Die Wendener Hütte - ein Stationenlauf

für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I

Thema: Eisenverhüttung

von Matthias Sauer

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Kurze Geschichte der Eisenverhüttung im Sauer- und Siegerland

3. Die Stationen

Der Kohleschuppen

Möllerboden und Gichtbühne

Gießhalle und Hochofen

Teiche, Gräben und Wasserräder

Das Hammerwerk

Das Verwaltungsgebäude

Der Pferdestall

Abbildungsverzeichnis

Literaturverzeichnis

Materialliste

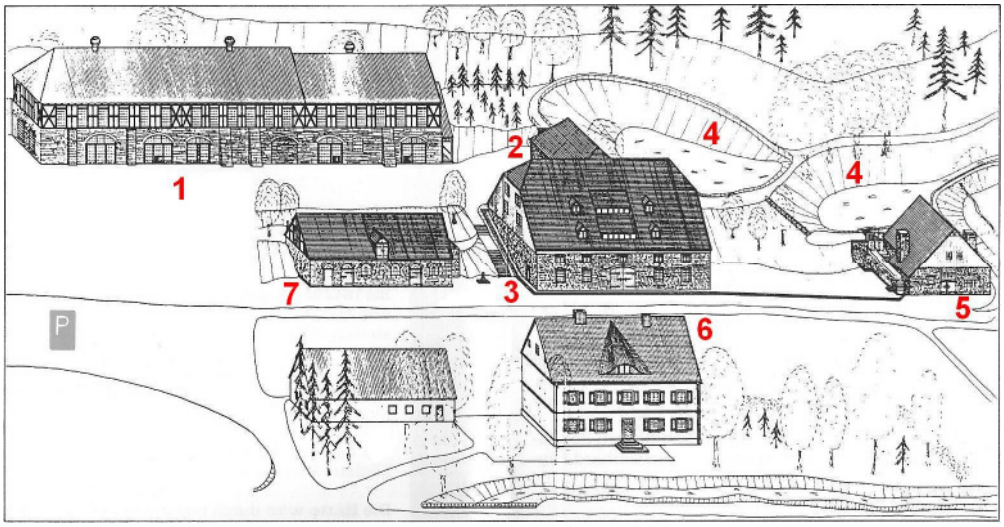
1. Einleitung

Hallo!

Im Chemieunterricht habt ihr euch in der letzten Zeit mit chemischen Reaktionen beschäftigt. Um ein Beispiel aus dem Alltag zu bekommen, seid ihr jetzt an der Wendener Hütte, einer ehemaligen Hochofenanlage. Die Eisenverhüttung – so wird die Herstellung von Eisen aus Eisenerz genannt – hat das Sauer- und Siegerland über mehr als 2500 Jahre geprägt. Von dieser langen Zeit der Eisenverhüttung spiegelt die Wendener Hütte einen Abschnitt von knapp 150 Jahren wieder, sie war von 1728 bis 1866 in Betrieb.

Bevor ihr mit dem Stationenlauf beginnt, bildet erst einmal Gruppen. Es sollten 4 bis 5 Schülerinnen oder Schüler in einer Gruppe sein. Folgender Plan zeigt euch die 7 Stationen, an denen ihr Informationen rund um die Eisenverhüttung und deren Geschichte sammeln könnt.

Die Reihenfolge, in der ihr die Stationen besucht, spielt keine Rolle. Um ungestört arbeiten zu können, beginnt am besten jede Gruppe an einer anderen Station.



