

# Dokumentationen zum Sächsischen Bergbau



## Reihe 4: Zum Erzbergbau in Sachsen

### Band 3: Drei Beiträge über Wasserkraftnutzung und Wasserkraftmaschinen im Bergbau

Recherchestand Februar 2017

Autor: H.-J. Boeck

Herausgegeben vom Bergbauverein  
Hülfe des Herrn, Alte Silberfundgrube e. V.  
Merzdorf / Biensdorf

Biensdorf, August 2017

## **Reihe 4: Zum Erzbergbau in Sachsen**

### **Band 3: Drei Beiträge über Wasserkraftnutzung und Wasserkraftmaschinen im Bergbau**

#### **Inhalt**

<b>1.</b>	<b>Wasserwege Untertage – Schlaue Ideen unserer Vorfahren .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Das Grubengebäude St. Lampertus samt Zubehör in Hohenstein-Ernstthal.....	3
1.2.	Das Grubengebäude Gottes Geschick am Graul in Langenberg .....	5
<b>2.</b>	<b>Allgemeines zu den Wasserkraftmaschinen.....</b>	<b>10</b>
2.1	Zur Unterteilung der Antriebsmaschinen .....	10
2.2	Wasserräder.....	12
2.3	Turbinen .....	24
2.4	Die Wassersäulenmaschine .....	33
<b>3.</b>	<b>Ein Beispiel einer wasserkraftgetriebenen Aufbereitungsmaschine: Der Langstoßherd .....</b>	<b>38</b>
3.1.	Literaturquellen zur Aufbereitung und zur Geschichte der Herdarbeit.....	39
3.2.	Weitere Literaturquellen zur Entwicklung der Herdarbeit und zu moderneren Arten von Herden .....	47
3.3.	Zur Funktionsweise eines Langstoßherdes.....	62
	<b>Impressum.....</b>	<b>70</b>

## 1. Wasserwege Untertage – Schlaue Ideen unserer Vorfahren

So ein Bergwerk ist nicht einfach nur ein Loch in der Erde. Schon in frühester Zeit (Hier meinen wir die „erste Bergbauperiode“ in Sachsen vom 12. bis Mitte des 14. Jahrhunderts) drangen die Hauer in beachtliche Tiefen vor und das machte auch erheblichen technischen Aufwand erforderlich. In jener Zeit, als menschliche Arbeitskraft noch der geringste Kostenfaktor war, bewältigte man den Maschinenantrieb noch überwiegend mittels Muskelkraft – benötigte freilich entsprechend viele Knechte für Haspeln oder Heinzenkünste. Am Ende dieser Periode war man mit dieser Energiequelle aber an ihre Grenzen gekommen.

Größere Antriebskräfte bot eine zu dieser Zeit längst bekannte Energiequelle, die zum Beispiel in Mühlen, Pochwerken, Hütten oder Schmieden auch schon genutzt wurde: Die Strömungskraft fließenden Wassers. Freilich nutzt es wenig, Wasser in die Gruben hinein zu stürzen, um damit Maschinen anzutreiben – es mußte schließlich nach getaner Arbeit auch wieder hinaus. Dazu bedurfte es in erster Linie möglichst tief liegender Ableitungstollen, deren Bau mit Schlägel und Eisen jedoch eine langwierige und daher teure Arbeit war. Vor allem dann, wenn diese Stollen nicht entlang von Erzgängen vorgetrieben werden konnten und „nebenbei“ Erz gefördert wurde, dessen Verkauf den Stollenvortrieb finanzierte. Ging es ausschließlich durch taubes Gestein, mußte der Stollenbau lange vorfinanziert werden, ehe das "Stollen-Neuntel" der Gewerkschaften der mit dem Stollen vom Wasser gelösten Schächte den Weiterbau und Unterhalt finanziell erleichterte.

Aus diesem Grund tragen die ältesten der tiefen Revierstollen nicht selten den Namen „Fürstenstolln“ (zum Beispiel in Schneeberg und in Freiberg). Aus ihrem Interesse heraus, den Gewinn aus dem Bergbau zu sichern und weiter zu steigern, griffen die Landesherrn in die Staatskasse und ließen derartige Projekte in Angriff nehmen. Das war im Jahr 1348 so, als der „Alte Tiefe Fürstenstolln“ in Freiberg angeschlagen wurde und auch noch 1844, als man mit dem Bau des „Rothschönberger Stollns“ begann. Am Ende des 15. Jahrhunderts (Beginn der "zweiten Bergbauperiode") hatte sich – unter anderem in durch den Orienthandel reich gewordenen Kaufmannsfamilien – soviel Kapital angesammelt, daß der Handel mit Kuxen der neuen obererzgebirgischen Gewerkschaften zu einem lukrativen Geschäftsfeld werden konnte. Zu dieser Zeit wurden Stollengewerkschaften auch durch kapitalkräftige Einzelpersonen gegründet.

Wir wollen an dieser Stelle aber nicht auf die komplizierten wirtschaftlichen und rechtlichen Entwicklungen eingehen, die erforderlich wurden und in eigenen Stollenordnungen niedergeschrieben wurden. In diesem Beitrag wollen wir in erster Linie auf die technischen Lösungen unserer Vorfahren verweisen. Mehrfachnutzung regenerativer Energiequellen ist nämlich keine Erfindung unserer Zeit - das beherrschten unsere Vorfahren auch schon !

Es gibt natürlich noch weitaus mehr Beispiele – besonders in den großen Revieren, wie Freiberg oder Schneeberg, wo höchst komplexe Systeme der bergmännischen Wasserwirtschaft entstanden und immer wieder an veränderten Bedarf angepaßt wurden. An zwei – etwas kleineren, daher aber übersichtlicheren und verständlicheren – Beispielen wollen wir in diesem Beitrag einmal erläutern, wie geschickt das einmal aufwendig heran- und wieder abgeleitete Antriebswasser genutzt wurde.

### 1.1. Das Grubengebäude St. Lampertus samt Zubehör in Hohenstein-Ernstthal

Die Geschichte des Bergwerks reicht bis in das 15. Jahrhundert zurück und erst 1910 wurde hier der Bergbau endgültig eingestellt. Gefördert wurde vorrangig Arsen- und Kupfererz mit Gehalten an Silber und Gold. Abgebaut wurden mehrere annähernd parallel streichende, stehende Gänge.

Ursprünglich bauten auf diesen Gängen eigenständige Gewerkschaften. Nach und nach konsolidierten sie dann zu einer Gesellschaft, die den Namen der „Sankt Lampertus Fundgrube“ übernahm.

Die bis über einen Meter mächtigen Haupterzgänge lagen etwa 80 m voneinander entfernt: Östlich der „Wille Gottes Stehende“ und westlich die aneinander anschauenden Gänge „Lampertus Stehender“ und „Heinrich Stehender“. Die Lagerstätte wurde auf 600 m streichender Länge bergmännisch untersucht und Erzlinsen abgebaut. Bis 1910 hatte man dann (bezogen auf die Tagesoberfläche am Richtschacht) mit der 2. Gezeugstrecke 128 m Tiefe erreicht. Um dieses Grubengebäude vom Grundwasser zu lösen, haben die beiden Gewerkschaften von Wille Gottes und Lampertus jeder einen Kunstschaft mit einem untertägigen Kunstrad betrieben.

Das Aufschlagwasser wurde nach Hohenstein-Ernstthal über einen nicht erhalten gebliebenen Kunstgraben von den oberen Teichen in Wüstenbrand herangeleitet. Dort, wo heute an der Dresdner Straße die Tankstelle steht, befand sich ein Bergwerksteich als Wasserreservoir.

Unterhalb der Dresdner Straße wurde das Antriebswasser durch eine Wasserrösche zunächst auf das Wasserrad am Wille Gottes Kunstschaft **1** geleitet. An der Radstube kam die Rösche in etwa 13 m Tiefe ein. Das Wasser trieb das Kunstrad an und floß anschließend zusammen mit dem aus der Gezeugstrecke gehobenen Grundwasser auf dem etwa 26 m untertage liegenden Wille Gottes Stollen wieder ab.



Das System der bergmännischen Wasserwirtschaft in den Gruben Wille Gottes und St. Lampertus zu Hohenstein-Ernstthal im 18. Jahrhundert.

Ende des 18. Jahrhunderts verband man die Schächte auf den beiden Gängen mit zwei Querschlägen im Niveau des Wille Gottes Stollens sowie des Tiefen St. Lampertus Erbstollens in 42 m Tiefe. Nun konnte man das Antriebswasser von der Radstube am Wille Gottes Kunstschaft untertage auf das Kunstrad am St. Lampertus Kunstschaft **2** weiterleiten. Dort trieb es nun auch das zirka 11 m Durchmesser messende Kunstrad an und floß danach über den über 200 m langen Kunst Erbstolln zum Goldbachtal ab. Zugleich mußte

am Wille Gottes Kunstschacht das Grundwasser nur noch bis auf das Niveau des tiefen Erbstollns gehoben werden. Die Anlage hat in dieser Form von 1785 bis 1876 über neunzig Jahre lang zuverlässig gearbeitet.

Ab 1873 wurde mit dem Absenken des neuen Richtschachtes begonnen. Zu dieser Zeit besaß Hohenstein-Ernstthal bereits einen Bahnanschluß und die Anlieferung von Steinkohle aus Zwickau oder Oelsnitz war kein Problem. Deshalb erhielt dieser Schacht 1876 eine 12 PS starke Dampfmaschine, mit der die Kunstgestänge angetrieben und außerdem die Förderung des Erzes bis nach übertage realisiert werden konnten. Die beiden Radstuben wurden nicht mehr benötigt und mit Abraum verfüllt. Auch der Wille Gottes Stolln, die Wasserrösche, sowie der Kunstgraben verfielen. Lediglich der Tiefe Lampertus Erbstolln blieb als Wasserlösestolln für das Grubengebäude - bis heute - von Bedeutung. Die gesamte Fahrung und Förderung erfolgte über den Richtschacht. Für die Wetterführung verblieben die höher am Zechenberg liegenden Schächte auf dem Anna Stolln und der 2. und 3. Wille Gottes Tagschacht.



Das Grubengebäude von St. Lampertus samt Zubehör Ende des 19. Jahrhunderts mit dem 1846 errichteten Huthaus und dem signifikanten Schachtgebäude


Der St. Lampertus Richtschacht und der Tiefe Erbstolln wurden 1996 saniert. Seit 2008 können nun auch Besucher Teile des Grubengebäudes befahren. Für eine Befahrung kann man sich über die Internetseite des Freundeskreises Geologie & Bergbau Hohenstein-Ernstthal e.V. anmelden: ► [www.lampertus.de](http://www.lampertus.de)

## 1.2. Das Grubengebäude Gottes Geschick am Graul in Langenberg

Der Bergbau im Schwarzenberger Revier begann mit der Gewinnung von Eisenerzen schon sehr früh (um 1380). Wann genau die Gruben am Graul westlich von Schwarzenberg erstmals verliehen wurden, ist heute nur noch schwer nachzuvollziehen. Der Höhenrücken des Grauls erstreckt sich zwischen den Tälern des Schwarzbachs und des Oswaldbaches von Wildenau im Westen bis Langenberg im Osten.

Rund um die Schwarzenberger Gneiskuppel sind in die Glimmerschiefer verschiedene, vor allem an Skarne gebundene Lagerstätten von Marmor, Magnetit und Buntmetallerzen eingebettet. Sie werden außerdem von hydrothermalen Gängen durchzogen, die vorwiegend der BiCoNi- Formation angehören. Am Graul bei Langenberg wurden solche Gänge mindestens seit dem 18. Jahrhundert intensiv abgebaut und auch die damalige SAG / SDAG Wismut hat sie nach 1946 noch einmal auf Uranerzführung untersucht.

Die größeren, stehenden Gänge durchziehen den Graul von Norden nach Süden über zirka 500 m Länge. Im Bereich der ehemaligen Gruben „St. Catharina“ und „Stamm Asser“ bilden die Gänge ein kompliziertes und dichtes Netz. Außerdem treten hier – wie auch im Besucherbergwerk „Herkules & Frisch Glück“ am Nordhang des Oswaldtals – bauwürdige Marmorlinsen hinzu.

Die bedeutendste Gewerkschaft im Feld war „Gottes Geschick am Graul“, die auf den westlichen, stehenden Gängen „Gottes Geschick Stehender“ und „Carl Stehender“ baute. Aus dem Schwarzbachtal heraus hatte man einen Stollen entlang der Erzgänge unter den Graul vorgetrieben und am höchsten Punkt den Alt Gottes Geschicker Schacht  als Kunst- und Wetterschacht bis zur dritten Gezeugstrecke (nicht im Raumbild dargestellt) abgeteuft.

Da man Aufschlagwasser nun nicht bergauf leiten konnte, nutzte man den Höhenunterschied zwischen Schwarzbach und Oswaldbachtal aus und trieb von Norden her eine Aufschlagrösche bis zum alten Kunstschacht vor. Dort wurde mit Schlägel und Eisen eine über 11 m hohe Radstube aus dem Fels geschlagen und ein Wasserrad für den Antrieb der Kunstgezeuge eingebaut. Über den Flügel des Gottes Geschicker Stollens floß das Wasser von dort in den Schwarzbach ab.



Grube Gottes Geschick am Graul, Huthaus auf der Höhe des Grauls über dem Alt Gottes Geschicker Kunst- und Treibeschat, Foto: Paul Schulz, 1924



Grube Gottes Geschick. Treibehaus über dem neuen Kunstschacht (links) und die Erzwäsche im Schwarzbachtal, der spätere „Fröhliche Bergmann“. Blick nach Osten zum Emmler, rechts am Bildrand am nördlichen Hang des Emmlers der Riedelschacht, Foto: Paul Schulz, 1924

► <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/70002046>

Anfang des 19. Jahrhunderts wurde im Fallen des Gottes Geschick Stehenden am Nordhang des Schwarzbachtals dann der Neue Kunstschacht angeschlagen und bis 1871 bis zur halbfünften Gezeugstrecke (etwa 223 m untertage) abgesenkt. Zugleich errichtete man unmittelbar daneben die neue Pochwäsche **2**, die nach der Einstellung des Bergbaus noch eine Zeitlang als Ausflugsgaststätte „Fröhlicher Bergmann“ erhalten blieb. Die Pochwäsche erhielt zunächst Antriebswasser für die Wasserräder aus dem Schwarzbach.

Für die Wasserhaltung im Neuen Kunstschacht wurde neben dem Schachtkopf eine weitere Radstube errichtet. Ganz ähnlich wie die Radstube Oberschöna, wurde deren unterer Teil aus dem Anstehenden gehauen und der obere Teil aus den Bruchsteinen aufgemauert. Da sie später durch eine tiefer liegende „Untere Radstube“ ersetzt wurde, wird diese Kammer heute als „Obere Radstube“ **3** bezeichnet. Als Antriebswasser diente zunächst das Überschußwasser des Pochwerksgrabens, um 1830 hatte man dann zwischen dem Gottes Geschick Stehendem und dem Pochwerksgraben einen Querschlag aufgeföhren und konnte das Ablaufwasser aus der Radstube am Alten Kunstschacht nun zusätzlich im Pochwerk und in der Oberen Radstube nutzen. Zu dieser Zeit wurde also über- und untertägig Wasser aus zwei Tälern für bereits drei Wasserkraftanlagen herangeföhrt !



Die Wasserführung im Grubengebäude von Gottes Geschick am Graul vor dem Durchschlag des Treue Freundschaft Stollns im Jahr 1834 zum Neuen Kunstschacht

Da mit zunehmender Tiefe des Schachtes und wachsender Förderhöhe naturgemäß auch der Energiebedarf anstieg, andererseits aber der kleine und abgelegene Ort Langenberg bis heute keinen Bahnanschluß besitzt und der Antransport von Steinkohle für eine Dampfmaschine daher zu teuer gewesen wäre, nahm die Gewerkschaft parallel zum Abteufen des Neuen Kunstschachtes ein ehrgeiziges Projekt in Angriff: Auf dem im Schwarzwassertal bei Schwarzenberg ansetzenden „Treue Freundschaft Stollen“ wurde am Scharkreuz von Treue Freundschaft Spat und Teubners Hoffnung Flachem ein zweites Lichtloch (der „Rote Schacht“) abgeteuft und von dort aus und aus dem Grubenfeld heraus im Gegenortbetrieb von 1825 bis 1834 der Stollen bis zum Neuen Kunstschacht vorgetrieben. Bis dorthin erreicht dieser Stollen nun eine Gesamtlänge von 2.614 m !

Zugleich bringt der Treue Freundschaft Stollen am Neuen Kunstschacht nun eine nutzbare Fallhöhe von rund 52 m ein, die durchaus auch den Einbau einer Turbine oder einer – viel Platz sparenden – Wassersäulenmaschine ermöglicht hätte. Die Gewerkschaft entschied sich aber für bewährte Technik und legte über der Stollensohle eine Radstube, die „Untere Radkammer“ **4** an. Das hier eingebaute Kunstrad trieb die Pumpengestänge an und mußte das Grundwasser nur noch bis auf das Niveau der Stollensohle (also 52 m weniger als bis nach übertage) heben. Für den Antrieb nutzte man das Abschlagswasser der Oberen Radstube, das bis dorthin ja vorher schon mindestens zwei andere Wasserräder bewegt hat !

Im Bergarchiv existieren Anlagerisse, die belegen, daß danach die Obere Radstube als Kehrrad für die Förderung umgebaut und vergrößert werden sollte. Der Preisverfall für die geförderteten Erze (besonders für das Silber) nach 1871 hat die Ausführung dieser Pläne wohl verhindert.

Als Wasserlösestollen für die angeschlagenen Grubenfelder besitzt der Treue Freundschaft Stollen bis heute enorme Bedeutung und wurde zwischen 2005 und 2009 saniert. Eine Interessengemeinschaft ermöglicht heute wieder zu besonderen Anlässen – zum Beispiel am „Tag des offenen Denkmals“ – Befahrungen von Teilen des Grubengebäudes.





Die Wasserführung im Grubengebäude von Gottes Geschick am Graul in der Mitte des 19. Jahrhunderts mit dem Neuen Kunstschacht

Es ist immer wieder faszinierend, mit wieviel Geschick die Altvorderen die ihnen zur Verfügung stehenden, begrenzten Mittel ausgenutzt haben. Schon, weil der Bau einer solchen Anlage eine langwierige Sache war, hatten sie wohl auch viel mehr Zeit als wir heute zum Überlegen und zur Suche nach der cleversten Lösung.

Die Devise unserer Zeit lautet dagegen „Schnell – Viel – Billig“ - was oftmals dabei herauskommt, kann man jeden Tag in der Zeitung oder jährlich im Schwarzbuch des Steuerzahlerbundes nachlesen...

Im Prinzip gäbe es kein technisches Problem, solche Anlagen mit modernen Generatoren auszustatten und mit dem Ziel der Energiegewinnung wieder in Betrieb zu nehmen, was nicht nur dem Schutz und der Erhaltung der technischen Denkmale zugutekäme. Nebenbei könnte auch die eine oder andere Windmühle gespart werden, die ja irgendwie auch niemand vor der eigenen Haustür haben will. Dem stehen aber vor allem die Unterhaltungskosten für die langen Stollen entgegen, die es wohl in den meisten Fällen unwirtschaftlich machen, nicht zuletzt aber auch die Lobby der großen Energieversorger, die natürlich an einer dezentralen Selbstversorgung mit Elektroenergie wenig Interesse hat.

So bleibt uns das Staunen über die Findigkeit der Vorfahren und die Hoffnung, daß möglichst viele der Sachzeugen bewahrt werden können.

## 2. Allgemeines zu den Wasserkraftmaschinen

Da wir in unseren Beiträgen eine ganze Reihe von Beispielen zur Nutzung der Wasserkraft im Bergbau anführen, erscheint es uns angebracht, die wesentlichen Funktionsprinzipien dieser Antriebsmaschinen einmal in aller Kürze zusammenzufassen. Es ist dabei in diesem Beitrag keineswegs unser Anspruch, die Vorlesungen Maschinenbau und Strömungsmaschinen oder den Blick in die einschlägige Fachliteratur zu ersetzen.

