei seiner vollständigen Verbrennung entwickelt, und wird durch das Product ausgedrückt, welches man erhält, wenn man das spec. Gew. des Brennmaterials mit dem absoluten Wärme-Effect multiplicirt.

Derselbe ist somit für Rothholz:

$$0,54 \times 4371 = 2360.$$

Für lufttrockenes Buchenholz:

$$0,654 \times 2903 = 1899.$$

Der Wärmeeffect, den man mit gleichen Raumtheilen lufttrocknen Buchenholzes und Rothholzes zu erzielen vermag, verhält sich somit wie 1 (Buchenholz): 1,243 (Rothholz), und man muss somit der Theorie nach in runden Zahlen $1\frac{1}{4}$ Stecken oder Klafter lufttrocknes Buchenholz aufwenden, um den Effect von 1 Stecken oder Klafter Rothholz zu erreichen.

c) *Pyrometrischer Wärme-Effect oder Verbrennungstemperatur.*

Denkt man sich, dass 1 Kilogramm lufttrockenes Buchenholz, von der zuvor angenommenen Zusammensetzung, auf Kosten der gerade nöthigen Menge atmosphärischer Luft verbrannt wird, so werden als zu erhitzen Gase erhalten:

1,43 Kilogr.	Kohlensäure,
0,64	" Wasserdampf,
3,58	" Stickstoff.

Multiplirt man diese Mengen mit der specifischen Wärme der betreffenden Gase (und zwar habe ich bei den Berechnungen die von de la Roche und Berard ermittelten Werthe zu Grunde gelegt, wonach die specifische Wärme der Kohlensäure 0,221, die des Wasserdampfes 0,847, die des Stickgases 0,275 und die des Sauerstoffs 0,236 ist), so erhält man als Summe 1,842, und dividirt man mit dieser in 2903, den absoluten Wärmeeffect, so erhält man als pyrometrischen Effect des lufttrocknen Buchenholzes 1575° C.

Geht man dagegen von der Annahme aus, dass noch ein weiteres, dem zum vollständigen Verbrennen theoretisch nothwendigen Volum gleiches Volum atmosphärischer Luft aufgewandt werden müsse, um den Zweck der vollständigen Verbrennung wirklich zu erreichen, so sind bei obiger Annahme weiter zu erhitzen 1,07 Kilogramm Sauerstoff und 3,58 Stickstoff. Nach Multiplication mit den betreffenden Zahlen für die specifische Wärme erhält man alsdann 3,079 und durch Division dieser Zahl in 2903 als pyrometrischen Effect 943° C.

Beim Verbrennen von 1 Kilogr. Rothholz von obiger Zusammensetzung mit der theoretisch nöthigen Luftmenge erhält man als zu erhitzende Gase 1,93 Kilogr. Kohlensäure — 0,56 Kilogr. Wasserdampf und 4,99 Kilogr. Stickgas. Durch Multiplication mit den bezüglichen die specifische Wärme ausdrückenden Zahlen erhält man 2,272 und durch Division dieser Zahl in 4371 (den absoluten Wärme-Effect) erhält man als pyrometrischen Wärme-Effect des Rothholzes 1924° C.

Bei Annahme der doppelten Luftmenge sind weiter zu erhitzen 1,5 Kilogr. Sauerstoff und 4,99 Stickstoff. Nach Multiplication mit den die spec. Wärme ausdrückenden Zahlen erhält man somit 4,001 und durch Division in 4371 als pyrometrischen Wärme-Effect 1093° C.

Bei Annahme der zum Verbrennen der Theorie nach nöthigen Luftmenge übertrifft somit die beim Verbrennen des Rothholzes erzeugte Hitze die beim Verbrennen lufttrocknen Buchenholzes um 349° C, bei Annahme der doppelten Luftmenge um 150° C.

Bei der Unsicherheit, wie viel überschüssige Luft factisch mit erhitzt werden muss, um die vollständige Verbrennung eines Brennmaterials herbeizuführen, und bei der Verschiedenheit der Angaben über die spec. Wärme des Wasserdampfs (0,847 nach de la Roche und Berard — 0,475 nach Regnault) haben die durch solche Berechnungen ermittelten Zahlen nur einen relativ geringen Werth; sie genügen aber jedenfalls um darzuthun, dass die Temperatur, welche durch Verbrennen von Rothholz auftritt, wesentlich höher ist, als die durch Verbrennen lufttrockenen Buchenholzes zu erzielende.

4) Praktische Versuche, um den Heizwerth des Rothholzes mit dem von lufttrockenem Buchenholze zu vergleichen.