1. Der Kohleschuppen
2. Möllerboden und Gichtbühne
3. Gießhalle und Hochofen
4. Teiche, Gräben und Wasserräder
5. Das Hammerwerk
6. Das Verwaltungsgebäude
7. Der Pferdestall

2. Kurze Geschichte der Eisenverhüttung im Sauer- und Siegerland

Seit der frühen La-Tène-Zeit (500 – 400 v. Chr.) wurde im Sauer- und Siegerland Eisen aus Eisenerz gewonnen. Bis zum Mittelalter geschah dies in Lehmöfen. Durch Verbrennung von Holzkohle und Hangwinde konnte eine relativ hohe Temperatur erzeugt werden, die aber nicht ganz ausreichte, um flüssiges Roheisen zu erhalten. Diese Windöfen waren ca. 2 m hoch und hatten einen Windkanal aus Steinplatten (siehe Abbildung), der vor dem Verhüttungsvorgang mit Lehm geschlossen wurde. Sie wurden von oben mit Holzkohle und Eisenerz beschickt.

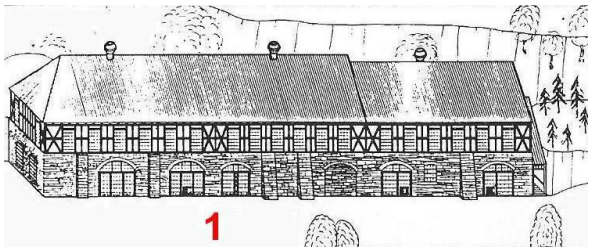
Nach 24 Stunden Brenndauer wurde die Lehmwand aus dem Windkanal heraus gebrochen, die Luppe hervor geholt und mit Wasser abgeschreckt. So sprangen die äußeren Schlackenteile von der Luppe ab. Wegen der Luppe werden diese Öfen auch Wolfsöfen (lat. lupus = Wolf) genannt. Durch ein wiederholtes Umschmelzen in Schmiedefeuern erhielt man ein schmiedbares Eisen oder durch den höheren Mangangehalt der Siegerländer Erze sogar einen natürlichen Stahl. Etwa ab 400 v. Chr. wurden die Windöfen teilweise mit einer Düsenöffnung von 5 – 7 cm in der Lehmwand und mit Gebläsen versehen, um durch die bessere und stetigere Luftzufuhr eine höhere Temperatur zu erzielen. So entstand eine Temperatur von etwa 1000 °C, wodurch das Roheisen aus dem Ofen „rinnen“ konnte. Daher werden diese Öfen „Rennfeuer“ genannt. Für die Verhüttung von Eisenerz in den Rennfeuern benötigte man ungefähr die vierfache Gewichtsmenge an Holzkohle. Etwa ab 1300 n. Chr. wurden größere Hochöfen gebaut, da man ab dieser Zeit die Wasserkraft für den

Antrieb der Gebläse nutzte. So konnten auch noch höhere Temperaturen erzeugt und die Produktion gesteigert werden.

3. Die Stationen

Seit der Entdeckung der Wasserkraft nahmen die Hochöfen immer größere Dimensionen an. Doch der eigentliche Verhüttungsprozess blieb unverändert. An den einzelnen Stationen könnt ihr nun die Vorgänge während des Betriebs der Wendener Hütte nach verfolgen.

STATION 1: Der Kohleschuppen

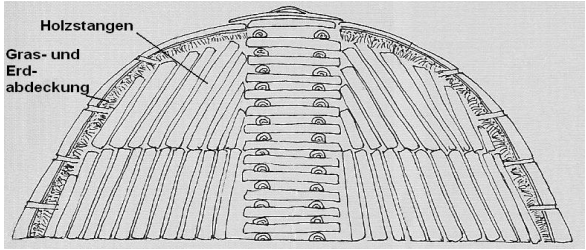


Während der Betriebszeit der Wendener Hütte diente der Kohleschuppen als Lagerraum für die Holzkohle, das Erz und die Zuschläge.

Die Materialien mussten für einen erfolgreichen Verhüttungsprozess bis zu ihrem Einsatz im Hochofen trocken gelagert werden. Vermutlich ist der Kohleschuppen das älteste Gebäude der Wendener Hütte. Ursprünglich hatte der Schuppen nur ein Stockwerk, später wurde ein zweites Geschoss darauf gebaut, das von einer Stickerei genutzt wurde.