Hier soll eine im besten Sinne „populärwissenschaftliche“ Erläuterung der in unseren Beiträgen verwendeten und häufig bergbaulich geprägten Begriffe gegeben werden. Dabei legen wir den ersten Schwerpunkt auf die tatsächlich im sächsischen Bergbau eingesetzten Kraftmaschinen: Wasserräder und Turbinen verschiedener Bauart und stellen auch die rotationsfreie, hydraulische Wassersäulenmaschine vor.

### 2.1 Zur Unterteilung der Antriebsmaschinen

Als „Motoren“ für die verschiedensten Maschinen besaßen Wasserkraftanlagen verschiedener Bauweise seit altersher große Bedeutung in der Technik, besonders aber im Bergbau, der – wie kaum ein anderer Industriezweig – schon früh einen sehr hohen Grad der Mechanisierung erreichte. Als Ersatz und „Verstärker“ menschlicher und tierischer Muskelkraft besaßen dabei die erprobten und vergleichsweise billigen Wasserräder wohl schon am Ende der ersten Bergbauperiode (14. Jahrhundert), mit Sicherheit aber ab der zweiten Periode (Ende 15. bis 19. Jahrhundert) die größte Bedeutung. Im 18. Jahrhundert kam die hydraulisch wirkende „Wassersäulenmaschine“ und im 19. Jahrhundert kamen die kleineren, schnell laufenden Turbinen hinzu. Alle diese Antriebsmaschinen durchliefen eine lange Entwicklungszeit und besaßen und besitzen unterschiedlichste Ausführungsformen. Im Wesentlichen sollen hier die folgenden Typen angeführt werden:

Rotationsfrei	Rotierend		
<b>Kolbenmaschinen</b>	<b>Wasserräder</b>	<b>Turbinen</b>	
- nutzt ausschließlich den hydrostatischen Druck des Wassers	- nutzen vorrangig die Gewichtskraft des Wassers, nur anteilig auch den Strömungsdruck	- nutzen vorrangig den Strömungsdruck des Wassers	
		<b>Freistrahlturbinen</b>	<b>Durchström-turbinen</b>
		- mit "drucklosem" Ablauf	- ständig allseitig von Wasser umflossen
Bautypen:			
<b>Wassersäulenmaschine</b>	<b>Oberschlächtig</b>	<b>SCHWAMKRUG-Turbine</b>	<b>FURNEYRON-Turbine</b>
	<b>Mittelschlächtig</b>	<b>PELTON-Turbine</b>	<b>FRANCIS-Turbine</b>
	<b>Unterschlächtig</b>	<b>OSSBERGER-Turbine</b>	<b>KAPLAN-Turbine</b>
	<b>Rückschlächtig*)</b>	und viele weitere...	und viele weitere...

\*) Prinzipiell ist auch diese Rad-Bauweise möglich und wurde sicherlich auch angewendet. Aus energetischen Gründen ist eine tangential Beaufschlagung entgegen der Rotationsrichtung des Rades jedoch sehr ungünstig. Mir ist zumindest aus dem Bergbau Sachsens kein solches Beispiel bekannt.

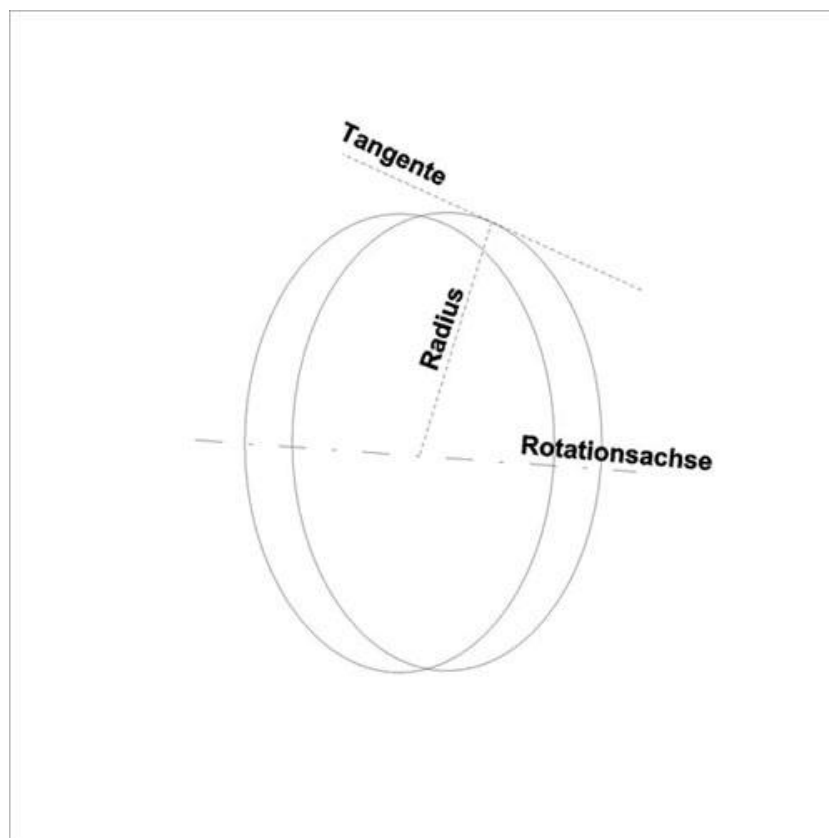
Die Wassersäulenmaschinen umfassen im Wesentlichen nur einen Bautyp, der am besten als „umgekehrte Druckpumpe“ beschrieben werden kann. Sie wurden im 18. Jahrhundert entwickelt und vor allem für den Antrieb der langsam laufenden Kunstgezeuge vielerorts im Bergbau eingesetzt. Ihr großer Vorteil bestand besonders im erheblich geringeren Platzbedarf.

Wasserräder sind die älteste Form der Wasserkraftmaschinen. Sie werden immer tangential von außen beaufschlagt und unterscheiden sich hinsichtlich der genutzten Anteile von Schwerkraft und Strömungsdruck: Oberschlächtige Räder nutzen bei weitem überwiegend nur die Gewichtskraft des Wassers, mittel- und unterschlächtige Räder nutzen – umgekehrt proportional zur Fallhöhe – größere Anteile der Strömungsgeschwindigkeit (den „Anpralldruck“) des Wassers.

Das Wirkprinzip von Turbinen beruht primär natürlich ebenso auf dem hydrostatischen Druckunterschied, der aus der Höhendifferenz zwischen Aufschlagwasser und Wasserablauf entsteht. Die Turbinen nutzen aber die aus dem Druckausgleich resultierende Strömung des Wassers.

Allen Turbinentypen gemeinsam sind gekrümmte Schaufeln, welche eine Umlenkung der Strömungsrichtung bewirken, die sich wiederum als Druckkraft auf die Beschauflung bemerkbar macht und die Rotation des Laufrads bewirkt. Die Art der Beaufschlagung und des Ablaufes des Wassers ist bei den Turbinentypen sehr unterschiedlich, so daß an die Anforderungen angepaßte Bautypen zum Einsatz kommen können.

Vorweg soll die folgende Skizze an drei Grundbegriffe erinnern, die zur Beschreibung der Funktionsweise oben schon einmal und im Weiteren immer wieder verwendet werden.



Wesentliche geometrische Begriffe eines Rotationskörpers

## 2.2 Wasserräder

Ein Wasserrad hat sicher jeder schon einmal gesehen. Sie gab es schon lange und bei weitem nicht nur im Bergbau. Beispiele, wie der Frohnauer oder der Freibergsdorfer Hammer, die Niederzwönitzer Papiermühle, die Schiffsmühle in Bad Düben und viele andere zeigen, daß Wasserräder sehr häufig als Antriebe für verschiedenste Maschinen eingesetzt wurden.

Die Rotation des Wasserrades wird in erster Linie durch den Gewichtsunterschied zwischen den „gefüllten“ auf der einen und den „leeren“ Schaufeln auf der anderen Seite des Rades bewirkt. Natürlich bewirkt auch bei überschlächtigen Rädern der Anpralldruck des in die Beschaukelung einströmenden Wassers eine zusätzliche Druckkraft auf die Schaufelblätter. Je geringer der nutzbare Höhenunterschied ist, desto mehr überwiegt aber der Anpralldruck gegenüber der Gewichtskraft.

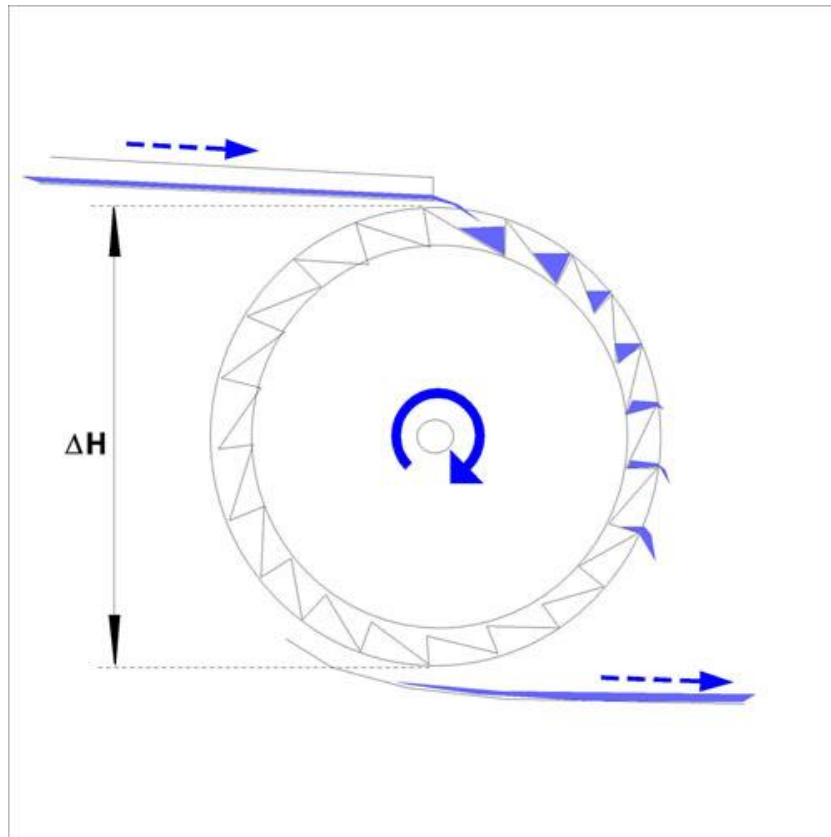
Bei einem Wasserrad kommt es folglich immer darauf an, einen genügenden Höhenunterschied zwischen dem Wasserzulauf und dem Wasserablauf zu erzielen. Dies erreicht man zum Beispiel, indem oberhalb des Einsatzortes ein Aufschlaggraben („**Kunstgraben**“) aus einem Fließgewässer abgezweigt wird, der gegenüber dem Gewässer ein geringeres Gefälle aufweist. Nach entsprechend langem Fließweg unterscheiden sich dann die Höhen des Aufschlaggrabens und des Fließgewässers so weit, daß dazwischen ein für ein Wasserrad nutzbarer Höhenunterschied besteht.

Ist – zum Beispiel im Tiefland – die Anlage eines solchen Grabens nicht möglich, weil er übermäßig lang werden würde, nutzt man unter Inkaufnahme eines geringeren Wirkungsgrades nur noch den Anpralldruck der Strömung des Fließgewässers.

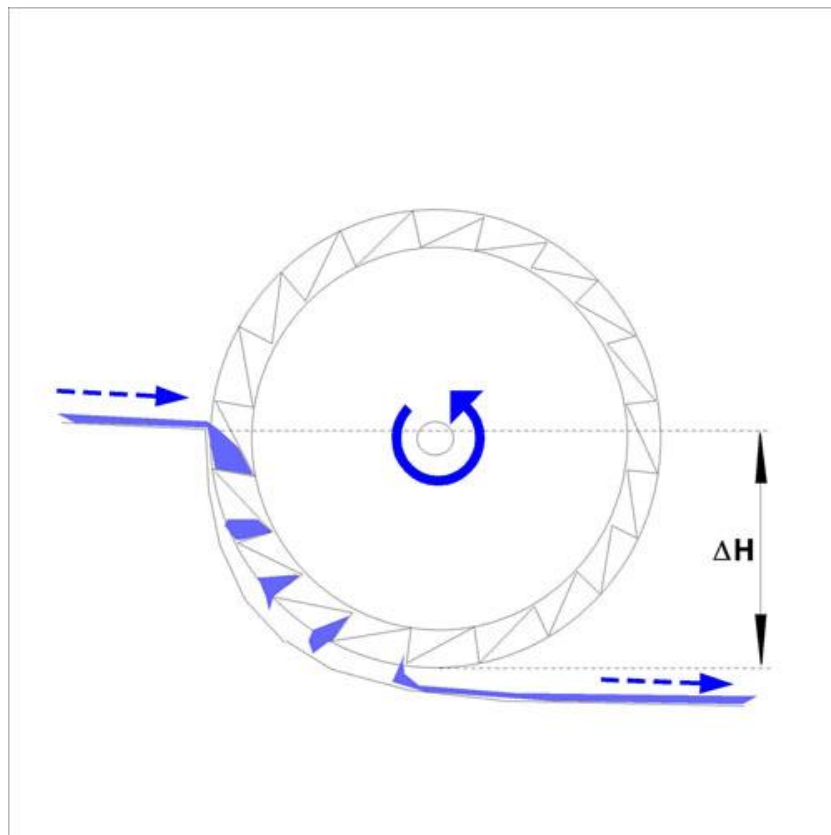
Da der sächsische Bergbau sich jahrhundertlang auf den Erzbergbau in den bergigen Hochlagen des Erzgebirges konzentrierte, überwogen dort bei weitem die überschlächtigen Wasserräder. Auch dabei entstanden jedoch oft sehr aufwendige wasserbauliche Anlagen für die Heranführung, Ableitung und Speicherung (die „**Kunsteiche**“) des Antriebswassers, wenn sich das Bergwerk abseits geeigneter Fließgewässer befand.

Besonders typisch für das 16. bis 19. Jahrhundert ist die Verlegung der Wasserräder direkt an den Einsatzort, wo man die Energie benötigte: Also in untertägige „**Radstuben**“, möglichst nah am Schacht. Dann wurde das Wasser über spezielle Stollen – sogenannte „**Röschen**“ – heran- und wieder abgeleitet.

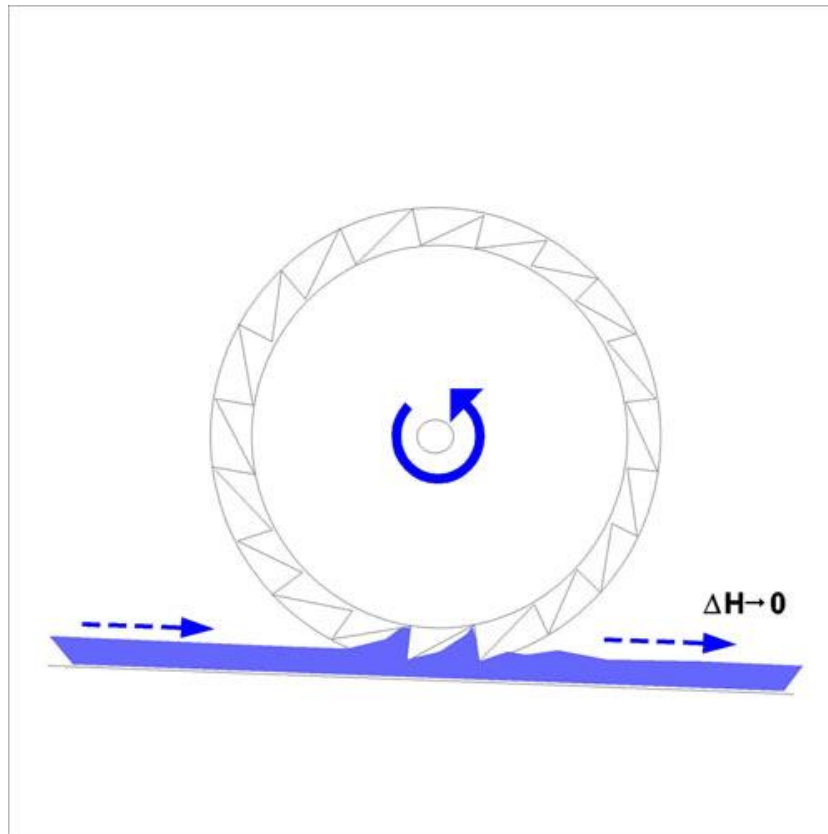
Die Funktionsweise der drei Haupttypen der Wasserräder zeigen die folgenden Skizzen.



Funktionsweise des überschlächtigen Rades.



Funktionsweise des mittelschlächtigen Rades.



Funktionsweise des unterschlächtigen Rades.

Die durch ein Wasserrad gewinnbare Antriebsleistung hängt im Wesentlichen von der zur Verfügung stehenden Wassermenge – dem Durchsatz (Volumen pro Zeit) – und der Fallhöhe  $\Delta H$  des Wassers ab. Mit einem kurzem Exkurs in die Physik läßt sie sich näherungsweise berechnen:

Die maximal gewinnbare Arbeit  $W$  (auch ein Wasserrad hat natürlich Reibungsverluste und das Wasser muß natürlich in einer geringeren, „effektiven“ Fallhöhe aus den Schaufeln herauslaufen, weil es die Drehbewegung des Rades wieder bremsen würde, wenn das Rad in den Ablauf eintauchen würde) entspricht der potentiellen Energie des Wassers in der Höhe  $\Delta H$  über dem Ablaufniveau. Sie ist mit der Schwerebeschleunigung  $g$  definiert als:

$$(1) \quad W_{\text{pot.}} = m \cdot g \cdot \Delta H$$

Unter Einsetzen der Dichte  $\rho$  des Wassers:

$$(2) \quad \rho = m / V$$

kann in dieser Gleichung die Masse  $m$  des Wassers, das sich auf die gefüllten Schaufeln verteilt, ersetzt werden und es entsteht:

$$(3) \quad W_{\text{pot.}} = V \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta H$$

Da die Leistung  $P$  der pro Zeit verrichteten Arbeit entspricht, entsteht daraus für  $P$  der Ausdruck:

$$(4) \quad P = W_{\text{pot.}} / t = V / t \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta H$$

Da  $\rho$  und  $g$  (in einem festen Höhenniveau und bei gleicher Temperatur und gleichem Luftdruck) konstant sind, sieht man anhand dieser Gleichung, daß die Leistung des Wasserrades einerseits durch den Wasserdurchsatz  $V / t$  und andererseits durch die Fallhöhe  $\Delta H$  bestimmt ist. Setzt man Näherungswerte für  $\rho_{\text{Wasser}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$  und für  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  ein, entsteht:

$$(5) \quad P [\text{Nm/s} = \text{W}] = V / t [\text{m}^3/\text{s}] \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot \Delta H [\text{m}]$$

Pro Meter Höhenunterschied und pro Kubikmeter Wasser in der Sekunde besitzt ein Wasserrad folglich eine Leistung von zirka 9,81 Kilowatt oder rund 13,3 PS.