Um den in gewöhnlichen Feuerungen factisch zu erzielenden Heizeffect des Rothholzes mit dem lufttrocknen Buchenholzes zu vergleichen, stellte ich zunächst einen Versuch an unter Benutzung eines viereckigen kupfernen Kessels von 120 Cm. Länge, 60 Cm. Breite und 25 Cm. Tiefe, der in meinem Laboratorium zur Darstellung von destillirtem Wasser und zu-

gleich (da er eingesetzte Schränkchen enthält) zum Trocknen bei 100° C. und auf seiner horizontalen Oberfläche zu Digestionen etc. dient.

Die Feuerung befindet sich in der Art unter dem Kessel, dass dessen ganze untere Fläche der Länge nach von der Flamme bestrichen wird; die Verbrennungsproducte streichen alsdann unter einem Sandbade von 120 Cm. Länge, 60 Cm. Breite und 5 Cm. Tiefe hin und gelangen erst dann in den Kamin.

Der Kessel wurde zu zwei Drittel mit Wasser gefüllt und dieses mit Steinkohlen zum Sieden erhitzt, bis die Destillation in gewöhnlichem Gange war. Man entfernte jetzt die Steinkohlen und verbrannte unter dem Kessel nach und nach 30 Pfund besten lufttrocknen Buchenholzes und zwar so, dass die Destillation des Wassers in möglichst gleichmässigem Gange blieb. Nachdem die 30 Pfund Holz verbrannt waren, was nach Ablauf von 3 Stunden und 25 Minuten der Fall war, wurde das erhaltene destillierte Wasser gemessen; es betrug 22 Liter. Nebenbei wurde auch die Temperatur des Sandbades bestimmt, welches von den abgehenden Verbrennungsproducten bestrichen wurde und zwar mittelst eines Thermometers, welches in den Sand eingesetzt war und während dieses und des folgenden Versuches an derselben Stelle eingesetzt blieb.

Nach Ablauf von je 15 Minuten wurde der Thermometerstand notirt und es ergab sich so für die ganze Dauer des Versuchs eine mittlere Temperatur des Sandbades von 133,2° C.

Würden die angewandten 30 Pfund Holz vollständig verbrannt und alle erzeugte Hitze zur Verdampfung von Wasser verwandt worden sein, so hätte — wenn man den oben ermittelten absoluten Wärme-Effect für das bei diesem Versuche angewandte Holz gelten lässt — die Menge des erhaltenen destillirten Wassers 79,2 Liter betragen müssen. Es haben also nur 27,8 p.C. der durch Verbrennung des Holzes erzeugten Wärme (vollständige Verbrennung vorausgesetzt) zur Wasserverdampfung gedient, der Rest heizte das Sandbad, den Kamin oder ging durch Ausstrahlung und Ableitung verloren.

Der Versuch wurde nun in ganz gleicher Weise wiederholt, aber anstatt der 30 Pfund lufttrocknen Buchenholzes 30 Pfund Rothholz verwandt. Mit dieser Menge liess sich die Destillation $4\frac{3}{4}$ Stunden hindurch in sehr gutem Gange erhalten. — Die Menge des destillirten Wassers betrug 40,5 Liter, die mittlere Temperatur des Sandbades $112,1^{\circ}\text{C}$. Der Theorie nach hätten mit 30 Pfund Rothholz unter den beim Holze angeführten Voraussetzungen 119,25 Liter Wasser verdampft werden können, somit haben von der beim Verbrennen des Rothholzes im Ganzen erzeugten Wärme 34 p.C. zur Wasserverdampfung gedient, der Rest zur Heizung des Sandbades, Kamins etc.

Es verhält sich somit die Verdampfungskraft des lufttrocknen Buchenholzes zu der des Rothholzes, bei dem benutzten Destillirapparate, wie 54,32 : 100.

Ein zweiter analoger Versuch wurde mit einer runden Destillirblase vorgenommen, deren Zinnhelm abgenommen war, so dass das Wasser frei verdampfen konnte.

Der Kessel mit Wasser von 100°C . zu zwei Drittel gefüllt, wurde bedeckt gewogen und dann 10 Pfund lufttrocknes Buchenholz darunter verbrannt, so dass das Wasser stets im Sieden blieb. Der Versuch dauerte $1\frac{1}{2}$ Stunden. Der Kessel wurde nunmehr wieder bedeckt und gewogen; es fand sich, dass 13 Pfund Wasser verdampft waren. Derselbe Versuch mit 10 Pfund Rothholz dauerte $2\frac{1}{8}$ Stunden und lieferte eine Wasserverdampfung von 24 Pfund. Es verhielt sich somit auch bei diesem Apparate die Verdampfungskraft des lufttrocknen Buchenholzes zu der des Rothholzes fast genau wie bei dem vorigen, nämlich wie 54,17 : 100.