Die benötigte ***Holzkohle*** wurde von den ***Köhlern*** in den Wäldern des Sauer- und Siegerlands hergestellt. Dazu wurde Holz in ***Meilern*** verkohlt.

Aufgabe 1: Beschreibt den Aufbau des Meilers auf dem Bild. In dem Schacht in der Mitte wird ein Feuer entfacht. Der Meiler wird mit Gras und Erde abgedeckt. Warum?



Baut mit den Holzstangen einen kleinen Meiler auf!

Experiment: Holzkohleherstellung

Das Experiment soll euch helfen zu verstehen, was im Kohlenmeiler passiert. Überlegt wie ihr mit den Versuchsmaterialien den Verkohlungsprozess im Meiler nachmachen könnt! Beschreibt die Durchführung des Versuchs, eure Beobachtungen und versucht eine Erklärung!

Versuchsmaterial: Reagenzgläser, Stopfen mit Loch, Glasrohr, Feuerzeug, Gasbrenner, Holzspäne

Durchführung:

Beobachtung:

Erklärung:

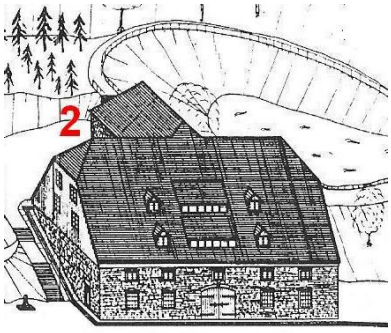
Könnt ihr eine Wortgleichung formulieren?

Aufgabe 2: Seht euch die Holzkohlestücke in der Kiste an und beschriebt ihr Aussehen!

Mit der Zeit wurde immer mehr Holzkohle benötigt. Daher dachte man sich eine sparsamere Form der Waldnutzung aus, die auch heute noch angewendet wird – den ***Hauberg***. Der gesamte Niederwald eines Dorfes wird in zwanzig gleich große Teile aufgeteilt. Jedes Jahre wird ein solches Teil gefällt, bis nach zwanzig Jahren das erste wieder nachgewachsen ist. Wer einen Anteil des Haubergs besitzt, hat also kein festes Waldstück, sondern bekommt jedes Jahr von dem gefällten Teil seinen Anteil.

Aufgabe 3: Beschreibt anhand der Abbildung an einem der Tore wie der Jahresablauf im Hauberg aussieht!

STATION 2: Möllerboden und Gichtbühne



Der Möllerboden liegt hinter dem Hochofen, die Gichtbühne schließt sich unmittelbar über dem Hochofen an den Möllerboden an. Die Hüttenleute bezeichneten die Mischung aus Erz und Zuschlägen als ***Möller***. Über eine Brücke wurden Holzkohle, Erze und Zuschläge auf den Möllerboden gefahren, wo diese Materialien dann genau abgemessen wurden. Von der Gichtbühne aus beschickte man den Hochofen dann abwechselnd mit Möller und Holzkohle.

Während der Zeit, in der der Hochofen brannte (auch Hüttenreise genannt), wurde das Dach über der Gichtbühne abgedeckt, damit es nicht durch den Funkenflug oder die Hitze aus dem Hochofen in Brand geriet.

Als ***Zuschlag*** wurde in der Wendener Hütte Tonschiefer verwendet. Das Verhältnis von Erz zum Zuschlag betrug 14 Teile zu einem Teil. Der Zuschlag machte die Schlacke flüssig, so dass die gut vom Roheisen getrennt werden konnte.

<u>Aufgabe 1:</u> Seht euch die Erzstücke in der Kiste an und beschreibt ihr Aussehen!