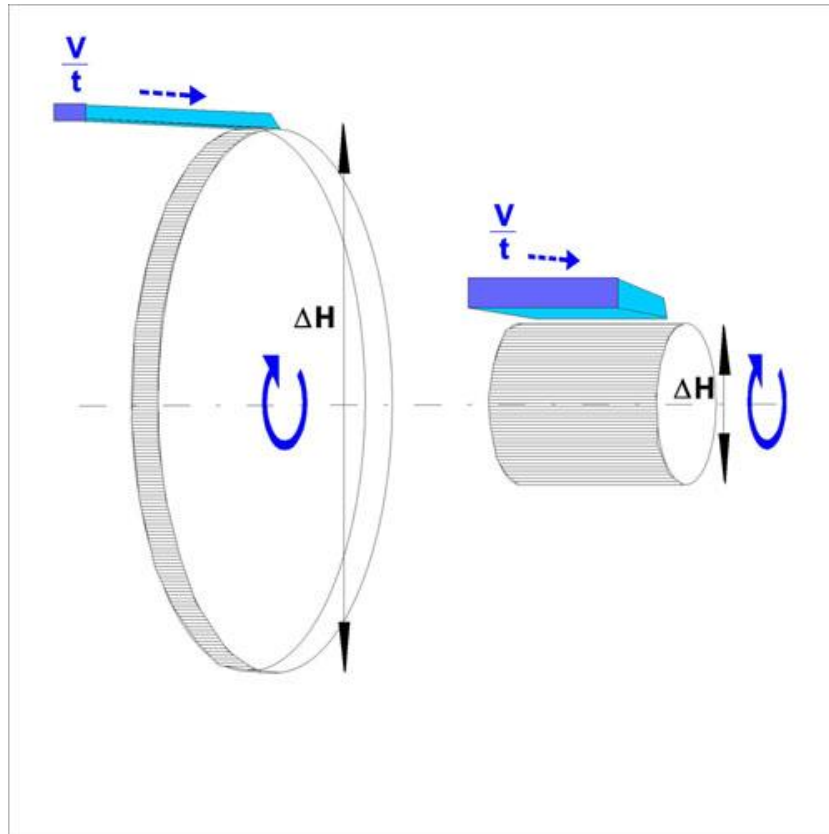
Da ein Durchsatz von einem Kubikmeter pro Sekunde nun aber eine schon ziemlich riesige Menge ist, rechnen wir noch mal mit eher für die bergbauspezifischen Wasserräder typischen Werten von zehn Litern pro Sekunde und einer Fallhöhe von 10 m und kommen dann auf rund 1 kW oder rund 1,35 PS. Das klingt im Vergleich mit heutigen Automotoren sehr wenig, reichte aber damals für viele Zwecke aus, vorallem, weil jedes Rad oft nur eine einzige Maschine antrieb (z.B. die Förderanlage oder das Kunstgezeug). Und direkt proportional zur verfügbaren Wassermenge steigt natürlich auch die Leistung an.

Das hat noch eine weitere technische Konsequenz: Aus obiger Gleichung resultiert auch, daß zur Erzielung einer bestimmten, benötigten Antriebsleistung entweder eine bestimmte Mindestmenge Wasser oder eine Mindesthöhendifferenz bestehen muß – beide Größen sind dann umgekehrt proportional. Steht also viel Wasser zur Verfügung, kann man die Fallhöhe und damit den Durchmesser des Rades und damit den für das Rad benötigten Platz (die Größe der Radstube) reduzieren, umgekehrt muß das Rad einen entsprechend größeren Durchmesser besitzen, um in schmaleren Schaufeln trotzdem die gleiche Wassermenge aufnehmen zu können.

Die Heranführung von Aufschlagwasser mit genügender Höhendifferenz war im Bergbau meist das größere Problem, lagen die Bergwerke doch oft abseits geeigneter Fließgewässer. Außerdem mußte das Wasser oft auf mehrere Räder oder sogar auf mehrere benachbarte Schachtanlagen aufgeteilt werden. Daher ist für die Wasserräder im Bergbau typisch, daß sie mit kleinen Wassermengen auskommen mußten. Sie besaßen deshalb bei vergleichsweise geringer Breite von einem halben Meter gewöhnlich sehr eindrucksvolle Durchmesser – fast schon standardisiert 5 bis 6 Lachter, also rund 10 bis 12 Meter !

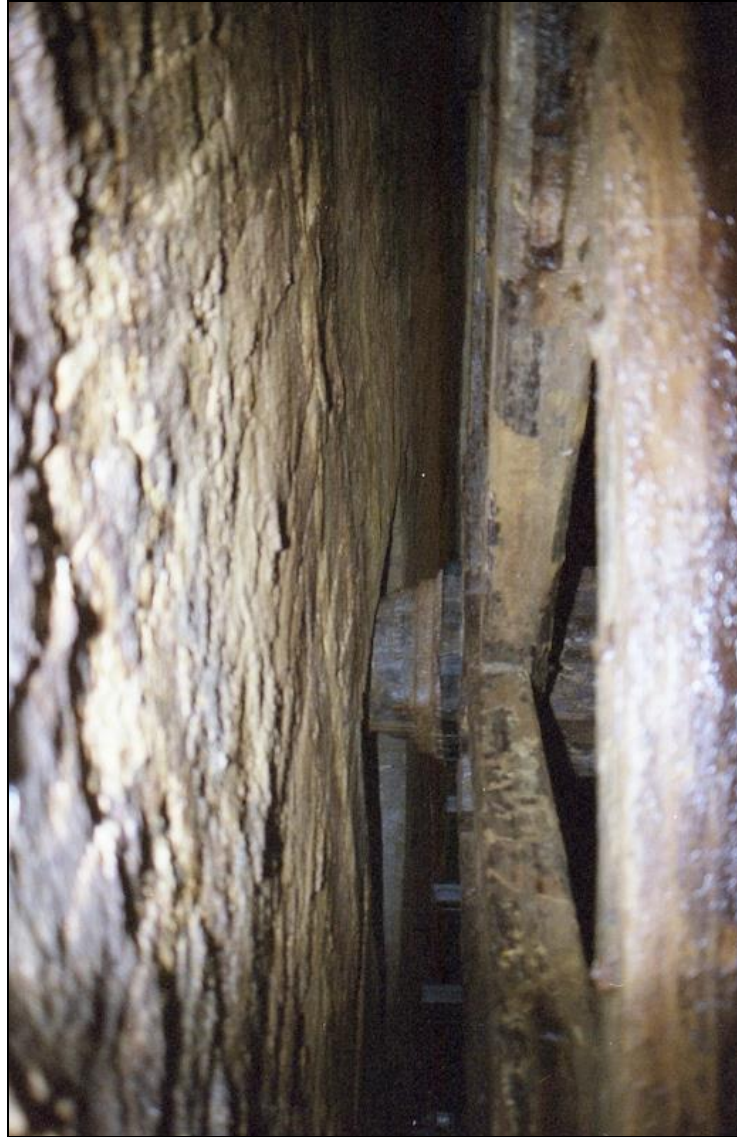
Umgekehrt war es dagegen bei Schiffsmühlen, die direkt auf dem Fließgewässer verankert wurden, große Wassermengen nutzen konnten, jedoch kaum einen Höhenunterschied, sondern nur den Anpralldruck: Deren Schaufeln waren oft mehrere Meter breit, das Rad besaß jedoch nur einen Durchmesser von zwei bis drei Metern. Die nachfolgende Skizze illustriert diesen Unterschied.

Aufgrund der großen Durchmesser und des kleinen Wasserdurchsatzes war auch die „Reaktionszeit“ der Wasserräder relativ hoch. Sie liefen also vergleichsweise langsam an und lieferten nur eine niedrige Drehzahl – maximal 10 Umdrehungen pro Minute. Das war einerseits von Vorteil, da man mit solchen Rädern die Kunstgestänge ohne weitere Reibungsverluste in Vorgelegen direkt von einer auf der Welle sitzenden Kurbel – dem „**Krummzapfen**“ – antreiben konnte. Für den Antrieb der Förderanlagen war es dagegen nachteilig, wenn die Seilkörbe nur langsam liefen und die Fördergeschwindigkeit entsprechend niedrig blieb.

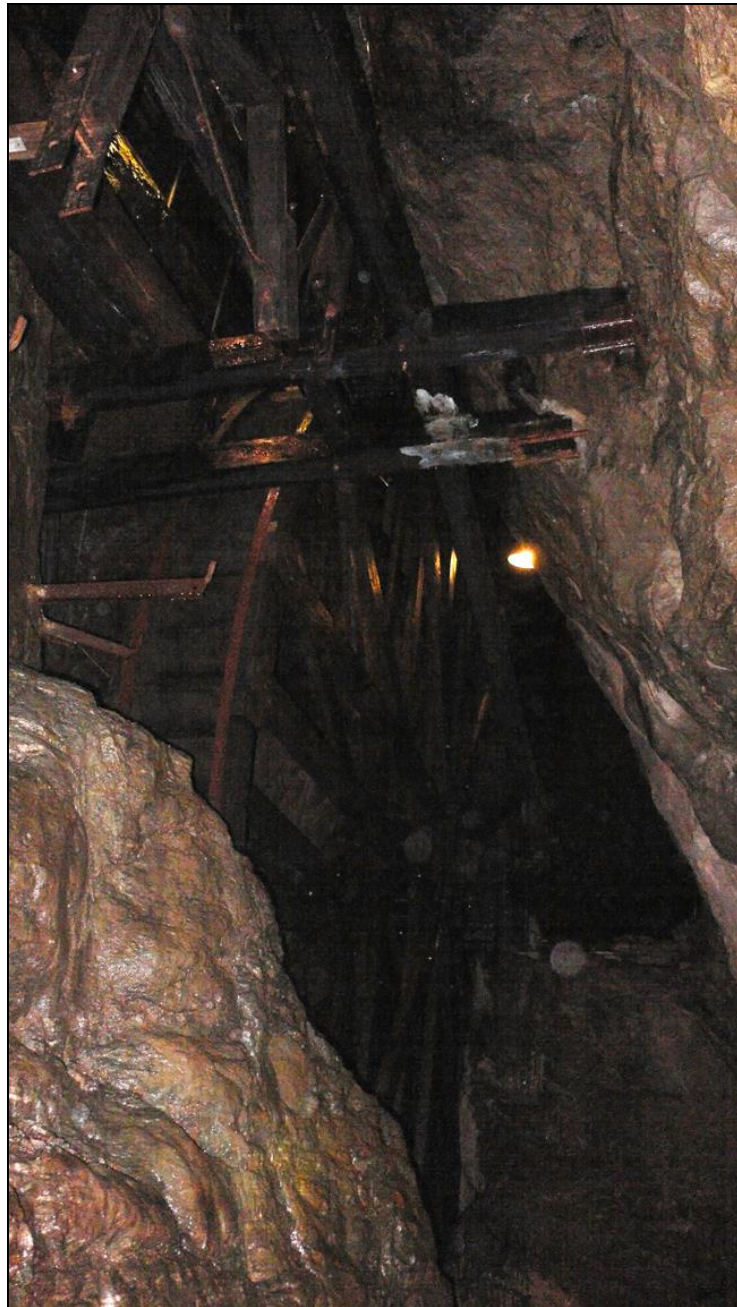


Schematische Darstellung der Größenverhältnisse von leistungsgleichen Wasserrädern:  
links: bergbautypisches Wasserrad und rechts: Wasserrad für großen Durchsatz bei  
geringer Höhendifferenz.





Eines der wenigen, für Besucher zugänglichen und im Originalzustand erhaltenen, untertägig eingebauten Wasserräder ist das "Geisterrad" der Thurmhofer Wäsche in Freiberg. Wie immer ist es dem Fotografen nur schwer möglich, die tatsächlichen Dimensionen dieser Anlagen im beengten Raum auszuleuchten und auf Zelluloid zu bannen.



Dieses Rad wurde nach der Originalvorlage in den 1990er Jahren im Markus Röhling Stolln in Frohnau wieder aufgebaut. Zwischen der Radwelle in der Bildmitte und den Kunstwinkeln am oberen linken Bildrand ist das Streckengestänge erkennbar. An den Kunstwinkeln ist heute jedoch kein Pumpengestänge mehr eingehängt. (Foto: J. Weidauer, 2011)



Dieses eiserne Wasserrad gehört zur Grube Churprinz Friedrich August zu Großschirma und ist heute nicht mehr zugänglich.



Der Himmelfahrter Wasserlauf trieb am David Schacht zu Freiberg dieses Kunstrad an.  
Im Foto gut zu erkennen ist der mächtige Krummzapfen auf der Radwelle.



Anhand der doppelten Beschaufelung ist dieses Wasserrad am Abraham Schacht zu Freiberg als Kehrrad  
für den Antrieb einer Förderanlage zu erkennen.



In der Roten Grube zu Freiberg sind die Seilkörbe einer solchen Anlage noch erhalten geblieben.



Diese Anlage ist technisch nämlich besonders anspruchsvoll, waren doch hier gleich zwei Räder (ein Kehr-  
rad und ein Kunstrad) untertage eingebaut. Im Bild die eisernen Kunstwinkel zum Antrieb der Pumpenge-  
stänge.



Wer sich anhand der Untertagebilder noch nicht vorstellen kann, wie diese Anlagen funktionierten, dem sei ein Besuch der Modellsammlung der Bergakademie, die seit einiger Zeit auf der Reichen Zeche ausgestellt ist, empfohlen. Hier bekommt man wenigstens fast die komplette Technik auf ein Foto.



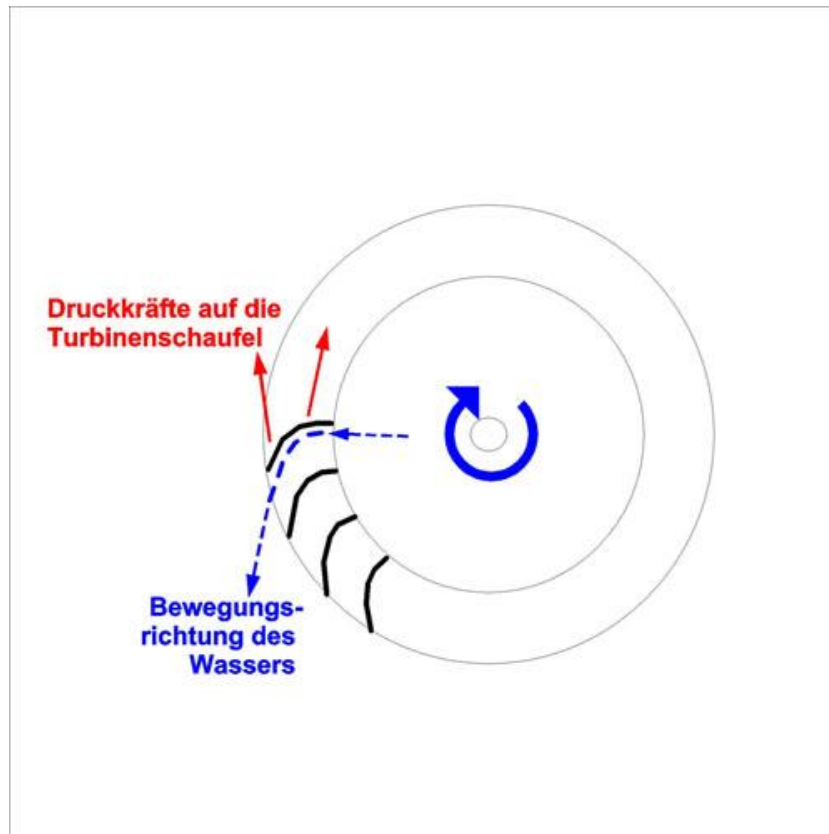
Die meisten der Modelle sind vollkommen funktionsfähig, wurden zum Teil durch die Studenten selbst angefertigt und dienten der Ausbildung der späteren Ingenieure, so wie dieses doppelte Kunstkreuz am Ende eines fast drei Meter langen Modells eines Feldgestänges.

## 2.3 Turbinen

In der Tabelle oben haben wir bereits gezeigt, daß es sehr viele verschiedene Typen von Turbinen gibt. Man unterscheidet dabei zwei Haupttypen: „Freistrahlturbinen“ und „Durchströmturbinen“.

Beide Typen wurden parallel in der Mitte des 19. Jahrhunderts zur Einsatzreife entwickelt. Gemeinsames Kennzeichen ist die oft sehr kompliziert gekrümmte Beschaufelung. Sie bewirkt, daß sich die Bewegungsrichtung des Wassers beim Durchlaufen der Turbine ändert und dabei ein Druck auf die Turbinenschaufeln erzeugt wird, wie die folgende Skizze illustriert.





Grundprinzip jeder Turbine.

Die **Freistrahlturbinen** zeichnen sich durch drucklosen („freien“) Ablauf des Aufschlagwassers nach getaner Arbeit aus. Sie erinnern mit ihrer meist horizontal liegenden Welle sehr stark an ein Wasserrad. Sie werden heute bevorzugt dort eingesetzt, wo eine vergleichsweise geringe Wassermenge, jedoch große Fallhöhe und damit eine hohe Druckdifferenz zur Verfügung steht.

Freistrahlturbinen werden gewöhnlich „partiell“ beaufschlagt, d. h. daß nur einzelne Schaufeln gleichzeitig vom Wasser angeströmt werden. Die erste Freistrahlturbine im sächsischen Bergbau war die 1849 am 5. Lichtloch bei Krummhennersdorf auf dem Rothschönberger Stolln eingebaute SCHWAMKRUG-Turbine.

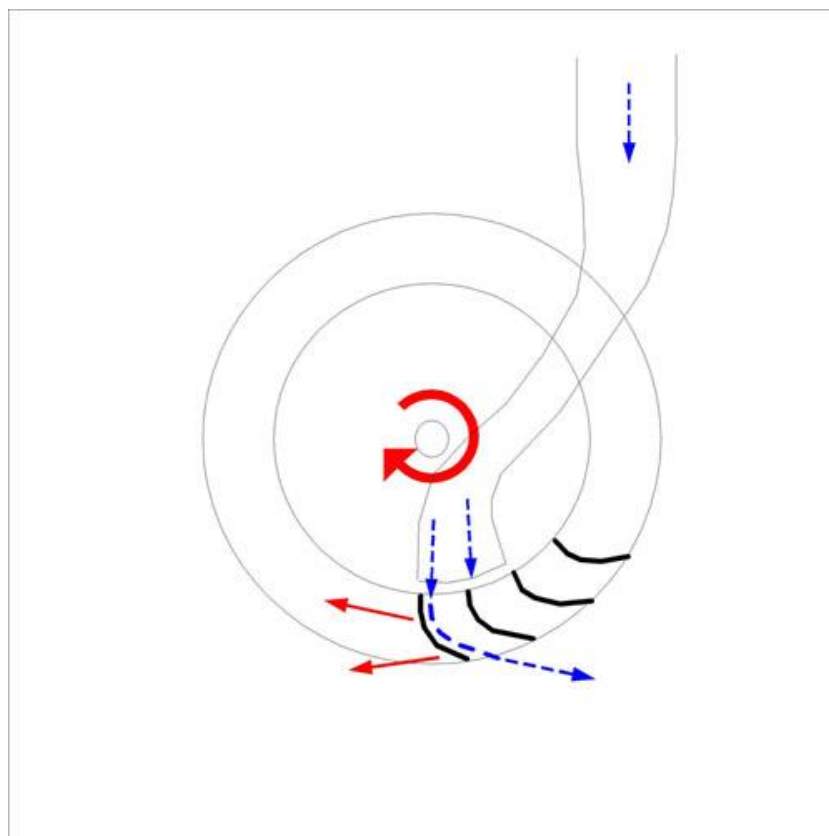
**Durchströmturbinen** werden dagegen ständig allseitig von Wasser umflossen und es verbleibt ein „Rest“ – ein Gegendruck – im Auslauf der Turbine. Sie können sowohl horizontal liegende, als auch vertikal stehende Rotationsachsen besitzen und werden vorrangig bei großen Wassermengen und vergleichsweise geringer Fallhöhe eingesetzt.

Durchströmturbinen werden nie partiell beaufschlagt, sondern immer vollständig vom Aufschlagwasser umlaufen. Die erste Durchströmturbine im sächsischen Bergbau war die 1843 im Clementine-Kunstschaft von Alte Hoffnung Erbstolln bei Schönborn-Dreiwerden eingebaute FURNEYRON-Turbine.

Man kann die Bautypen dahingehend weiter klassifizieren, wie (von wo und in welcher Richtung) das Wasser in die Turbine ein- und wieder ausströmt. Dazu erinnere man sich an unsere erste Skizze ganz oben.