Man erkennt somit, dass der bei verschiedenen Feuerungen praktisch sich ergebende Heizeffect, dem des Holzes gegenüber, sich noch weit günstiger stellt, als diess die Vergleichung der absoluten Wärmeeffecte erschliessen lässt, und zwar offenbar desshalb, weil in den gewöhnlichen Feuerungen vollständige Verbrennung bei Holz schwerer zu erreichen ist als bei Rothholz, und weil zweitens bei der an Wasserdampf reichen Holzflamme unter sonst gleichen Verhältnissen eine weit grössere Wärmemenge in den Schornstein gelangt als beim Verbrennen

des Rothholzes, wie man diess aus der Vergleichung der Sandbadtemperaturen bei den erstgenannten Versuchen recht deutlich ersieht, denn die Sandbaderbitzung repräsentirt ja gewissermassen schon verlorene Wärme.

5) Praktische Verwendung des Rothholzes.

Da der Verein für chemische Industrie in Mainz 1 Vol. Rothholz zu demselben Preise liefert, welchen 1 Vol. lufttrockenes Buchenholz hat, so ergibt sich zunächst, dass das Rothholz ein *billigeres* Brennmaterial ist als das Buchenholz, weil man bei seiner Verwendung mit gleichem Geldaufwande weit grösseren Heizeffect erzielen kann. Gegenwärtig kostet in Mainz, frei ins Haus geliefert, 1 Vol. geschnittenes Buchenholz gleich 1200 Pfund 11 fl., und ebenso viel, frei ins Haus geliefert, ein gleiches Volum Rothholz gleich 920 Pfund.

Nach diesen Preisen hätten die beiden ersten in 4 genannten Versuchen aufgewandten 30 Pfund Holz, womit 22 Liter destillirtes Wasser erhalten wurden, 16,5 Kreuzer, und die 30 Pfund Rothholz, welche 40,5 Liter Wasser lieferten 21,5 Kreuzer gekostet; somit kommen auf 10 Liter destillirtes Wasser beim Brennen von Buchenholz 7,5 Kreuzer, beim Brennen von Rothholz dagegen nur 5,3 Kreuzer.

Das Rothholz ist ferner ein äusserst *bequemes* Brennmaterial, weil es sich so leicht entzünden lässt, dass das Anmachen von Feuer jeder Art mit Hülfe desselben ausserordentlich leicht ist, und weil man bei Verwendung in eisernen Oefen oder Heerden ein kleines Scheit nach dem andern anlegen kann, ohne fürchten zu müssen, dass das Feuer erlischt. Seine Leichtentzündlichkeit und die Raschheit, mit der es ohne weiteres in den vollen Verbrennungsprocess eintritt, macht es namentlich in solchen Fällen ausserordentlich angenehm, in denen man die Feuerwirkung, sei es in Heerden oder Oefen, geschwind herbeizuführen wünscht, und die Gleichmässigkeit seines Verbrennens lässt es namentlich für Thon- und sogenannte Porcellanöfen sehr geeignet erscheinen, weil bei diesen der Zeitpunkt, bei welchem die Ofenthüre zugeschraubt, beziehungsweise die Klappe geschlossen werden kann sehr leicht und sicher zu treffen ist.

Das Rothholz empfiehlt sich auch als leicht *transportables* Brennmaterial, sei es im Hinblick auf Eisenbahn- oder sonstigen Achsen-Transport, sei es in Betreff des Transports aus dem Holzstall oder Keller in Küche und Zimmer, sofern bei gleichem factisch zur Verwendung kommenden Heizeffect das dazu erforderliche Rothholz kaum mehr als halb so viel wiegt, als Buchenholz. Das Rothholz ist weiter *ein sehr haltbares und leicht aufzubewahrendes* Brennmaterial, da es dem Vermodern und Verstocken gar nicht ausgesetzt, und sehr wenig hygroskopisch ist.

Es kann daher ebensogut im Keller wie im Holzstalle aufbewahrt werden, und selbst solches, welches im Freien liegt, und von Regen ganz durchnässt ist, erscheint schon nach wenigen trocknen Tagen zum Brennen wieder wohl geeignet.

Das Rothholz ist endlich als *intensive Hitze erzeugendes* Brennmaterial für viele industrielle Zwecke höchst geeignet und zwar überall da, wo man auf Holzfeuerung angewiesen ist und hoher Hitzgrade bedarf.

Diese liefert es weit besser und sicherer als das bestegedörrte Holz, und es eignet sich daher das Rothholz namentlich auch zur Verwendung in Brennöfen für Porzellan etc.

Auch die Eisenhüttenindustrie kann davon grossen Vortheil ziehen, da die Erfahrung bereits mit voller Sicherheit dargethan hat, dass beim Holzkohlen-Hochofenbetrieb ein gewisser Theil der Holzkohlen durch klein geschnittenes Rothholz mit erheblicher Kostenersparung ersetzt werden kann.

Wiesbaden, den 16. Jan. 1868.