Die Erze, die in der Wendener Hütte verhüttet wurden, kamen aus 29 verschiedenen Gruben des Siegerlandes. Die Eisenerze entstanden durch Ablagerung wässriger Lösungen in durch Erdbeben entstandenen Spalten der Erdkruste. Im Siegerland kommt Eisenerz als ***Eisencarbonat*** vor. Da die Verhüttung mit Holzkohle im Hochofen nur mit ***Eisenoxid*** möglich war, wurde das Eisencarbonat vorher geröstet (zusammen mit Kohle erhitzt). Dabei lief folgende Reaktion ab:

Eisencarbonat + Kohle + Sauerstoff → Eisenoxid und Kohlenstoffdioxid

Aufgabe 2 (für Spezialisten): Könnt ihr diese Reaktionsgleichung mit Formeln formulieren?

Aufgabe 3 (für Spezialisten): Schreibt verschiedene Formeln für Eisenoxid auf. Überlegt in welchen Eisenoxiden das Eisenion II-wertig und in welchen es III-wertig ist!

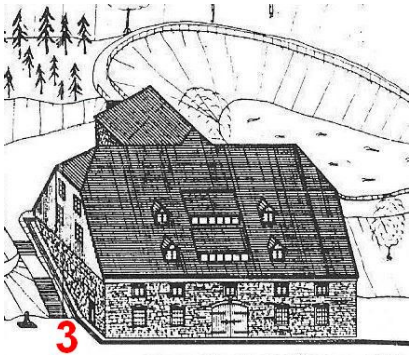
Aufgabe 4: Werft von der Gichtbühne aus einen Blick von oben in den Hochofen. Schätzt die Temperatur während des Hochofenbetriebs!

Aufgabe 5: Was Möller ist, wisst ihr bereits. Aber woher hat die Gichtbühne ihren Namen? Der Hüttenmann nennt die Abgase aus dem Hochofen ***Gicht***. Welche Gase, meint ihr, kamen aus dem Hochofen heraus?

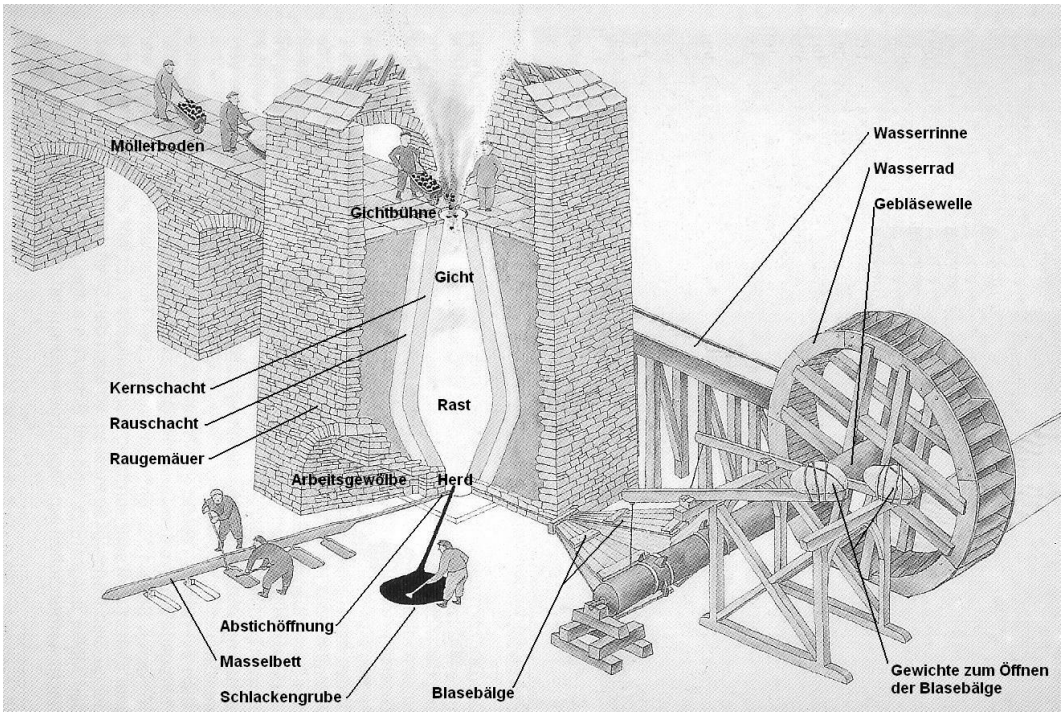
Die folgende Tabelle zeigt euch verschiedene Eisenerze, deren Eisengehalte und Vorkommen.