Freistrahlturbinen		Durchströmturbinen	
<b>SCHWAMKRUG-Turbine</b>	- Beaufschlagung radial von innen und partiell - Ablauf tangential	<b>FURNEYRON-Turbine</b>	- Beaufschlagung axial von innen - Ablauf radial
<b>PELTON-Turbine</b>	- Beaufschlagung tangential von außen und partiell - Ablauf radial	<b>FRANCIS-Turbine</b>	- Beaufschlagung tangential von außen - Ablauf axial
<b>OßBERGER-Turbine</b>	- Beaufschlagung tangential von außen und wahlweise partiell - Ablauf radial und nochmals durch die Beschau felung	<b>KAPLAN-Turbine</b>	- Beaufschlagung axial - Ablauf axial

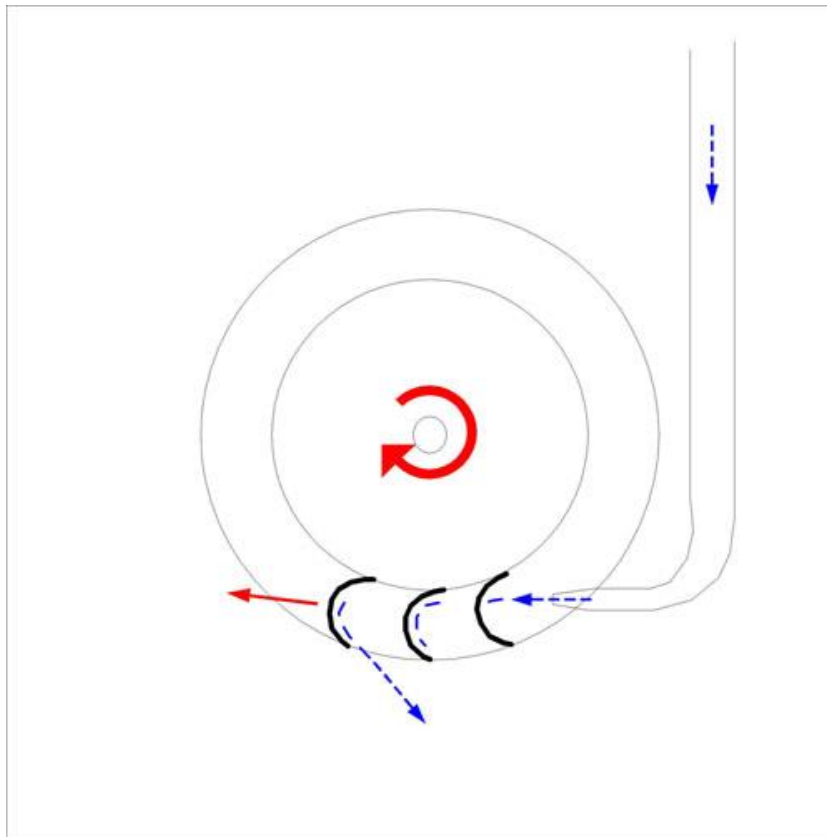
Die erste Freistrahlturbine im sächsischen Bergbau konstruierte Maschinendirektor **F. W. Schwamkrug** für den Antrieb des Kunstgezeuges am 5. Lichtloch des Rothschnöberger Stollens. Sie besaß eine liegende Welle und arbeitete mit einer Drehzahl von 40 bis 90 U./Minute. Ein Vorgelege aus Ritzel und Stirnrad reduzierte die Drehzahl zirka auf ein Zehntel. Die Welle des Stirnrades trieb über einen Krummzapfen direkt das Kunstgezeug an. Die folgende Skizze zeigt das Funktionsprinzip.



Beispiel SCHWAMKRUG-Turbine: Die Wasseraufgabe erfolgt partiell über eine Leiteinrichtung von innen auf das Laufrad, die Strömungsrichtung wird von radial auf tangential umgelenkt.

Die moderne Variante einer Freistrahlturbine ist die **PELTON**-Turbine. Sie findet unter anderem in österreichischen und norwegischen Wasserkraftwerken bis heute breiten Einsatz. In den Gebirgen stehen vergleichsweise kleine Wassermengen, aber sehr große Fallhöhen mit entsprechend großem hydrostatischen Druck zur Verfügung. Im Gegensatz zur **SCHWAMKRUG**-Turbine wird die **PELTON**-Turbine aber tangential von außen beaufschlagt. Ihre Drehzahl ist erheblich höher (bis zu 3.000 U./Minute), so daß mit **PELTON**-Turbinen Generatoren für 50-Hertz-Wechselstrom direkt angetrieben werden können.

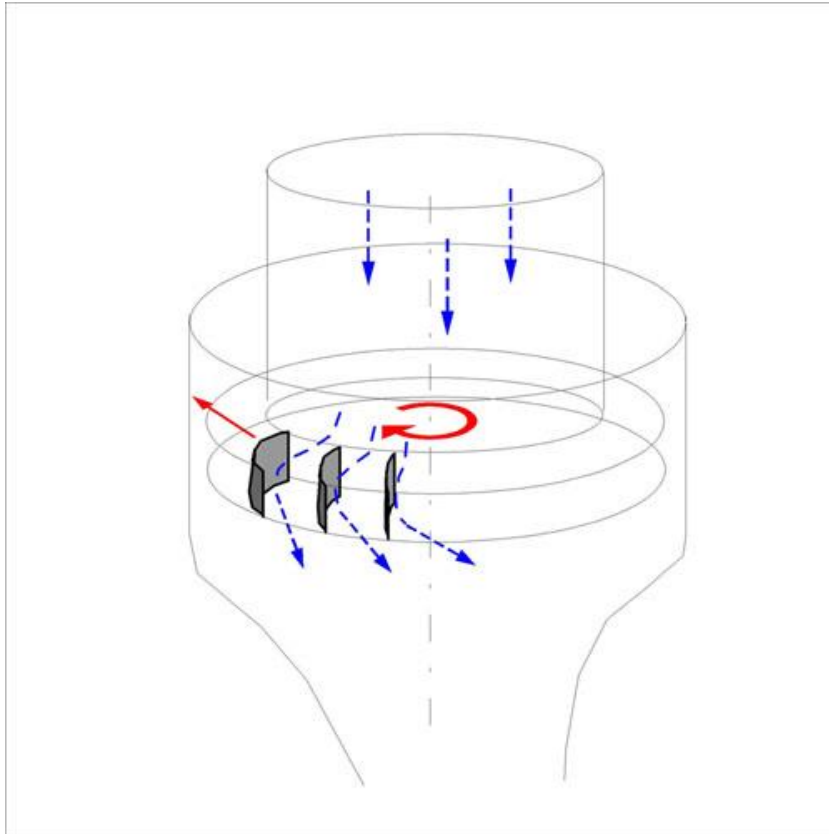
Eine derartige Anlage realisierte Oberbergat **O. R. Lange** 1914 im ersten Kavernenkraftwerk der Welt zwischen Constantin und Drei Brüder-Schacht in Zug bei Freiberg. Dort wurden in 124 m Tiefe im „Oberwerk“ zwei **PELTON**-Turbinen und im „Unterwerk“ 272 m unter der Oberfläche auf dem Niveau des Roths Schönberger Stollens weitere vier **PELTON**-Turbinen eingebaut. Sie trieben direkt Generatoren mit jeweils zirka 600 kW elektrischer Leistung an. Dieses untertage in einer Kaverne errichtete Kraftwerk ging 1914 in Betrieb und arbeitete bis 1969.



Beispiel **PELTON**-Turbine: Die Wasseraufgabe erfolgt partiell über eine Leiteinrichtung von außen auf das Laufrad, die Strömungsrichtung wird von tangential auf radial umgelenkt.

Die **OSSBERGER**-Turbine stellt einen besonderen Typ der Freistrahlturbinen dar, da das Aufschlagwasser von außen nach innen aufgegeben wird und beim Abfließen noch ein zweites Mal die Beschaukelung durchläuft, nun aber von innen nach außen. Besonderheit sind auch die Laufräder mit relativ kleinem Durchmesser, aber großer Breite. Über eine verstellbare Leiteinrichtung wird die jeweils bereitstehende Wassermenge optimal genutzt und auf einen Teil der Gesamtbreite aufgegeben. Der Rest des Rades läuft „leer“ mit. Sie ist daher optimal für kleintechnische Anwendungen und schwankende Wassermengen geeignet.

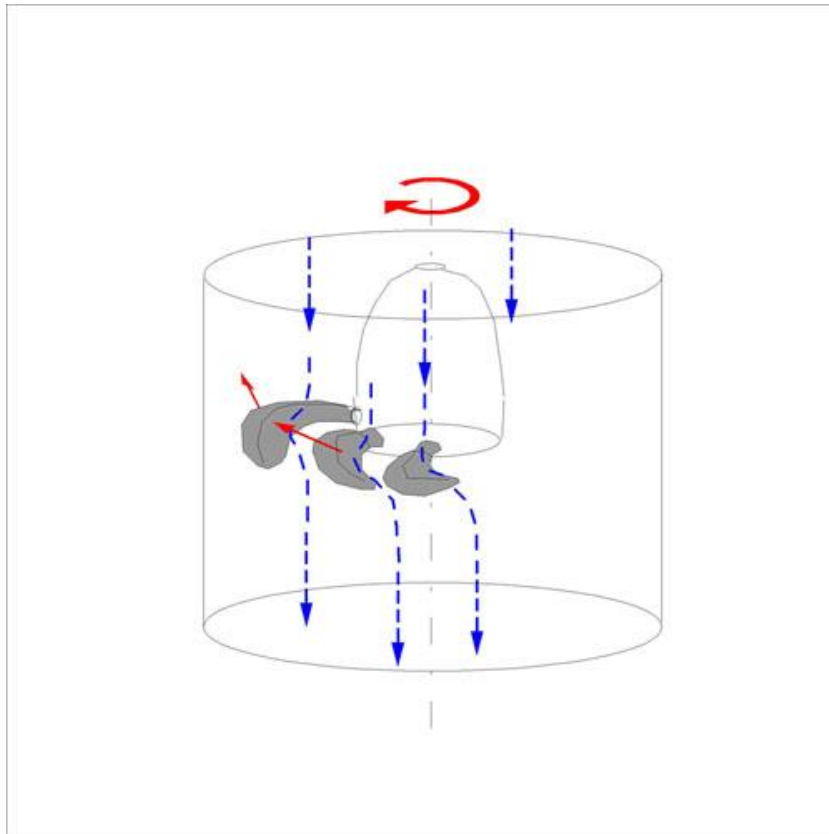
Die erste Durchströmungsturbine im sächsischen Bergbau wurde 1843 im Clementine-Kunstschaft der Grube Alte Hoffnung Erbstolln zu Schönborn-Dreiwerden eingebaut, welche zwar einen großen Teil des Zschopau-Wassers, jedoch nur 4 m Höhenunterschied nutzen konnte. Das Rad mußte deshalb liegend eingebaut werden, so daß die Wahl der Ingenieure auf eine **FURNEYRON**-Turbine fiel. Auf der stehenden Welle saß ein Kegelradgetriebe zur Untersetzung, welches über Exzentrerscheiben die Kunstgezeuge antrieb. Die Anlage wurde wenig später um eine zweite, gleichartige Turbine erweitert, die ein weiteres Kunstgezeug antrieb.



Beispiel FURNEYRON-Turbine: Die Wasseraufgabe erfolgt axial auf das Laufrad, die Strömungsrichtung wird von axial auf tangential umgelenkt.

Besonders in großen Wasserkraftwerken wird heute die **KAPLAN**-Turbine eingesetzt, die man sich am ehesten wie eine Schiffsschraube vorstellen kann. Sie wird sowohl mit liegender, als auch mit stehender Welle und in allen Dimensionen gebaut. Genau wie die **PELTON**-Turbine erreicht sie trotz ihrer hohen Masse Drehzahlen bis 3.000 U./min und kann somit Wechselstromgeneratoren direkt antreiben.

Eine Zwischenform ist die **FRANCIS**-Turbine mit tangentialer Beaufschlagung von außen und axialem Ablauf. Eine der **PELTON**-Turbinen des Kavernenkraftwerkes am Drei Brüder-Schaft wurde 1941 durch eine **FRANCIS**-Turbine mit mehr als 1.800 kW Leistung ersetzt. Das Kavernenkraftwerk in Zug erreichte damit eine Gesamtleistung von rund 6 Megawatt.



Beispiel KAPLAN-Turbine: Die Wasseraufgabe erfolgt axial auf das Laufrad, die Strömungsrichtung wird in einem komplizierten Bogen in tangentialer Richtung um die Schaufelblätter herum umgelenkt und das Wasser läuft anschließend wieder axial ab.



Bildbeispiel einer noch existierenden SCHWAMKRUG- Turbine am Thurmhof Schacht zu Freiberg. Am rechten Bildrand hinter der Welle des Laufrades ist die Leiteinrichtung zu erkennen, die das Aufschlagwasser auf die Beschaukelung lenkte. Hinter dem Laufrad am linken Bildrand sieht man noch die Reste der hölzernen Einhausung der Turbine.



Im Vergleich mit den Personen rechts oben wird deutlich, daß ein solches Laufwerk erheblich weniger Platz beanspruchte, als ein leistungsgleiches Wasserrad. Links oben im Foto sieht man die Stirnräder des Untersetzungsgetriebes.



Das Untersetzungsgetriebe war erforderlich, um die Drehzahl der Turbine auf das Spiel der Kunstgestänge zu reduzieren.



Diese Reste einer kleinen FURNEYRON- Turbine sind unweit des Zylindergebläses im historischen Gelände der Muldenhütten zu finden. Ganz links der Teller des Laufrades, in der Mitte das Turbinengehäuse und rechts das Kegelrad des Untersetzungsgetriebes, das einst auf der (stehenden) Turbinenwelle saß.



Der Blick in das Gehäuse zeigt die starr montierten Leitschaufeln.





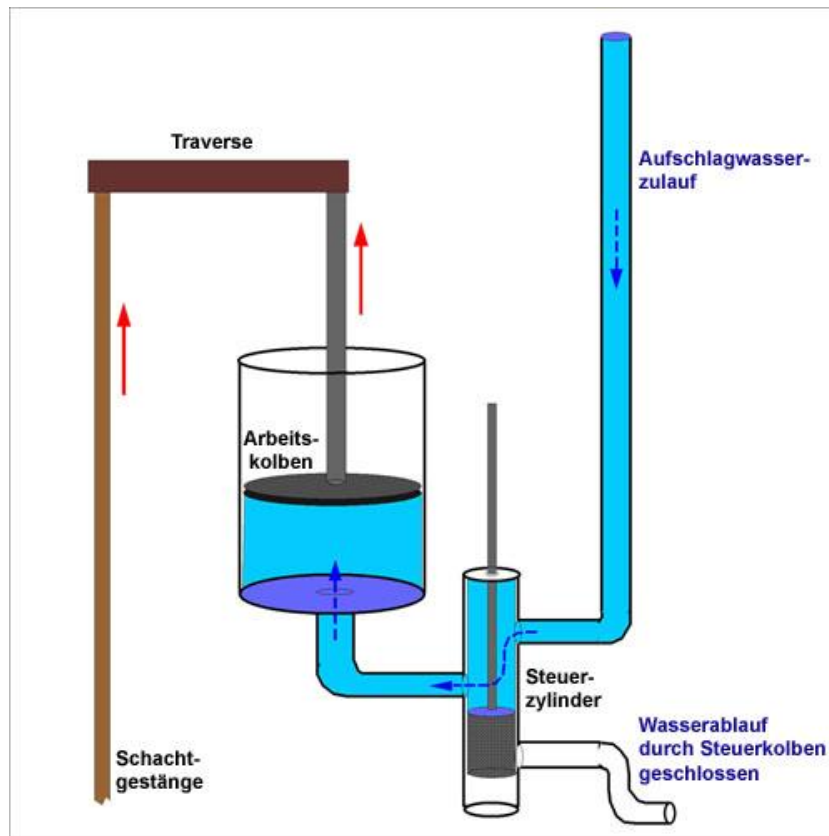
Die Beschaukelung des Laufrades ist dagegen trotz des kleinen Schutzdaches schon fast komplett weggerostet.

## 2.4 Die Wassersäulenmaschine

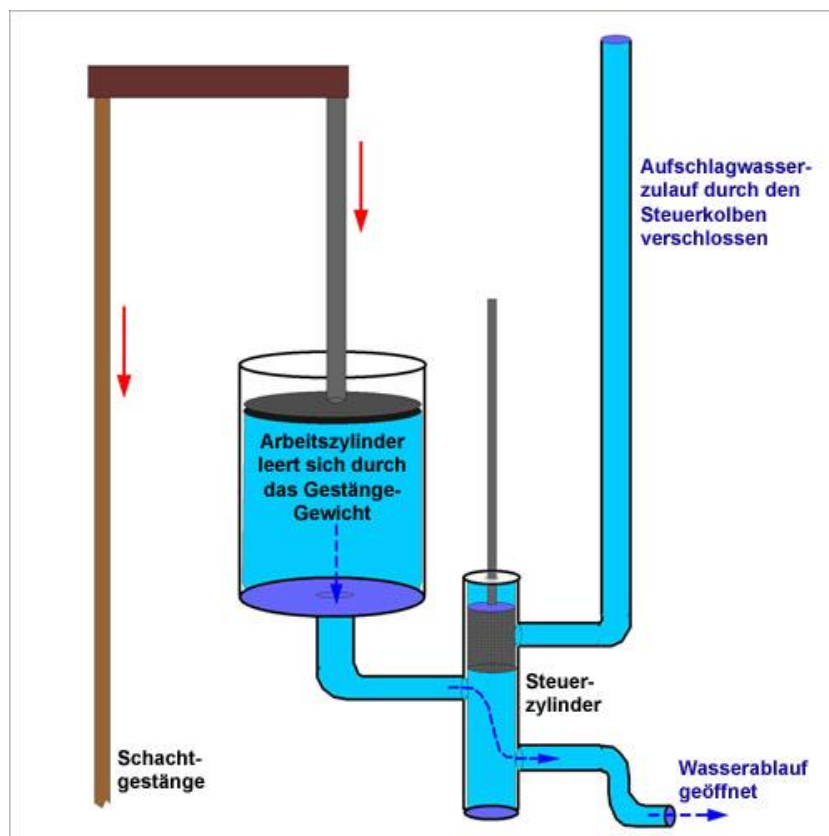
Diese Antriebsmaschine ist eine Erfindung aus dem sächsischen Bergbau und wurde speziell für den Antrieb der langsam laufenden **Kunstgezeuge**, Wasserhebungsanlagen, die nach dem Prinzip des Ehrenfriedersdorfer Kunstgezeuges konstruiert waren, entwickelt. Da sich die Pumpengestänge nämlich nur auf und ab bewegen, ist eine drehende Antriebsmaschine dafür eigentlich gar nicht erforderlich. Im engeren Sinne ist dieser „Motor“ aber weder Schwerkrafttrad noch Strömungsturbine, sondern eine hydraulische Kolbenmaschine.

Eine verfügbare Höhendifferenz von z.B. 20 m konnte nun entweder durch zwei Wasserräder mit je knapp 10 m Durchmesser, oder durch eine einzige Wassersäulenmaschine genutzt werden. Der Größenunterschied der dafür zu schaffenden Radstuben gegenüber einem „Kämmerchen“ für die Wassersäulenmaschine war natürlich enorm. Der Bau der Maschine setzte jedoch entsprechend druckfeste, eiserne Rohre und Kolben voraus, denn pro 10 m Höhe steigt der Wasserdruck auf die Rohrwandung bekanntlich um eine Atmosphäre an.