Eisenerz	**Formel und Eisengehalt**	**Vorkommen**
Magneteisenstein (Magnetit)	Fe_3O_4 55 – 70 %	Schweden, Russland
Roteisenstein (Hämatit)	Fe_2O_3 50 – 60 %	Lahn-Dill-Kreis, Brasilien, Liberia, Australien, Kanada, USA
Brauneisenstein (Limonit)	$Fe_2O_3 * x\ H_2O$ 25 – 35 %	Salzgitter-Peine-Gebiet, Lothringen
Spateisenstein (Siderit)	$FeCO_3$ 30 – 40 %	Seigerland, Steiermark, Kärnten
Eisenkies (Pyrit)	FeS_2 < 40 %	Meggen im Sauerland, Spanien

STATION 3: Gießhalle und Hochofen



Das eigentliche Kernstück der Wendener Hütte ist der Hochofen mit der Gießhalle. Heute ist ein viereckiger Ofen mit einer Höhe von 7,47 m zu sehen, der 1981 bis 1984 aus des Überresten des Hochofens von 1809 wiederaufgebaut wurde.
Der erste Hochofen von 1728 wurde im Jahr 1809 abgerissen und neu erbaut.
Folgende Abbildung zeigt euch den Aufbau des Hochofens:



Die beiden äußeren Gemäuer waren von kleinen Kanälen durchzogen, damit sich keine Feuchtigkeit und Hitze stauen konnte. Das Roheisen wurde zu einzelnen tragbaren Stücken gegossen, den ***Masseln***.

Aufgabe 1: Schaut euch das rekonstruierte Gebläse an. Wenn ihr vor dem Ofen steht, müsst ihr nach rechts gehen. Geht auch links herum hinter den Ofen bis zum Wasserrad. Beschreibt das Gebläse und die Luftführung!

……

……

……

……

Aufgabe 2: Wozu wurde die Luft im Hochofen gebraucht?

……

……

Aufgabe 3: Füllt das Hochofenmodell abwechselnd mit Holzkohle und Möller. Schreibt die Reaktionspartner im Hochofen auf!

……

……

Im Chemieunterricht habt ihr euch mit chemischen Reaktionen beschäftigt. Ihr wisst also, dass bei einer chemischen Reaktion keine Stoffe verbraucht oder zerstört werden, sonder Stoffe in andere Stoffe umgewandelt werden.

Aufgabe 4: Schreibt auf was ihr über die begriffe ***Oxidation*** und ***Reduktion*** wisst!

Oxidation: ……

Reduktion:……..

Aufgabe 5: Formuliert ein Reaktionsschema mit Worten für die Reaktion im Hochofen!

……

……

<u>Aufgabe 6 (für Spezialisten):</u> Ihr habt im Unterricht schon über ***Elektronenübertragung*** gesprochen. Stellt eine Reaktionsgleichung mit Formeln für die Reaktionen im Hochofen auf und ordnet die Begriffe „Oxidation“, „Oxidationsmittel“, „Reduktion“ und „Reduktionsmittel“ zu!

……

……

……

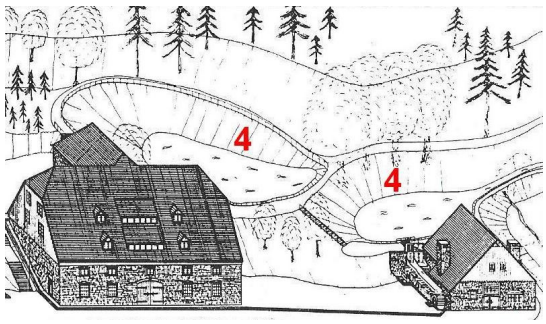
……..

Eigentlich ist Kohlenstoffmonoxid (CO) das Reduktionsmittel. Ergänzt folgendes Reaktionsschema und folgend Reaktionsgleichung:

---------- + Kohlenstoffmonoxid → ---------- + ----------

+ CO → +

STATION 4: Teiche, Gräben und Wasserräder



Die Wendener Hütte war von der Nutzung der Wasserkraft abhängig. Wasser diente dazu die Wasserräder anzutreiben. Mit den Wasserrädern verbundene Wellen trieben die Blasebälge und das Hammerwerk an. Um eine möglichst witterungsunabhängige Wasserversorgung zu gewährleisten, wurden zwei von der Bigge abzweigende Wassergräben angelegt. Der obere Graben trieb das Wasserrad des Hochofengebläses an und ist 3 – 4 km lang, mit einem Gefälle von 0,1% bzw. 1 ‰, das heißt 1 m auf 1 km. Der untere trieb das Hammerwerk an und war nur 1 km lang, ebenfalls mit einem Gefälle von 1 ‰. Die Teiche dienten zu Wasserspeicherung.

<u>Aufgabe 1:</u> Erkundet auf dem Gelände die Teiche, Gräben und Wasserräder. Heute fließt nur noch Wasser durch den unteren Graben. Um das Gebläse des Hochofens laufen zu lassen, muss daher Wasser in den Teich am Ende des oberen Grabens gepumpt werden. Wie groß schätzt ihr die Wassermenge der Teiche (wenn sie voll wären)? Welche Funktion haben die Teiche? Wie viel Wasser fließt pro Minute?

……

……

……

……

……

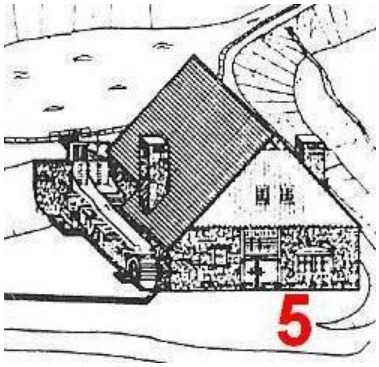
<u>Aufgabe 2:</u> Überlegt euch, welche Vor- und Nachteile eine Nutzung der Wasserkraft hat. Wofür wird Wasserkraft heute sonst noch genutzt?

……

……

……

STATION 5: Das Hammerwerk



Seit der Gründung der Wendener Hütte gehörte auch ein Hammerwerk zur Anlage. Das Roheisen musste erst geschmiedet werden, um daraus verarbeitbaren Stahl zu erzeugen. Diese Arbeit erledigte das Frischhammerwerk der Wendener Hütte. Um 1750 wurden pro Woche (sechs Arbeitstage) ca. 14 Tonnen Rohstahl erzeugt. Später wurde die Frischarbeit an sechs in der Umgebung liegende Hammerwerke verteilt. 1774 wurde dann an der Stelle des alten Frischhammerwerks ein Raffinierhammerwerk in das alte Hammergebäude eingebaut.

Dort wurden die Rohstahlstangen zu dünneren und ungefähr 5 cm breiten Rippen gehämmert. Dann schichtete der Schmied mehrere solcher Rippen zu einem etwa 25 kg schweren Bündel zusammen, das dann, nachdem es im Feuer erhitzt worden war, wieder zu einem Ganzen verschmiedet wurde. Durch mehrmaliges Wiederholen dieses Vorgangs erhielt man bessere Stahlsorten.