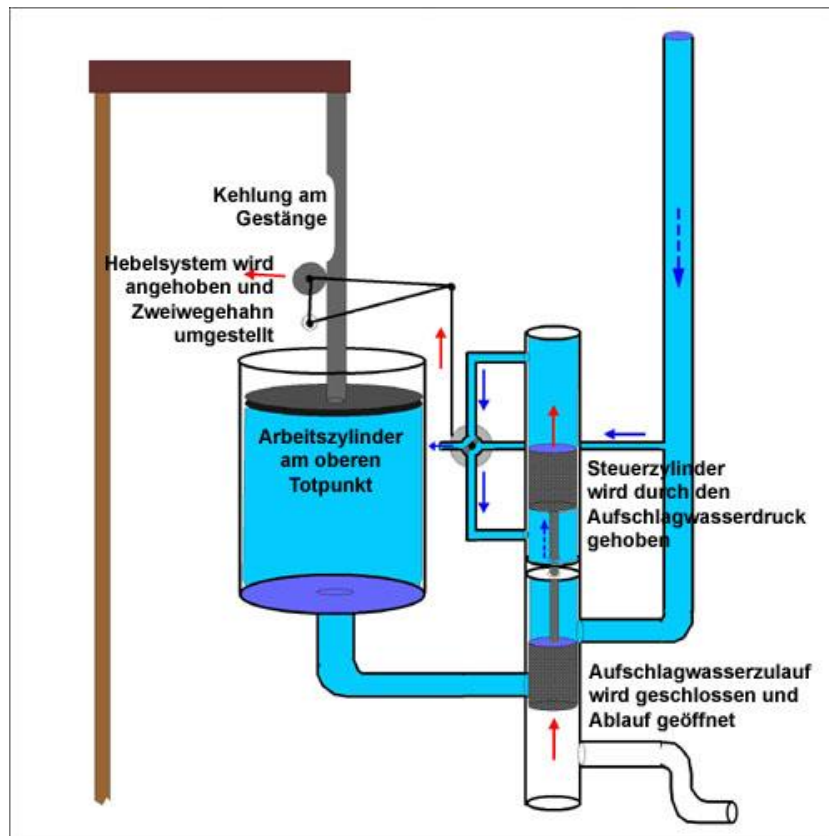
Die erste Wassersäulenmaschine wurde 1767 von Kunstmeister **J. F. Mende** in der Grube Siegfried bei Freiberg errichtet. Ihre Funktionsweise ist relativ simpel und in etwa umgekehrt, wie bei einer Kolben-Druckpumpe. Mittels eines Steuerkolbens wurde abwechselnd entweder der Aufschlagwasserzulauf oder der Wasserablauf geöffnet. Die folgenden Skizzen illustrieren das Funktionsprinzip der Wassersäulenmaschine.



Arbeitszyklen der Wassersäulenmaschine: Das Wasser strömt in der Arbeitsphase aus der Druckleitung in den Arbeitszylinder und hebt den Arbeitskolben an. Über eine starre Traverse konnte dieser ohne weitere Bauteile, wie Kurbeltriebe oder Kunstwinkel, direkt mit dem Schachtgestänge gekoppelt werden.



Ist der Steuerzylinder verschoben, schließt sich der Zulauf und weil auf dem Kolben das Gewicht der Schachtgestänge lastet, läuft das Wasser aus dem Arbeitszylinder ab und der Arbeitskolben senkt sich wieder, bis der Steuerzylinder erneut verschoben wird.



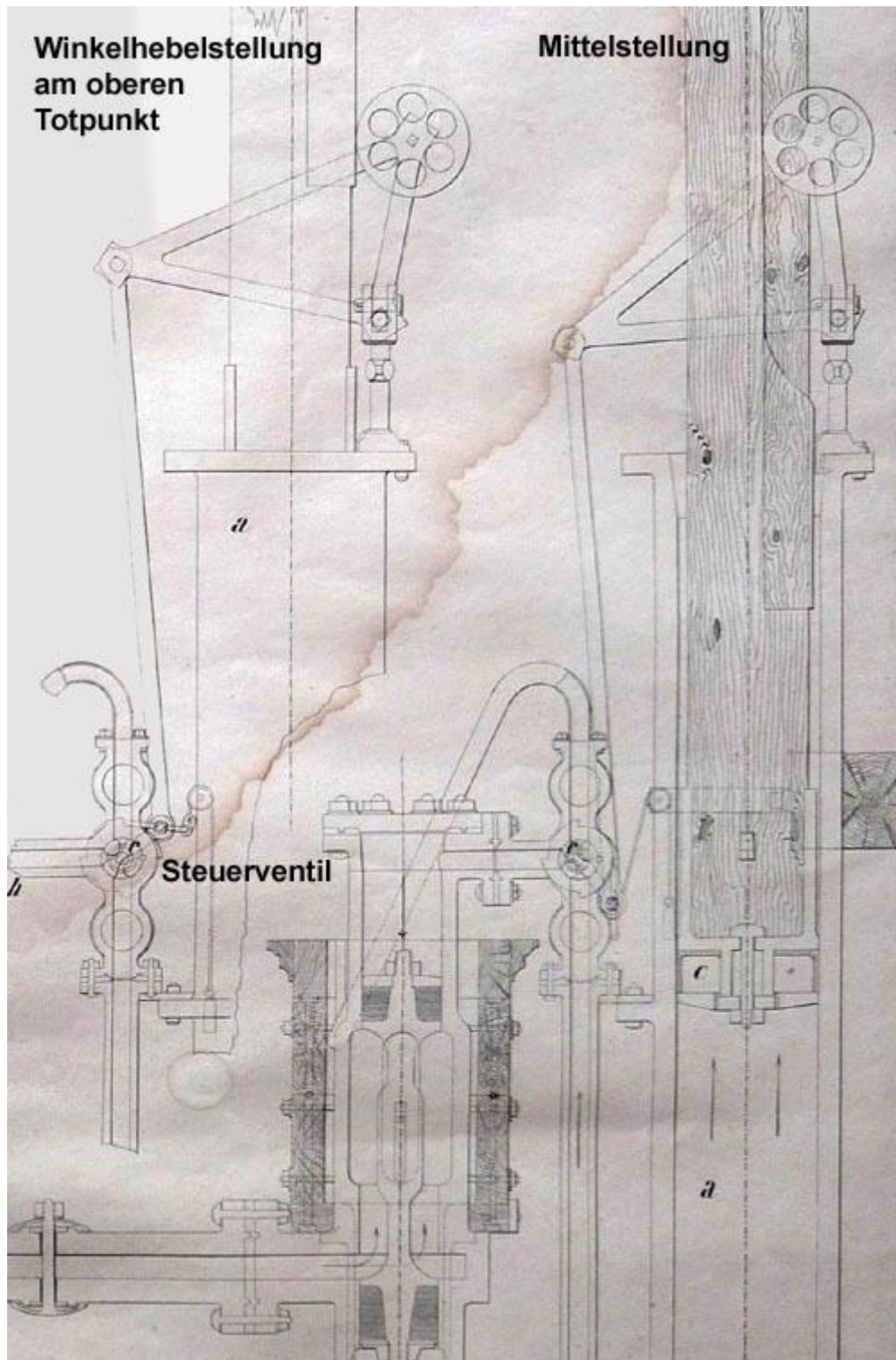
Zwischen 1820 und 1846 entwickelte Maschinendirektor C. F. Brendel die nach ihm benannte Kolbensteuerung, die seitdem in vielen Wassersäulenmaschinen das automatische Öffnen und Schließen der Steuerventile übernahm. Für das Umsteuern des Steuerzylinders wurde ein zweiter Zylinder auf den Steuerzylinder aufgesetzt und der Aufschlagwasserdruck genutzt: Jeweils am oberen und unteren Totpunkt des Systems stellt das Hebelsystem ein Zweiwegeventil um, so daß der Aufschlagwasserdruck den Steuerzylinder abwechselnd anhebt oder nach unten drückt.



Auf der Sohle des Weißtaubner Stollens unter dem Rudolphschacht in Lauta bei Marienberg steht noch ein Exemplar einer Wassersäulenmaschine am Originalstandort. Im Bild im Schacht verläuft die Druckleitung für das Aufschlagwasser. (Foto: Steve Müller)



Und hier sieht man hintereinander den Steuer- und den Arbeitszylinder auf der Stollensohle. Um die Dimension der Anlage sichtbar zu machen, "posted" ein "Model" einmal mitten im Arbeitszylinder. Der Deckel übrigens war schon ab und von der Traverse ist leider auch nichts mehr übrig...  
(Foto: Steve Müller)



Ausschnitt aus einem Anlageriss von 1888 über die Zweizylinder- Wassersäulenmaschine auf dem Kunstschacht der Alten Mordgrube bei Brand-Erbisdorf. Dargestellt sind zwei Hebelstellungen der Ventilsteuerung. (Nachdruck des Risses im Besitz von F. Ihle)

### 3. Ein Beispiel einer wasserkraftgetriebenen Aufbereitungsmaschine: Der Langstoßherd

Beim Besuch einiger erhaltener, technischer Denkmale der Aufbereitungstechnik, die überwiegend dem 19. Jahrhundert entstammen, stießen wir auf eine Frage:

#### **Wieso funktioniert eigentlich ein Stoßherd?**

Die Mechanik des Antriebs hat man schnell durchschaut und daß das „Stoßen“ eigentlich nur die Handbewegung beim Waschen im Sichertrog nachahmt, wird schnell klar. Aber physikalisch ist es nicht so ganz trivial, wie die Trennung der Mineralgemische auf dem Stoßherd eigentlich funktioniert. Aus der Recherche zum Thema erwuchs nachstehende, nur wenig ergänzte und trotzdem schnell ausgeuferte Quellensammlung...



Ein typisches Gangstück aus dem südlichen Freiburger Revier - es zeigt die lagige Abscheidung verschiedener Minerale. Nur die Erzminerale können verhüttet werden.

Das aus den Erzbergwerken kommende Roherz enthält zahlreiche Begleitminerale und mußte deshalb vor dem Schmelzen aufbereitet – soll heißen sortiert und aufkonzentriert – werden. Erst das Konzentrat mit einem höheren Anteil des Erzminerals konnte verhüttet werden. Viele Erze haben nun aber einen so geringen Metallgehalt oder weisen eine disperse Verteilung des Nutzminerals im Gestein auf (vor allem die Zinnerze aus den Greisenstöcken), daß man sie zuerst zerkleinern mußte, um sie überhaupt weiter aufbereiten zu können. Solche geringhaltigen Erze bezeichnete man als **Pochgänge**.

### 3.1. Literaturquellen zur Aufbereitung und zur Geschichte der Herdarbeit

Wie man sich den Prozeß der Aufbereitung im 19. Jahrhundert vorstellen muß, kann man sich sehr umfänglich von Meyer's Konversationslexikon erklären lassen:

*„**Aufbereitung**, die Trennung der Erze und anderer wertvoller Mineralien von dem begleitenden tauben und die weitere Benutzung hindernden Gestein durch mechanische Operationen.*

*Die erste rohe Scheidung erfolgt schon durch den Bergmann, welcher die tauben Massen (**Berge**) in der Grube zurückbehält und die **Stuferze** oder reichhaltigen Erze, welche direkt verwertet werden können, von den ärmern, die noch weiterer Aufbereitung bedürfen, trennt. Die erforderliche Zerkleinerung der größern Stücke erfolgt dabei mit dem Fäustel, wird jedoch nicht weit getrieben.*

*Mit denselben Mitteln, lediglich durch Handscheidung, wird nun über Tage eine weiter gehende Sortierung (trockne Aufbereitung, Scheidearbeit) erreicht, worauf alles minderwertige Material der nassen Aufbereitung unterworfen wird. Diese bedient sich zur Läuterung und zur Sortierung der Vorräte nach der Korngröße verschiedener Siebvorrichtungen, der Rätter und in neuerer Zeit mehr der Separationstrommeln, welche das Erz unter starkem Zufluß von Wasser passiert. Auch das Grubenklein wird in solcher Weise geläutert und der Anteil, welcher nicht durch die Siebe fällt, abermaliger Handscheidung (Klaubarbeit) übergeben.*

*Das Material, welches wegen zu geringer Korngröße für die Handscheidung sich nicht eignet, aber zu reich ist, um es den weiter unten zu beschreibenden Operationen zu unterwerfen, verfällt dem Siebsetzen und muß zu diesem Zweck, sofern es passende Korngröße nicht bereits besitzt, zunächst zerkleinert werden. Das **Siebsetzen** trennt Körner gleicher Größe nach dem spezifischen Gewicht, welches bei Erzpartikeln größer ist als bei dem tauben Gestein. Es wird dies dadurch erreicht, daß eine Partie der Graupen auf ein Sieb gebracht, unter Wasser getaucht und wiederholt rasch ausgeführten senkrechten Stößen ausgesetzt wird. Indem die Graupen hierbei oftmals hintereinander frei im Wasser herabfallen, ordnen sie sich nach ihrer Schwere, und es bilden sich auf dem Sieb deutlich getrennte horizontale Schichten, von denen die untern reichere Erzkörner, die obern taubes Gestein enthalten.*

*Die Bewegung des Siebes erfolgte früher stets durch Handarbeit, gegenwärtig benutzt man Setzmaschinen, die aber auch mit festliegendem Sieb konstruiert werden, in welchem Fall derselbe Effekt erreicht wird, wenn man dem Wasser durch die Bewegung eines Kolbens wiederholt eine auf- und abwärts gerichtete Strömung erteilt, so daß es die Graupen beim Eintritt in das Sieb hebt und beim Zurücktreten wieder sinken läßt. Diese Maschinen werden auch für kontinuierlichen Betrieb eingerichtet, bei welchem das rohe Material beständig zu-, das separierte Material in demselben Maß abgeführt wird. Diese kontinuierlichen Maschinen erfordern einen ununterbrochenen Wasserstrom, man hat aber auch Apparate, welche das abfließende Wasser immer wieder unter das Sieb zurückpumpen (Setzpumpen und Setzherde), und benutzt außerdem Setzräder, bei denen das Material nicht in ein Sieb, sondern direkt in das strömende Wasser geworfen wird. Letzteres führt die leichtern Körner schneller und weiter mit sich fort, während die schweren Erzkörner früher zu Boden sinken.*

*Alle Produkte der Sieb- und Setzarbeit, welche durch diese nicht weiter verarbeitet werden können, sowie die Erze, welche sich für das Siebsetzen nicht eignen, unterliegen einer weitem Aufbereitung, für welche diejenigen von nicht hinreichend feinem Korn auf Naßpochwerken zerkleinert werden müssen.“*

Je nach erzielter Korngröße nannte man den Pochvorgang **Grobpochen**, **Röschpochen** oder **Feinpochen**. Beim Grobpochen erzielt man Korngrößen zwischen vier bis acht Millimetern, beim Röschpochen lagen die Korngrößen bei zwei Millimetern und beim Feinpochen bei einem Millimeter. Das so entstandene zerkleinerte Erz bezeichnete man als **Pochmehl** oder Pochzeug. Wenn das Pochmehl scharfkantig war, nannte man es das „**rösche Zeug**“, war es nur leicht rau, nannte man es „**mildes Zeug**“.

Achtete der Pocharbeiter nicht genau auf den Pochvorgang und wurden Erze zu geringer Härte (z. B. Blei- und Silber-Minerale) zu lange gepocht, dann werden die Erzteilchen dabei zu feinen Plättchen zerdrückt. Diese Plättchen waren bei der weiteren Aufbereitung unbrauchbar, da sie zu leicht sind und aufgrund der Oberflächenspannung (Benetzbarkeit) auf dem Wasser aufschwimmen und dadurch weggespült werden. Bei solchen Teilchen sagte man „das Erz sei **tot gepocht** worden“.

Die ersten Trockenpochwerke sollen bereits im Jahr 1492 in Scharl in der Südostschweiz eingesetzt worden sein. Im Bergbau von Schwaz in Tirol sollen um das Jahr 1512 auch erste Nasspochwerke zum Einsatz gekommen sein.

Zur Verbreitung dieser Technologie im sächsischen Erzgebirge trug ganz wesentlich die Familie von Maltitz bei. Die von Maltitz waren schon im 14. Jahrhundert in der Mark Meißen reich begütert. Weiteren Besitz erlangten sie frühzeitig in Böhmen, Schlesien, der Mark Brandenburg; der Ober- und Niederlausitz und in Ostpreußen. Die Familie von Maltitz war im Bergbau sehr aktiv. **Sigismund von Maltitz** aus der Linie zu Dippoldiswalde, Rat und Hofmarschall **Herzog Georgs des Bärtigen**, seit 1503 Herr auf Reichstädt (fünf Kilometer südwestlich von Dippoldiswalde) hielt zahlreiche Kuxe am Dippoldiswalder und Glashütter Bergbau, seit 1514 u. a. auch des Gegentrums nächste und andere Maße des Fortunastollns in Deutschneudorf. 1512 führte Sigismund von Maltitz in Dippoldiswalde erstmals im sächsischen Raum Naßpochwerke ein. Sigismunds Sohn **Heinrich von Maltitz** am Hüttenberg, Grundherr zu Kaufungen, läßt 1519 ein erstes Naßpochwerk auch für den Wolkenburger Bergbau (bei Limbach-Oberfrohna) errichten.

Noch eine historische Quelle zum Adelsgeschlecht derer **von Maltitz**:

*„Maltitze. Ein fürnemes, altes, adeliches vnd Meyßnisches Geschlechte, von sondern Thaten und Tugenden, und allbereit Anno 968. im Thurnier zu Merßburg Herr Albrecht von Maltitz berühmt, inmassen denn diese Familia, jederzeit von den Fürsten von Sachsen, ihres hohen Verstandes, und Erfahrung wegen, hoch respectiret, und zu fürnemen Ehren Emptern gezogen, auch unter den Herrenstand gewidmet worden.*

*Wie denn Herr Friederich von Maltitz Ritter uff Liechtenstein, Churfürst Friederichs des Ersten, vornemer Raht, und in dessen sondern Gnaden gewesen.*

*Auch Landgraff Heinrich in Thüringen zum dritten Gemahl Elisabeth Maltitzin, aus solchem Hause ehelichen gehabt, und mit derselben Herman und Friederich Anno 1267 erzeuget.*

*So wol Herr Sigemund von Maltitz, aus dem Hause Dippoldiswalde vnd Hoyrswerda, Hertzog Georgen von Sachsen Raht vnd Hoffmarschalch, Als auch Herr Hans von Maltitz Ritter daselbsten, in sondern Gnaden, und Herr Johann von Maltitz, dessen Sohn der vier vnd viertzigste Bischoff zu Meyssen, so das Stifft mit Gebäuden hoch gezieret, und ein guter Hauswirt gewesen.*

*Und ist allhier billich dieses anzuziehen, daß sonsten in wenigen Adelsgeschlechtern so viel Ritterstandes Personen, als in diesem gefunden werden, daraus denn ihre adeliche Tugenden zu vernemen.*

*Jetzo seynd dieser örter im Beruff, Herr Christoff Ritters, uff Elsterwerda, Churf. Sächsischen Rahts, Nepotes, und Herr Haugolden Söhne, als Sigemund daselbsten, Churf. S. Oberforstmeister der Ertzgebirge, dessen Söhne, Haubold, Sigemund, und Heinrich, und dann dessen Brüder, Haubold und Carl, uff Kotzschaw und Olßnitz &c.“*

(Theatrum Saxonicum, 1. Theil, p. 124, anno 1608)



Aber lesen wir erst mal in Meyer's Lexikon weiter: „Die aus letztern abfließende Pochtrübe, welche die feinen Erzteilchen aufgeschwemmt enthält, leitet man mittels eines lang-samen Wasserstroms durch verschiedene miteinander in Verbindung stehende Behälter, in welchen sie sich allmählich absetzen. Wären die vom Wasser fortgetragenen Teilchen von gleichartiger Masse, so würden sie sich lediglich nach ihrer Größe ordnen; wären sie aber von gleicher Größe, so würde eine Trennung nach dem spezifischen Gewicht stattfinden. Da aber beides nicht der Fall ist, so erhält man Gemenge von kleinen schweren Erzteilchen mit größern leichten Partikeln des tauben Gesteins. Zu dieser Ablagerung dient die Grabenführung (**Mehlführung**), welche aus einem langen Kanal mit mehreren Abteilungen und aus einem an diesen Kanal sich anschließenden System breiter Kasten (dem Labyrinth) besteht, in welchem die Bewegung des Wassers sich bedeutend verlang-samt, und aus dem es in die Sümpfe gelangt, in welchen auch die feinsten Erzteilchen sich ablagern.

Statt der Grabenführung benutzt man mehrfach **Spitzkästen**, viereckige, trichterförmige Kasten, deren mehrere zu einem System vereinigt sind, welches die Pochtrübe durch-strömt. Die Ablagerung erfolgt in den Kasten in der oben angegebenen Weise in den Spit-zen der Trichter, und hier befindet sich eine Öffnung, aus welcher die abgelagerten Teil-chen durch einen kräftigen Wasserstrahl fort- und weiterer Verarbeitung entgegengeführt werden. Diese weitere Verarbeitung der in den verschiedenen Abteilungen der beschrie-benen Apparate abgelagerten Massen besteht in dem Verwaschen oder Konzentrieren, einem fortgesetzten Schlämmprozess, bei welchem die mit Wasser gut aufgerührten Mas-sen (dies Aufrühren fällt bei Anwendung von Spitzkasten fort) über schiefe Flächen (Her-de) herabfließen, während gleichzeitig oder nachher ein Wasserstrom darübergeleitet wird, um die leichtern Gesteinsteile fortzuführen, so daß nur die schwerern Erzteile zu-rückbleiben. Hierbei ist auch auf vervollkommenen Apparaten ein bedeutender Erzverlust unvermeidlich, und man sucht daher die Wascharbeiten immer mehr zu beschränken, in-dem man eine unnötige Zerkleinerung der Materialien thunlichst vermeidet und den Sepa-rations- und Setzarbeiten viel größere Ausdehnung gibt als früher. Die Herde sind von sehr verschiedener Konstruktion.

Der **Stoßherd** besitzt eine bewegliche Herdfläche, welche in der Längsrichtung regelmä-ßige starke, kurze Stöße erhält. Hierdurch erhält der Wasserstrom eine intermittierende Beschleunigung, und es werden die Erz- und Gesteinsteilchen einerseits durch den Stoß des Wassers nach unten getrieben, andererseits durch den Stoß des Herdes nach oben zu-rückgeschleunigt.

Die **Sicherherde** (Sichertröge) unterscheiden sich nicht wesentlich von den Stoßherden, sie sind nur kürzer, stärker geneigt, erhalten kräftigere Stöße und mehr Wasserzufluß.

Die **Kehrherde** dienen zum Verwaschen geringhaltiger oder sehr feiner Massen, sie be-stehen aus einem schräg liegenden Balkengerüst mit glatt gehobelter Bretterbekleidung, über welche man das Wasser, welches die festen Massen aufgeschwemmt enthält, her-abfließen läßt. Dabei belegt sich der Herd mit Schlich, den man nach dem Abstellen des Zuflusses durch einen sanften Strom reinen Wassers von den tauben Mehlteilchen befreit. Da aber hierbei auch Erzteilchen mit fortgerissen werden, so leitet man das abfließende Wasser in Bassins, um die hier sich ablagernden Massen noch weiter zu verarbeiten. Die auf dem Herd abgelagerten Massen aber werden unter weiterm Zufluß von Wasser abge-kehrt und in ein andres Bassin geleitet.

Der rotierende Kehrherd oder **Drehherd** ist gewissermaßen eine aus Kehrherden zusam-mengesetzte kreisrunde Scheibe, welche sich um eine vertikale Achse dreht und entweder nach letzterer oder nach der Peripherie hin eine schwache Neigung besitzt. Die Fläche des Herdes ist durch radiale Leisten in 32 Segmente geteilt, die bei der Rotation abwech-selnd von der Trübe und von reinem Wasser gespült werden. Der Betrieb ist also ein kon-

*tinuierlicher, denn bis eins der Segmente wieder an den Ort gelangt, an welchem es mit der Trübe gespeist wird, ist die abgelagerte Masse bereits gewaschen und abgekehrt, so daß es von neuem beschickt werden kann. Immerhin erfolgt die Separation intermittierend, während auf dem kontinuierlichen Drehherd die Schlichteile niemals ganz zur Ruhe gelangen, sondern sich fortwährend, wenn auch langsamer als die unhaltigen Mehle, abwärts bewegen. Auch der Stoßherd ist für kontinuierlichen Betrieb eingerichtet worden.*

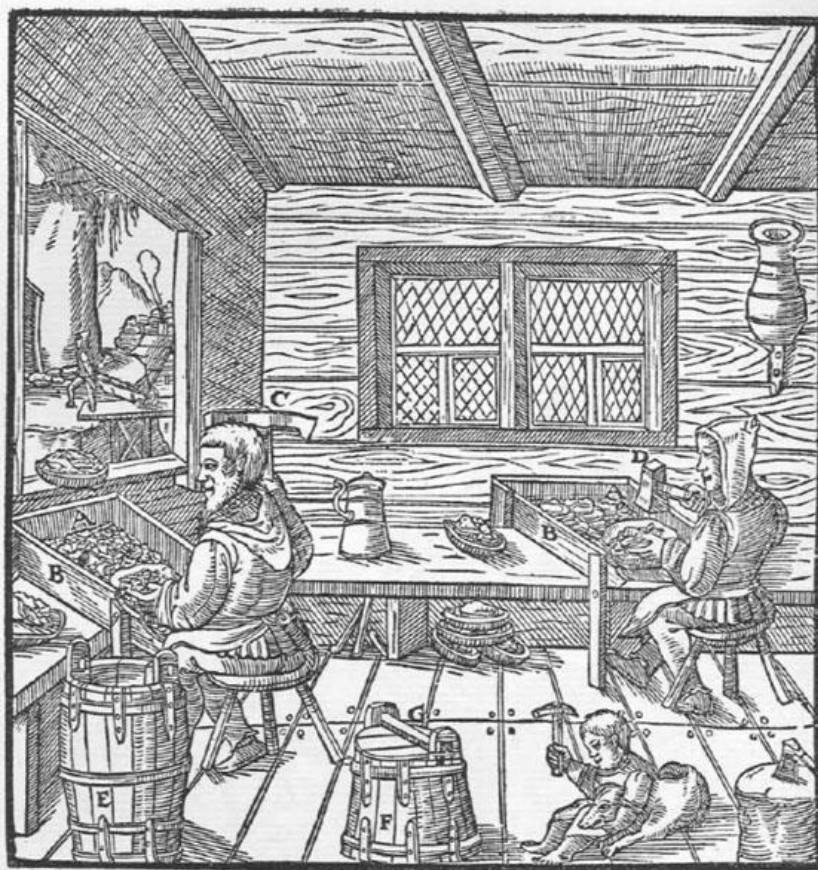
*Durch die Fortschritte, welche die neuern Aufbereitungsmethoden repräsentieren, ist es mehr und mehr gelungen, auch sehr arme Erze noch mit Gewinn schmelzwürdig zu machen. Eine neuere Art der Scheidung sucht mit Hilfe des Elektromagnetismus magnetisches und unmagnetisches Material voneinander zu trennen. Die zu diesem Zweck von Siemens u. Halske konstruierte Maschine besteht aus einem Cylinder, der aus Eisen und Messingscheiben zusammengesetzt und derartig mit einer dynamoelektrischen Maschine verbunden ist, daß die Innenflächen der Eisenscheiben abwechselnd in magnetische Nord- und Südpole verwandelt werden. Indem nun der rotierende Cylinder mit dem pulverförmigen Material in Berührung kommt, nehmen die Eisenscheiben die magnetischen Teilchen auf und führen sie in die Höhe, wo sie von Abstreichern festgehalten und in eine Ableitungsröhre geleitet werden, während die unmagnetischen Teilchen aus dem Magnet-cylinder herausfallen.“*

**(Meyers Konversations-Lexikon**, Autorenkollektiv, Verlag des Bibliographischen Instituts, Leipzig und Wien, Vierte Auflage, 1885-1892; 2. Band, Seite 52)

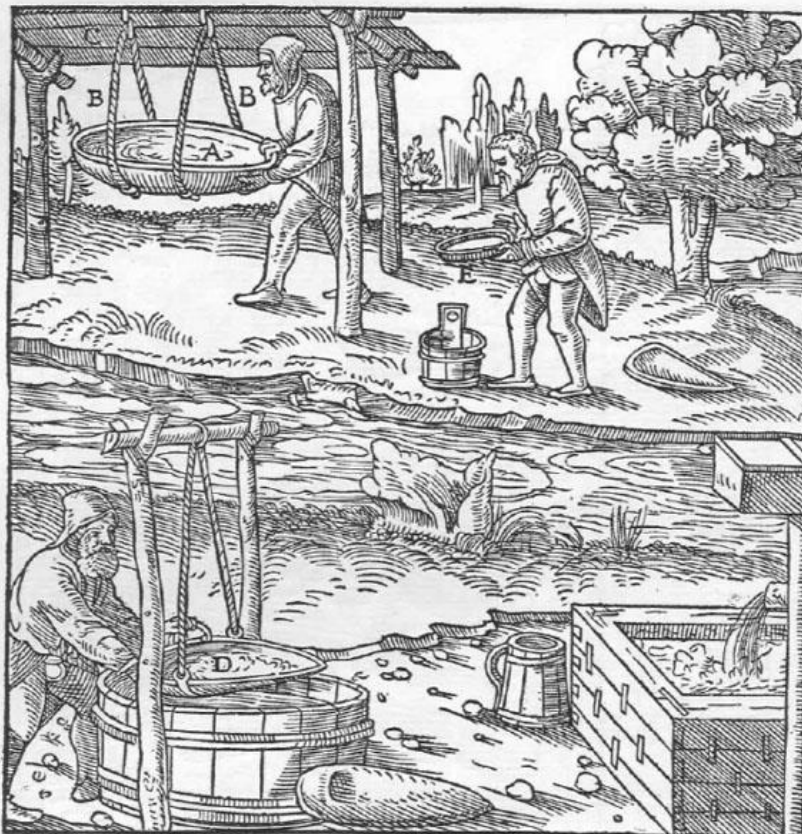
Bevor uns die Magnetscheidung schon in die Neuzeit führt, bildete den nächsten Arbeitsschritt nach dem Zerkleinern der Roherze also das Auswaschen. Bei diesem schon sehr alten Klassierungsverfahren wurde der Dichteunterschied verschiedener Minerale ausgenutzt (Bei der Sieb- und Setzarbeit oder im Hand- Sichertrog, wie er noch heute beim Goldwaschen oder in der Prospektion üblich ist). Unterstützt wird die Trennung der Fraktionen durch die Verwirbelung im strömenden Wasser auf den Herdflächen.

Der Waschvorgang war keineswegs trivial und durch Unaufmerksamkeit konnten große Verluste an Erzkonzentrat eintreten. Schon **Georgius Agricola** widmete der Aufbereitung der Erze deshalb ein komplettes Buch seiner „De re metallica“ (nämlich das achte), aus dem die folgenden Holzschnitte entnommen wurden, um das bisher Gelesene zu illustrieren. So schnell hat sich die Technologie nämlich nicht geändert und Vieles wurde bis weit ins 19. Jahrhundert noch genauso gemacht, wie schon um 1500. Auf Agricola geht übrigens auch die Ansicht zurück, das Sigismund von Maltitz die Naßpochwerke „erfunden“ habe – dem war aber, wie oben schon zu lesen war, gar nicht so.

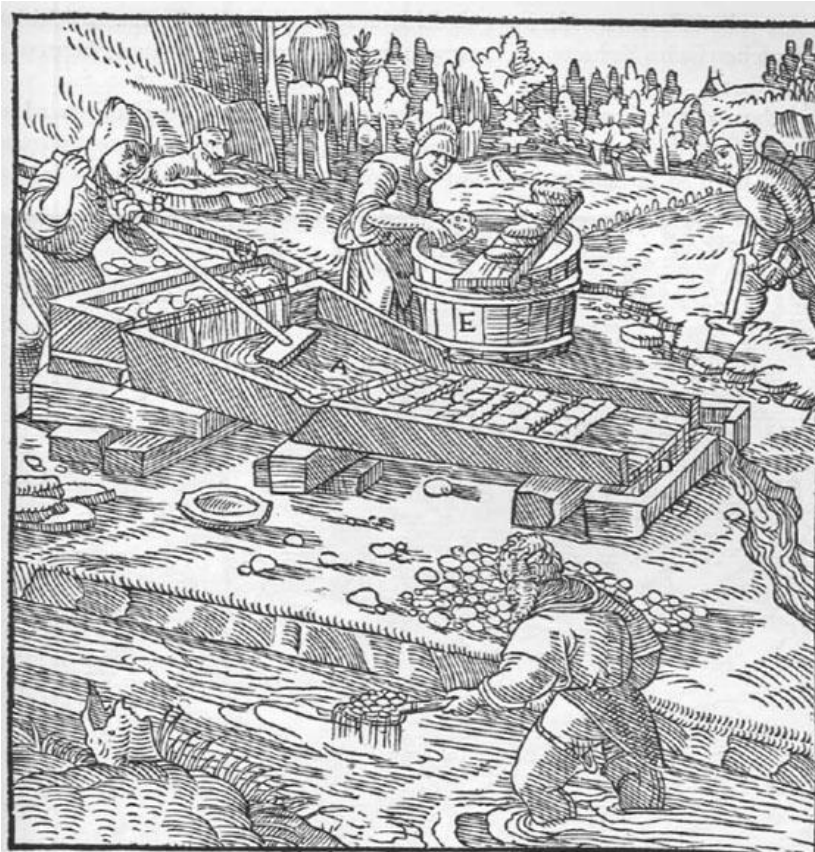
*„Ich gehe nun über zu der anderen Arbeit, dem Pochen der Erze...“* schreibt Agricola und: *„Nachdem im Jahre 1512 Georg, der durchlauchtigste Herzog von Sachsen, zu Meißen das Recht auf alle aus Bergwerken stammenden Halden dem edlen und klugen Sigismund Maltitz, dem Vater des Bischofs Johannes von Meißen und des Heinrich, verliehen hatte, hat dieser zu Dippoldiswalde und Altenberg, wo die Zinngraupen gewaschen werden, aus denen Zinn gewonnen wird, die Trockenpochwerke, die weiten Siebe und die Mühlen abgeworfen und die nassen Pochwerke erfunden. Wir bezeichnen als nasse Erze solche, die durch Wasser, das in den Pochtrog fließt, naß gemacht werden, ebenso sprechen wir von nassen Stempeln, die durch Wasser benetzt werden. Dahingegen sprechen wir von trockenen Stempeln und trockenen Erzen, wenn sie beim Pochen nicht von Wasser befeuchtet werden. ...“*



Das Scheideort A. Die aufgesetzten Bretter B. Der Hammer C. Der Quetscher D.  
Das Erzfüßchen E. Der Erzeimer F. Eisenstab G.



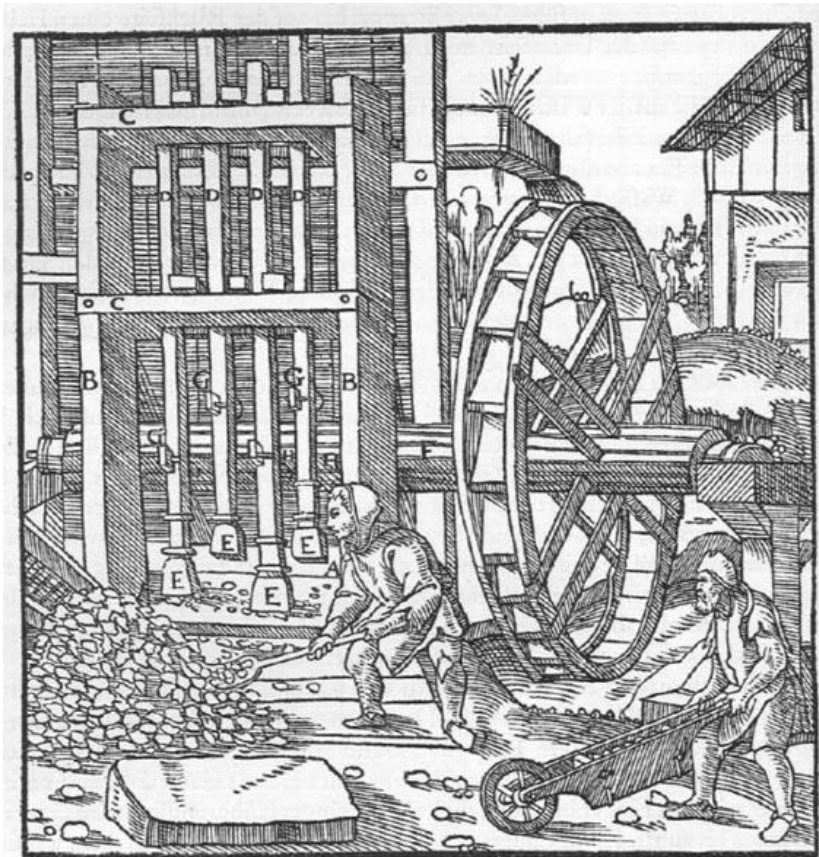
Der große Sichertrog A. Die Schnüre B. Der Balken C.  
Ein anderer großer Sichertrog, wie ihn die Münzer benutzen D. Ein kleiner Sichertrog E.



Das Haupt des Herdes A. Das kleine Gerinne, durch welches das Wasser auf das Haupt des Herdes fließt B. Die Rafen C. Der Trog unter dem Herde D. Das Faß, in dem die Rafen gewaschen werden E.



Das kleine Gerinne A. Das Quergerinne B. Zwei andere kleine Gerinne C. Die Tröge D. Die Bleche E. Die Gitter F. Die Stäbe G. Das andere Quergerinne H. Der Herd I. Die Kiste K. Das dritte Quergerinne L. Das gerade Gerinne M. Der dreizinkige Krähl N.



Der Pochtrog A. Die Pochsäulen B. Die Querhölzer C. Die Stempel D.  
Die Pochschuhe E. Die Welle F. Der Hebling G. Der Däumling H.



Der Pochtrog A. Die offene Seite des Pochtroges B. Der Sohlstein C. Die eiserne Pochsohle D. Das gelochte Blech E. Das Gerinne F. Die hölzerne Schaufel G. Der Sumpf H. Die eiserne Schaufel I. Ein Haufen gepochtes Erz K. Das Erz, welches gepocht werden soll L. Der Wasserzufluß M.

Ein Naßpochwerk. Man beachte den Wasserzufluß (M) zum Pochtrog am rechten Bildrand.