Aufgabe 1: Stellt die Funktion des wasserbetriebenen Hammerwerks in einer Skizze dar!

……

……

……

……

……

Aufgabe 2: Wenn ein Schmied da ist, lasst euch zeigen wie er Eisen verarbeitet. Wie ändert sich das Eisen, wenn es erhitzt wird?

……

……

STATION 6: Das Verwaltungsgebäude

Als die Anlage um 1820 von einer neuen Generation von Hüttenbesitzern erneuert wurde, baute man zusätzlich zu der alten Faktorei, die an der Stelle des heutigen Parkplatzes stand, ein neues Verwaltungsgebäude. Das Gebäude wird heute noch als Wohnhaus genutzt. Die Materialien mussten eingekauft werden, Mischungsverhältnisse bestimmt und Erneuerungen geplant werden. Schließlich musste das hergestellte Eisen transportiert und verkauft werden. Der Hüttenverwalter besorgte diese Aufgaben im Verwaltungsgebäude.

Die Eisenerze erhielt die Wendener Hütte aus dem Siegerland, die Holzkohle kam dagegen ausschließlich aus dem Sauerland. Heute gehört der Kreis Olpe, wie auch das Siegerland, zur Bundesrepublik Deutschland und sogar zum selben Bundesland, nämlich Nordrhein-Westfalen.

<u>Aufgabe 1:</u> Während der Betriebszeit der Wendener Hütte war eine Einfuhr von Holzkohle aus dem Siegerland nicht möglich. Überlegt Gründe dafür!

……

……

……

……

Holzkohle und Erze wurden in Hohlmaßen gemessen, den „Wagen“, die sich je nach Stoff und Gegend in ihrem Volumen unterschieden. Der Hüttenmeister Bayer berichtet im Jahr 1816, dass ein Wagen Holzkohle in Wenden 4,39 m^3 fasste.

<u>Aufgabe 2:</u> Ein Wagen Eisenerz fasste nur 1,35 m^3. Warum waren die Wagen für Eisenerz kleiner?

……

……

……

……..

Die Hochofentechnik wurde immer wieder verbessert. 1752 lag die Tagesproduktion bei einer halben Tonne Roheisen. Im Jahr 1809 wurde der Hochofen der Wendener Hütte einmal komplett neu erbaut und dann mehrmals umgebaut (Erhöhung, neue Gebläse, Winderhitzer) um die Produktion zu steigern. So konnten 1855 pro tag 8,8 t Roheisen erzeugt werden.

Im Gegensatz zu den heutigen Hochöfen war der Hochofen der Wendener Hütte nicht ununterbrochen in Betrieb, sondern auf zwei Hüttenreisen von jeweils 105 Tagen beschränkt. Dann musste der Hochofen neu ausgemauert werden. Der Hüttenverwalter Gerhard Bayer um 1818 folgende Rechnung über die Kosten einer Hüttenreise auf:

315 Wagen Holzkohle	5.855,--
320 Wagen Eisenerz	2.560,--
Hütte und Löhne	455,--
Pacht	1.700,--
Zinsen	225,--
Baumaßnahmen	200,--
Rösten	205,--
Summe	**10.250,-- Reichsthaler**
450.000 Pfund (210t) Roheisen	11.250,--
Gewinn	**550,-- Reichsthaler**

Aufgabe 3: Wie viel Roheisen wurde während einer Hüttenreise pro Tag in der Wendener Hütte hergestellt?

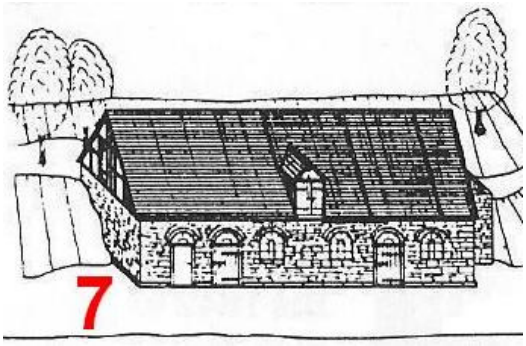
……

……..