„Das Naßpochwerk ist von dem Trockenpochwerk nicht wesentlich verschieden, jedoch sind die Pochschuhe um die Hälfte größer als bei jenem; auch ist der Pochtrog, der aus einem eichenen oder buchenem Stamme hergestellt wird, in dem Raume zwischen den Pochsäulen nicht vorn offen, sondern an einer Seite. ... An der Öffnung des Pochtroges wird ein eisernes Blech mit vielen Löchern befestigt, so daß zwischen ihm und dem nächsten Pochkopf ein Zwischenraum von 2 Fingern bleibt... Durch dieses fließt das fein gepochte Silbererz mit Wasser in den Sumpf.“

(Georgius Agricola: *De Re Metallica Libri XII*. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, Basel, 1556, Achtes Buch, Deutsche Übersetzung von **Carl Schiffner** 1928. Faksimile-Druck der 3. Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf 1978)

### 3.2. Weitere Literaturquellen zur Entwicklung der Herdarbeit und zu moderneren Arten von Herden

Da die „re metallica“ 1556 erschien, beschreibt Agricola darin auch schon die ab 1512 in seinem sächsischen Wirkungsbereich eingeführten Naßpochwerke, jedoch kennt er die beweglichen Herde noch nicht. Nach denen müssen wir noch weiter in anderen historischen Quellen suchen:

*„**Herdarbeit** ist derjenige nur bei der Verarbeitung der Erze angewendete Teil der nassen Aufbereitung (s. Aufbereitung), welcher das feinste Korn behandelt. Dieses entsteht entweder bei der Arbeit in der Grube und wird mit dem Grubenklein (s. Erz) gefördert oder es wird bei der Aufbereitung absichtlich durch Zerkleinerung sehr fein eingesprengter (in anderer Masse verteilter) Erze erzeugt. Das feine Korn gelangt mit Wasser gemischt als sogenannte Trübe zur Verarbeitung, die entweder bei der nassen Zerkleinerung gebildet oder, sofern es sich um Weiterverarbeitung von Zwischenprodukten handelt, durch Anrühren mit Wasser in besonderen Hilfsapparaten, den **Gumpen** oder **Mehlkästen**, hergestellt wird. Sind diese mit Rührwerken versehen, so heißen sie Rührgumpen; die Drehgumpe besteht aus einem sehr flachen Kegel von etwa 0,5 m Durchmesser mit aufgesetzten radialen Rippen; sie dreht sich an einer vertikalen Welle unter einem Vorratskasten hinweg, dabei füllen sich die Zwischenräume der Rippen mit Mehl. Dieses wird durch einen Wasserstrahl abgespritzt und zu Trübe angerührt.*

*Fließt die Trübe von einem Zerkleinerungsapparat, Pochwerk oder einer Mühle ab, so wird sie für die Herdarbeit besonders vorbereitet (s. Sortieren der Trübe), indem die Körner nach der größeren oder kleineren Fallgeschwindigkeit in verschiedene Gruppen (Sorten) getrennt werden. Jede derselben enthält kleine, aber spezifisch schwerere und größere spezifisch leichtere Körner. So würden sich z.B. die Bleiglanz Körnchen von 0,25 mm Durchmesser mit den Quarzkörnchen von 1,0 mm Durchmesser in derselben Sorte vereinigt finden. Die Herdarbeit bezweckt, ein derartiges Korngemenge nach dem spezifischen Gewichte zu trennen, so daß die schwersten aber kleinsten von den leichteren und diese wieder von den leichtesten aber größten Körnchen gesondert werden. In der Erzaufbereitung sind fast immer die schwersten Körner die erzhaltigen, also auch die wertvollsten, während die leichtesten taub sind, also aus Bergen bestehen.*

*Der **Herd** bildet eine (meistens) ebene, mäßig glatte, dabei wenig geneigte Fläche; über diese fließt die Trübe in sehr dünnem Strome. Es haben nun wegen der Reibung die an der Herdfläche strömenden Wasserschichten die geringste Geschwindigkeit  $v$ , nach der Oberfläche zu steigert sich diese allmählich. Daher erhalten die kleinen und schweren Körner  $a$  nur schwächere Stöße, während die größeren und leichteren Körner  $b$  auch in die schneller fließenden oberen Wasserschichten hinausragen und dadurch auch stärkeren Wasserstößen ausgesetzt werden. Die Größe der gestoßenen Fläche spielt hierbei keine Rolle, da sich bei gleichfälligen Körnern die Massen verhalten wie die gestoßenen Flächen. Man kann nun durch Änderung der Herdneigung die Wassergeschwindigkeit so bemessen, daß die schwersten Körnchen am oberen Teile, die von mittlerem spezifischen Gewicht am unteren Teile der Herdfläche liegen bleiben, dagegen die leichtesten, die Berge, vom Wasser über den Herd hinweggeführt werden, also auf demselben nicht zur Ablagerung gelangen. Beim **Freiberger Stoßherd** wird dieses Abtragen der Berge durch die Stoßbewegung befördert, man sagt daher auch: die Berge abstoßen.*

*Die Herdarbeit zerfällt meistens in die folgenden drei Arbeitsvorgänge:*

- *Zunächst wird eine Zeitlang Trübe über den Herd geführt und es belegt sich dessen Fläche mit einer dünnen Schicht Material (**Herdbelag**). Dabei sollen reine Berge den Herd verlassen; die abfließende Trübe nennt man **Herdflut** oder **wilde Flut**, sie wird in Klärteiche geführt und setzt dort die festen Bestandteile ab. Vermutet man, daß auch etwas Erz den Herd verläßt, so führt man die Herdflut zunächst durch einen Kasten*

(**Unterfaß**), welcher unter das Herdende gestellt wird, in diesem gelangen die schwereren Teilchen zum Absatz und können später nochmals verarbeitet werden. Auf dem Herde finden sich die Körnchen von oben bis unten nach abnehmendem spezifischen Gewichte abgelagert.

- Nach Abstellen der Trübe führt man einen Klarwasserstrom über den Herd; dabei wird der Herdbelag mit Reisigbesen oder mit der Kiste durchgearbeitet. Letztere ist ein dünnes, rechteckiges Stück Brett, das an einem zu seiner Fläche rechtwinkligen Stiele befestigt ist. Zuweilen läßt man auch aus einer Brause seine Wasserstrahlen auf den Herdbelag spritzen. Den Körnchen wird hierbei Gelegenheit zu erneuter Umlagerung gegeben, und zwar arbeitet man so, daß nur die schwersten Körner (reines Erz) auf dem Herde verbleiben, dagegen die von mittlerem spezifischen Gewicht (Zwischenprodukt oder weniger gutes Erz), auch After oder Schwänzeln genannt, den Herd verlassen, um sich in besonderen Sammelkästen abzusetzen. Diesen zweiten Vorgang nennt man **Abläutern** oder Abtreiben.
- Darauf wird endlich unter erneutem Klarwasserzufluß das reine Erz durch Abkehren (man sagt auch **Einkehren**) vom Herde entfernt und ebenfalls durch Gerinne einem Sammelbehälter zugeführt. Das Erz in dieser Form nennt man **Schliech** (Schlieg). Bei den einfachsten Herden, z.B. dem liegenden Herde, finden diese drei Arbeiten, das Belegen, Abläutern und Abkehren, nacheinander auf der ganzen Herdfläche statt; die Arbeit ist daher eine ununterbrochene, und es ist zweckmäßig, mehrere Herde nebeneinander zu benutzen, von denen der eine belegt wird, während auf dem andern abgelaütet und abgekehrt wird.

Nach Einrichtung und Arbeitsweise teilt man die Herde ein in solche, bei denen nur ein dünner Herdbelag gebildet und bald wieder entfernt wird (**Leerherde**); zu dieser Gruppe gehören die sämtlichen neueren Bauarten; im Gegensatz dazu stehen die **Vollherde** (z.B. Schlammgraben, Freiburger Stoßherd), bei denen sich der Herd mit einer dicken Schicht belegt. Es fällt bei letzteren das Abläutern fort; der Herdbelag wird je nach seiner Zusammensetzung in mehreren Porten mit der Schaufel abgestochen und jede derselben in gleicher Weise wiederholt behandelt. Jede Portion heißt auch ein Abstich; die am oberen Teile des Herdes abgelagerte auch die Stirn, in Österreich Köpfel. – Da man das gröbere Korn auch rösches und das feinere Korn auch zähes nennt, unterscheidet man auch die röschen Herde oder Sandherde von den zähen Herden oder Schlammherden.

Andererseits werden die Herde in feste und bewegte eingeteilt; die Bewegung bezweckt einerseits eine bessere Absonderung auf dem Herde, z.B. bei dem Freiburger Stoßherde, andererseits aber die Durchführung der Arbeit ohne Unterbrechung. In diesem Falle wird das Belegen, Abläutern und Abkehren zu gleicher Zeit auf verschiedenen Teilen der Herdfläche ausgeführt. Bei jedem Herde bezeichnet man die Richtung, in welcher die Trübe darüber strömt, als Längsrichtung (Länge), die dazu rechtwinklige als Querrichtung (Breite).

Um einen guten Herdengang zu erzielen, muß die Trübe über die Herdbreite in gleichmäßiger Schicht aufgetragen werden; dies wird durch die **Stelltafel** oder das Happenbrett St bewirkt. Auf demselben bilden die Stellklötzchen oder Happen mit der Unterkante des Brettes ein gleichschenkliges Dreieck. An der Spitze des letzteren strömt die Trübe zu, zwischen den Klötzchen fließen Teilströme hindurch und breiten sich über die Stelltafel gleichmäßig aus. Die Klötzchen können etwas gedreht werden, um die richtige Verteilung zu erreichen. Ferner muß die Herdfläche in der Querrichtung wagerecht liegen, damit der Trübestrom in gleich starker Schicht über den Herd fließt; andernfalls drängt sich die Trübe nach der einen Seite, und es entsteht auf dieser eine stärkere Strömung. Die meisten Herde sind eben; nur die Rundherde bestehen aus sehr stumpfen Kegelflächen, auch die parabolische Fläche kommt vor.



Zu den festen Herden gehören der **liegende Herd** und der **Schlammgraben**. Ersterer wird von dem Kehren mit Reisigbesen auch **Kehrherd** oder **Einkehrherd** und, da man statt verwaschen auf dem Herde wohl schlämmen sagt, auch **Schlammherd** genannt. Der ebene Herd H (Fig. 2 und 2a) besteht aus den durch Querleisten verbundenen Herdbäumen a, darauf ist die Dielung b aus Brettern von feinjähigem Holze genagelt, seitlich begrenzen den Herd die Bordbretter c. Am unteren, durch aufgenagelte Leisten zusammengezogenen Ende nimmt ein Gerinne g die Herdflut auf; am oberen Herdende (Herkopf) befindet sich eine Arbeitsbühne E, von welcher aus die Zuführung der Trübe in einem Gerinne T und die Klarwasserzuführung durch die Rohrleitung W geregelt werden kann. Die Trübe fließt zum Zurückhalten etwaiger Unreinlichkeiten durch ein kleines Sieb und über die Stelltafel St auf den Herd. Für rösches Korn erhält der Herd, welcher etwa 1 m Breite und 4 m Länge hat, 10–15° Neigung, für zähes Korn etwa 6°. Man vermindert die Neigung durch Unterlegen von Keilen am unteren Herdende. Ein Mann bedient zwei Herde; jeder derselben kann in einer Stunde etwa dreimal 2 mm dick belegt, darauf geläutert und abgekehrt werden. Der röschesten Trübe gibt man etwa einen Mehlgehalt von 0,8 kg auf 1 l, der zähesten nur 0,15 kg. Erfahrungsgemäß ist der beschriebene liegende Herd nicht zur Abscheidung solcher Erzteilchen geeignet, welche sich wegen ihrer Form als dünne Plättchen trotz hohen spezifischen Gewichtes (Bleiglanz, gediegenes Silber und Gold) längere Zeit im Wasser schwimmend erhalten. Um auch hier zum Ziele zu gelangen, belegt man den Herd mit Tüchern (Plane, Planne oder Plache genannt, davon **Planenherd** oder **Plachenherd**), in deren rauher Oberfläche sich die seinen Erzteile festsetzen, während die Berge vom Wasser darüber hinweggerollt werden. Die Planen werden von Zeit zu Zeit abgenommen und in Sammelkästen gut gespült, die Arbeit ist also unterbrochen. – (Über die kontinuierlichen Planenherde vgl. weiter unten).

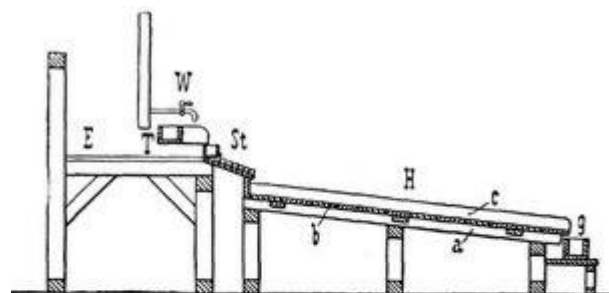


Fig. 2. Liegender Herd.

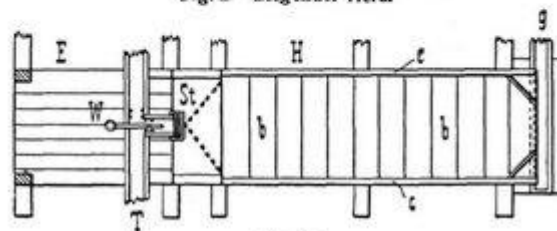


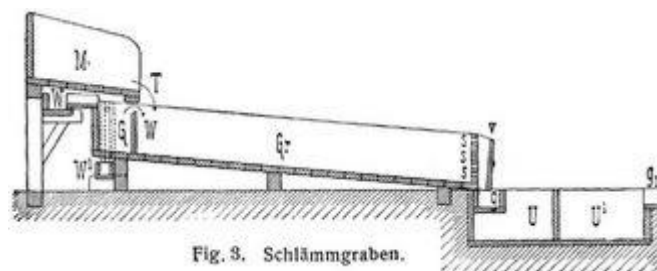
Fig. 2a.

(Die Grafiken sind leider auch im Original so klein.)



Schneeberg-Neustädtel, Grube Siebenschlehen, Planenherde, Foto: Paul Schulz, 1928; Bildquelle: Deutsche Fotothek. Link zur Originaldatei ► <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/70005589>

Der **Schlammgraben**, oft kurzweg Graben genannt, unterscheidet sich der Bauart nach vom liegenden Herde wesentlich nur durch die größere Tiefe, da sich in ihm der Schliech zu einer dicken Schicht ansammeln soll; er gehört also im weiteren Sinne zu den Vollherden (Fig. 3). Die Trübe T wird im Mehlkasten M angerührt und ohne weiteres dem Graben zugeführt; das zur Verdünnung nötige Klarwasser gelangt aus dem Gerinne W in einen Behälter, das Gefälle G, und dann, während etwaiger Wasserüberschuß in das Gerinne W1 abfließt, über eine wagerechte Kante auf die ganze Breite gleichmäßig verteilt, zum Graben. Dieser wird, wie sich der Belag anhäuft, am unteren Ende durch Spunde, welche in die Oeffnungen s des Fußbrettes passen, nach und nach geschlossen; das vorgesetzte Brett v führt die Herdflut in das Gerinne g. Durch die Unterfässer U und U1 gelangt sie weiter in das Gerinne g1 und von dort in Klärsümpfe. Während der Arbeit wird mittels einer Kiste die Oberfläche des Belages eben gehalten. Der Schlammgraben dient hauptsächlich für röscheres Korn und wird nur bei einfachen und kleinen Verhältnissen angewendet. Der angesammelte Schliech wird nach seinem Gehalte in Polten abgestochen.



Bauweise eines Schlammgrabens

Die Anfänge der bewegten Herde sind in den **Sichertrögen** zu erblicken, welche jetzt nur zur mechanischen Probe der Ergebnisse der Herdarbeit und zuweilen zur letzten Anreicherung sehr wertvoller, z.B. goldhaltiger Schlieche Verwendung finden. Die Formen der Sichertröge sind örtlich verschieden, der Freiburger wird auch **Sachse** oder Handsachse genannt (Fig. 4). Man bringt den zu verwaschenden Schliech mit etwas Wasser auf den Sichertrög und schwingt diesen mit einer Hand so hin und her, daß das Wasser jedesmal lebhaft nach dem einen Ende strömt, dabei die Bergeteilchen mitnimmt, jedoch langsamer zurückfließt. Mit dem Ballen der andern Hand werden dabei Stöße auf die Rückseite r des Troges gegeben, wodurch die Ansammlung der schwersten Teilchen wie beim Freiburger Stoßherde befördert wird. Es gehört viel Übung dazu, um die nötige Geschicklichkeit zu erlangen. Größere Salzburger Sichertröge (Fig. 5) werden zur leichteren Handhabung in einfacher Weise aufgehängt und heißen Hängesachse. Feinjähriges Lärchenholz soll das beste Material für Sichertröge sein; auch in schüsselförmig kreisrunder Form aus Holz oder Metallblech kommen sie vor unter dem Namen Waschschüssel.



Fig. 4.  
Freiburger Sichertrög.



Fig. 5. Salzburger Sichertrög oder Handfachte.

Verschiedene Formen von Sichertrögen

Der älteste eigentliche bewegte Herd, der an vielen Orten auch heute noch wegen seiner Vielseitigkeit Anwendung findet, ist der **Langstoßherd**. (Lang-Stoßherd deshalb, weil die Trübe in Längsrichtung über die Herdfläche fließt, Anm. d. Red.)

Allgemein ist bei den bewegten Herden zu unterscheiden: der Herd selbst, das Herdgerüst, die Einrichtungen für das Auf- und Abtragen und die Bewegungsvorrichtungen. Fig. 6 und 6a zeigt die Freiburger Ausführung des Langstoßherdes.

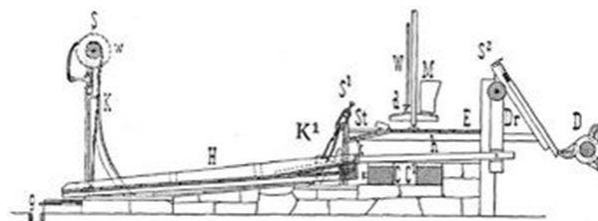


Fig. 6. Freiburger Stoßherd.

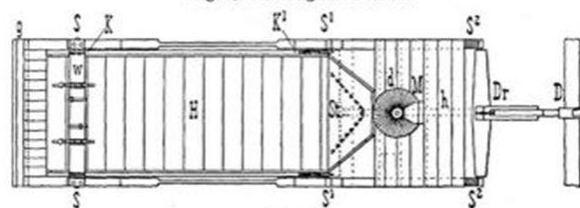
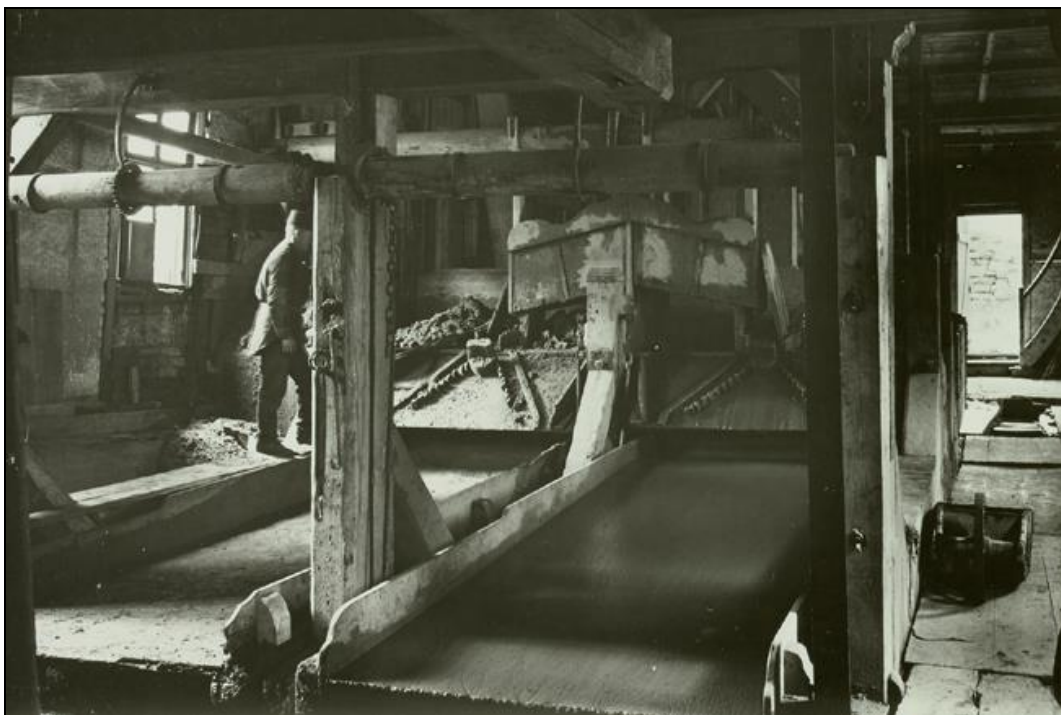


Fig. 6a.