Verteilung der Produktionskosten der Wendener Hütte

Holzkohle	50 %
Erz und Zuschläge	24 %
Pacht	16 %
Löhne	4 %
Zinsen	2 %
Rösten	2 %
Baukosten	2 %

STATION 7: Der Pferdestall



Für den Transport von Holzkohle, Eisenerz, Zuschlägen und dem hergestellten Roheisen wurden Pferdefuhrwerke genutzt. In den Rohstoffpreisen waren die Transportkosten mit den Pferdefuhrwerken enthalten.

Über 2000 Jahre lang wurde zur Eisenverhüttung Holzkohle verwendet. um 1850 entdeckte man dann die Steinkohle im Ruhrgebiet und begann diese zu fördern. Die Steinkohle war günstiger und in zunächst einmal unbeschränkter Menge zu bekommen. Ein Transport mit Pferdefuhrwerken über weite Strecken wäre aber nicht rentabel gewesen. Doch es gab bereits ein neues Transportmittel – die Eisenbahn. Im Jahr 1861 wird die Ruhr-Sieg-Bahn gebaut. Zum Unglück der Wendener Hütte verlief die Strecke durch das östliche Kreisgebiet Olpe. Da ein Transport der Steinkohle über die restliche Strecke zu teuer war und die Verhüttung mit Steinkohle auch weit günstiger als die mit Holzkohle, musste der Betrieb der Wendener Hütte 1866 eingestellt werden.

<u>Aufgabe 1:</u> Zählt mehrere Gründe für die Schließung der Wendener Hütte im Jahre 1866 auf.

……

……

……..

Lange Zeit profitierte die Wendener Hütte von ihren sehr günstigen Standortfaktoren:

Holzreichtum:	Holzkohle
nahe Erzvorkommen:	Rohstoff
Wasserreichtum:	Wasserkraft

Aufgabe 2: Beschreibt wodurch diese 3 Standortfaktoren plötzlich keine Vorteile mehr waren.

……

……..

Abbildungsverzeichnis

Lagerplan der Wendener Hütte: LÖCKEN 1995
Windofennachbau: BECKER 2002, S. 43
Kohlenmeileraufbau: BECKER 2002, S. 185
Tabelle Eisenerzvorkommen: EISNER 2000, S. 192
Hochofenaufbau: LÖCKEN / STRAßBURGER 1995, S. 19

Literaturverzeichnis

Becker, Alfred: Haubergs-Lexikon. Kreuztal: Verlag die Wieland-schmiede, 2002

Eisner, Werner u. a.: Elemente Chemie II Gesamtband. Stuttgart: Ernst Klett Verlag, 2000

Löcken Monika; Straßburger H.: Die Wendener Hütte. In: Westfalen im Bild. Reihe: technische Kulturdenkmale in Westfalen. Heft 2. Münster: Landesverband Westfalen-Lippe, 1995

Löcken Monika: Die Eisenproduktion (Teil I und II). Hagen: Landesverband Westfalen-Lippe, 1995

Materialliste

STATION 1: Der Kohleschuppen

- Holzstangen für Meileraufbau (ca. 100 Stück je 50 cm lang)
- Kiste mit Versuchsmaterial (Reagenzgläser, Stopfen mit Loch, Glasrohr, Feuerzeug, Gasbrenner, Holzspäne)
- Holzkohlestücke
- Abbildung „Der Jahreskreislauf der Haubergsarbeiten“

STATION 2: Möllerboden und Gichtbühne

- Erzstücke

STATION 3: Gießhalle und Hochofen

- Hochofenmodell
- Holzkohle und Möller (bzw. nur Erz)