Schon sehr modern: Bauweise eines „Freiburger Stoßherdes“ im 19. Jahrhundert



Schneeberg-Neustädtel, Grube Siebenschlehen, Stoßherdwäsche in Betrieb, Paul Schulz, 1928; Bildquelle: Deutsche Fotothek. Link zur Originaldatei ► <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/70005592>



Johanngeorgenstadt, Alte Wäsche der Grube Vereinigt Feld, Stoßherde in Funktion, Paul Schulz, 1927; Bildquelle: Deutsche Fotothek. Originaldatei ► <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/70005558>



Johanngeorgenstadt, Erzwäsche der Grube Hohnenuejahr, Stoßherde, Paul Schulz, 1927; Bildquelle: Deutsche Fotothek. Link zur Originaldatei <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/70005560>

*Der Herd H ist stets aus Holz, ähnlich, jedoch stärker gebaut als der liegende Herd; namentlich der Herdkopf k ist kräftig gehalten, da er die Stöße aufnehmen soll. Das Herdgerüst ruht auf einem gemauerten Fundament und besteht der Hauptsache nach aus dem Schwellwerk und drei Paar Säulen, von denen im vorliegenden Falle S und S1 aus Gußeisen, S2 aus Holz gefertigt sind. An den Säulenpaaren S und S1 ist der Herd mittels zweier Kettenpaare K und K1 aufgehängt; K sind die Stellketten, sie werden an der Herdwelle w befestigt und können nachgelassen und angezogen werden, um die Herdneigung zu ändern. K1 sind die Spannketten; durch dieselben erhält der Herd das Bestreben, nachdem er vorgestoßen wurde, wieder zurückzufallen. Um die Spannung zu vergrößern oder zu verkleinern, kann der untere Befestigungspunkt dieser Ketten mehr oder weniger nach vorn verlegt werden. Auch sind an den Ketten selbst Stellschrauben angebracht, um die Herdfläche in der Querrichtung wagerecht stellen zu können.*

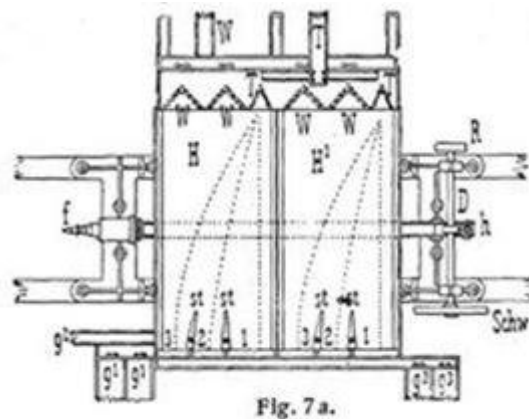
*Die Arbeitsbühne E stützt sich auf die beiden Säulenpaare S1 und S2; auf derselben befinden sich der Mehlkasten M, die Drehgumpe d und die Klarwasserzuführung W. Die angerührte Trübe fließt durch ein Sieb und über die Stelltafel St auf den Herd; andererseits kann aber auch aus Spitzkästen u. dergl. sortierte Trübe in Gerinnen zugeführt werden. Am unteren Ende des Herdes gelangt die Herdflut in das Gerinne g.*

*Die Stoßbewegung des Herdes wird folgendermaßen erzeugt: die Daumen der Welle D drücken auf den einen Arm des Winkelhebels oder Drückels Dr; dadurch schiebt die in dem andern Hebelarme beteiligte Schubstange h den Herd vor, der durch sein Eigengewicht gegen die Stauchvorrichtung C, C1 wieder zurückfällt. Die Länge des Drückelarmes, auf den die Daumenwelle wirkt, und dadurch die Länge des Ausschubes kann mittels der Stellvorrichtung st geändert werden. Durch die Herdbewegung wird bei jedem Stoße eine kleine Welle in der Trübeschicht erzeugt, die das Abflößen der Berge begünstigt, während der Rückstoß des Herdes die abgelagerten Teilchen zu einem festen Herdbeläge vereinigt. Da die Neigung der Herdfläche, die Spannung des Herdes und auch die Länge des*

Ausschubes stellbar sind, so kann der Stoßherd allen Verhältnissen angepaßt werden; er ist, wie oben bereits erwähnt, ein Vollherd; man läßt den Schliech sich zu einer bis 12 cm starken Schicht ansammeln und flicht ihn mit der Schaufel dann ab.

Die Bauart des **Salzburger Stoßherdes** weicht insofern von der geschilderten ab, als die Daumenwelle unmittelbar, ohne Drückeinrichtung, auf die Schubstange wirkt.

Der **Ritinger-Herd** (Fig. 7) ist ein kontinuierlicher Querstoßherd.



Die Bewegungsbahnen der Trübeilchen auf der Fläche des Ritinger-Herdes

Gewöhnlich sind zwei Herdflächen  $H$  und  $H'$  zu einer Platte vereinigt; die Trübe wird über eine Stelltafel  $T$  an einer Seite nur auf etwa ein Viertel der Herdbreite, über die andern drei Viertel Klarwasser  $W$  aufgetragen. Die Aufhängung des Herdes ist aus der Figur ersichtlich; die Bewegung findet folgendermaßen statt: ein Querriegel, die sogenannte Zunge  $h$ , ist unter dem Herde befestigt; dieser wird in der Ruhelage durch eine Zugstange und die Feder  $f$  gegen den im Herdgerüst festgelegten Stauchklotz  $C$  gezogen. Gegen den Federdruck ziehen die Daumen  $D$  der Welle, die in eine Aussparung der Zunge eingreifen, den Herd nach rechts, und dieser stößt dann durch den Federzug gegen den Stauchklotz.

Während die in der Trübe vorhandenen Bergeteilchen auf ziemlich geradem Wege schnell über den Herd in das Bergegerinne  $g_1$  hinweggeführt werden, erhalten die auf dem Herde zur Ablagerung gelangenden Erzteilchen unter dem zweifachen Einflusse des Wasserstromes und der Herdstöße parabolische Bahnen. Diejenigen von mittlerem spezifischen Gewicht verlassen den Herd bei 2 und gelangen in das unter dem Herde befindliche Zwischenproduktgerinne  $g_2$ , die schwersten, welchen der Wasserstrom die geringste Geschwindigkeit erteilt, bleiben während der längsten Zeit den Querstößen ausgesetzt; die Krümmung ihrer parabolischen Bahn ist daher am stärksten, sie verlassen den Herd bei 3 und werden von dem Erzgerinne  $g_3$  aufgenommen. Die Breite der Ströme 1, 2 und 3 kann durch die stellbaren Teiler  $st$  je nach der Zusammensetzung der Trübe bemessen werden. Dem Vorteil der kontinuierlichen Arbeit steht der Nachteil gegenüber, daß der Ritinger-Herd erheblich geringere Trübemengen verarbeitet als der Freiburger Stoßherd.

Zur Person: **Peter von Ritinger** (\* 23. Januar 1811 in Neutitschein; † 7. Dezember 1872 in Wien) war ein österreichischer Montanist und Pionier der Erzaufbereitung. Als Sohn armer Eltern besuchte er das Gymnasium in Leipnik (Lipník nad Bečvou, Mähren) und studierte unter großen Entbehnungen Philosophie und Rechte in Olmütz (Olomouc). Nach Beendigung der juristischen Studien wählte er das montanistische Fach an der Berg- und Forstakademie in Schemnitz (Banská Štiavnica, Slowakei). Nach Abschluss der Studien wurde er 1840 sofort als Pochwerk-Inspektor in den Staatsdienst übernommen. In dieser Funktion führte er einige Verbesserungen bei der Erzaufbereitung ein. 1845 erfolgte die Konstruktion des Spitzkastens, einer Anlage zum Klassieren feinkörniger Erze.

Die Erze wurden von einem Flüssigkeitsstrom über eine Reihe hohlpyramidenförmiger Kästen geführt, in denen sie sich nach Korngrößen abschieden. 1849 erfolgte die Ernennung zum Bergoberamtsvorsteher des Joachimsthaler Reviers. In diesem Jahr erfolgte auch die Erfindung des nach ihm benannten kontinuierlichen Querstoßherdes. Die Einführung dieser Erfindung in die Aufbereitungstechnik bedeutete einen großen Fortschritt, da durch den Stoßherd eine kontinuierliche Arbeitsweise möglich gemacht wurde. 1850 wurde er als Sektionsrat für das Kunstbau- und Aufbereitungsfach an das Ministerium für Landescultur- und Bergwesen nach Wien berufen. 1863 erhielt er den Orden der Eisernen Krone III. Klasse, der mit dem erblichen Ritterstand verbunden war. 1864 wurde ihm von Joachimsthal (Jáchymov) das Ehrenbürgerrecht verliehen. 1868 erfolgte schließlich Ernennung zum Ministerialrat im Finanzministerium. Zuletzt war er Verwaltungsleiter der Staatsdomänen und -forste und der Montanwerke. Er hinterließ zahlreiche Fachpublikationen zu seinem speziellen Fachgebiet, der Erzaufbereitung, in der er als international anerkannte Autorität galt.

(Wikipedia)

*Bei den **kontinuierlichen Planenherden** wird eine über Führungswalzen gespannte Plane ohne Ende mit fortschreitender Längs- oder Querbewegung benutzt, um den Schliech aus dem Trübestrom zu entfernen, dem Läuterwasser zuzuführen und dann abzutragen. Zur Planenbewegung kommt zuweilen noch eine Stoß- oder Schüttelbewegung hinzu, um die Beweglichkeit der Schliechteilchen zu erhöhen. Die jetzt am meisten angewendeten Planenherde sind der **Schüttelherd** (Frue Vanner, Fig. 8 und 8a) und der **Stein'sche Herd**.*

*Beim ersteren hat die Plane P eine Längsbewegung, dem Trübestrom entgegen; sie besteht aus Gummistoff und hat an den Seiten aufrecht stehende Ränder. Die Führung der Plane geschieht durch die vier Walzen w, w1, w2 und w3; von diesen ist w mit einer Spannvorrichtung versehen, w1 erteilt die Bewegung, w2 und w3 liegen auf der Unterseite und führen die Plane durch den Wasserkasten i; außerdem wird der obere Teil der Plane durch Tragwalzen t gestützt. Sämtliche Walzen sind im Herdrahmen A verlagert und dieser ruht auf dem Schwellwerk (Q Querschwellen, S Herdsäulen, L Längsschwellen, q obere Querschwellen) mittels der Stützstangen r; durch Keile v kann die Herdneigung geändert werden. Die Bewegung der Plane wird von der seitlich angeordneten Welle D vermittelt, und zwar durch den Konus m, die Schnurrolle n auf der Welle d, die Schnecke s und durch das auf der Welle der Walze w1 befestigte Schneckenrad Z. Durch die Stellvorrichtung st kann die Schnurrolle n am Konus m entlang verschoben und die Geschwindigkeit der Plane geregelt werden. Außerdem erhält der ganze Herdrahmen durch die auf D angebrachten drei Kurbeln k Querschüttelbewegung. Die Trübe wird von dem Happenbrett T über die Plane verteilt; die sich absetzenden Teilchen werden unter der Brause W geläutert, gelangen um die Walze w1 herum auf die Unterseite und werden im Unterfasse i und durch die Brause B ab gespült; die aus dem Kasten i beiderseits, überfließende Erztrübe findet in den Karten i1 Gelegenheit zu weiterer Klärung. Die abgetragenen Berge fließen über die Plane abwärts in das Gerinne g. Der Herd besitzt demnach die Eigentümlichkeit, daß er die aufgegebenene Trübe nur in zwei Produkte zerlegen kann. Der Frue-Vanner stammt aus Nordamerika und wird in der Goldaufbereitung sehr viel angewendet.*

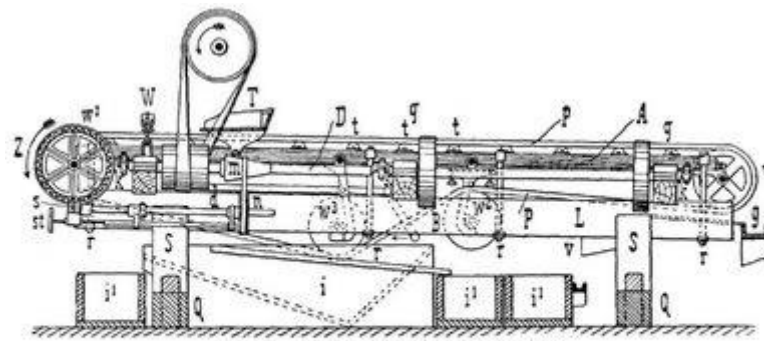


Fig. 8. Frue Vanner oder Schüttelherd.

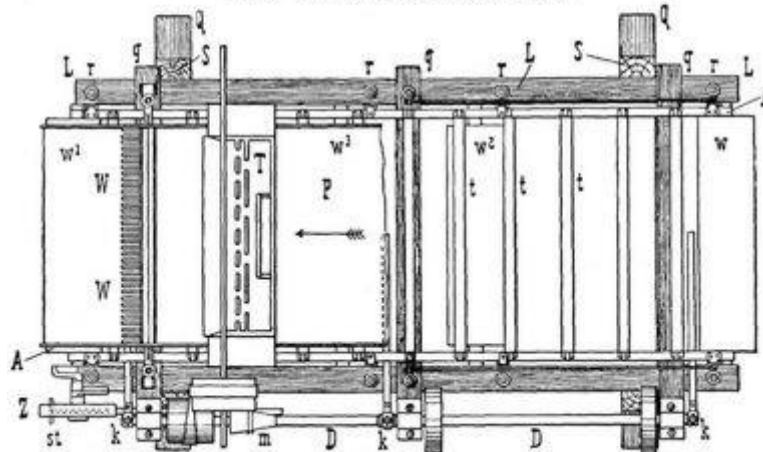


Fig. 8a.

Neuzeitliche Technik: Bauweise eines „kontinuierlichen Planenherdes“ im 19. Jahrhundert

Dagegen ist der **Stein'sche Herd**, der in Freiberg zuerst gebaut wurde, zur Aufbereitung zusammengesetzter Erze geeignet (Fig. 9, 9a und 9b). Das Herdgerüst besteht außer dem Schwellwerk aus den Säulenpaaren S und S1 und wird durch die Strebe S verstärkt. Der Herdrahmen A ist mittels vier Stangen r an den Armen q aufgehängt, welche letztere um die Hilfsstrebe s1 drehbar sind und in der richtigen Neigung durch die Schraubenmuttern st an besonderen Stangen festgestellt werden können. Auf dem Herdrahmen ist die Herdplatte H befestigt und über diese und die beiden Walzen w und w1 die glatte Plane gespannt; der untere Teil wird durch die Hilfswalzen t getragen. Die Querbewegung der Plane wird bei der neuesten Bauart durch die Schnurrolle n bewirkt, welche auf der Achse von w1 sitzt; der Querstoß des ganzen Herdes ist wie beim Rittinger-Herde durch die Daumenwelle D – mit Schwungrad Schw und Riemenscheiben R – durch Zugstangen und Feder F erreicht; der Herd wird nach rechts herausgezogen und stößt gegen den Stauchklotz C an der linksseitigen Säule. Unabhängig von dem Herde ist die Aufgabevorrichtung in Form eines Gerinnes an den Hilfssäulen S1 befestigt; in der Abteilung T wird die Trübe zugeführt und dann mittels der Stelltafel St über etwa ein Drittel der Herdbreite verteilt; der entstehende Belag wird durch die Planenbewegung nach links geleitet, wo aus den beiden andern Abteilungen des Gerinnes W Läuterwasser über den Herd strömt und überdies die diagonal gelegte Brause B das allmähliche Abspülen der Produkte besorgt. Diese werden von einem mehrteiligen Gerinne g für die Berge, g1 für das ärmere, g2 für das reichere Zwischenprodukt und g3 für das Erz aufgenommen; Abfallutten führen die Schlieche in die Sammelkästen i, i1, i2 und i3. Um die Bewegung der Plane zu erleichtern, wird unter derselben auf der Herdplatte ein Wasserbett erzeugt, indem durch den Behälter und das Rohr u das Klarwasser zugeführt und mittels Diagonalrillen, die von einer Querrille ausgehen, gleichmäßig verteilt wird.



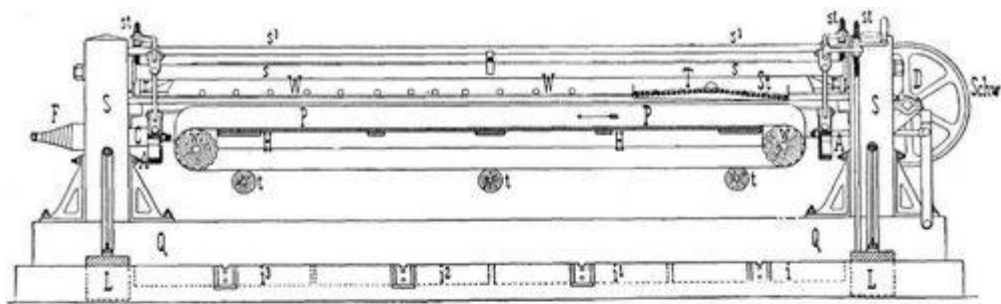


Fig. 9. Steinfcher Herd.

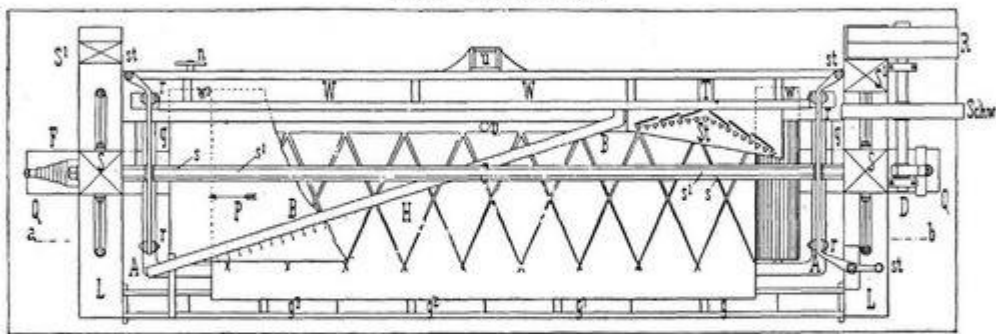


Fig. 9a.

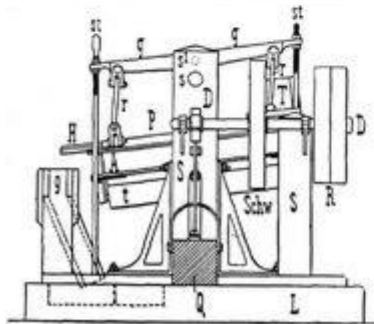


Fig. 9b.

Zeichnung eines Stein'schen Herdes

Bei der Freiburger Aufbereitung erhält der Herd 80 mm Planengeschwindigkeit und 150 Stöße, beides in der Minute; in derselben Zeit werden 14 l Trübe mit 0,15 kg fester Bestandteile auf 1 l aufgegeben und dabei 60 l Klarwasser verbraucht. Der Herd beansprucht 0,5 PS. Betriebskraft; acht Herde können von einem Manne beaufsichtigt werden.

Der neuerdings vielfach angewendete Ferraris-Herd ist ein Querstoßherd etwa von den Abmessungen des Steinschen Herdes. Die Herdfläche wird von Linoleum gebildet, welches in der Querrichtung für rösches Korn mit schmalen, dünnen Leuten benagelt, für zähes Korn mit Querruten versehen ist. Hierdurch bewegt sich das Korn langsamer über die Herdfläche als beim Steinschen Herde. Das Auftragen der Trübe findet in gleicher Weise wie beim Steinschen Herde, das Abtragen nicht nur am unteren, sondern auch (für das schwere Korn) am linken Rande der Herdtafel statt. – In den Vereinigten Staaten von Nordamerika ist der ähnlich gebaute Wilfley-Herd in Gebrauch.

Die **kontinuierlich arbeitenden Rundherde** haben sehr stumpfe Kegel als Arbeitsflächen; hieraus folgt, daß die Neigung, welche man einem Rundherde einmal gegeben hat, nicht ohne weiteres geändert werden kann. Auch ist ihnen eigentümlich, daß die Trübe nicht in gleichmäßig dicker Schicht über den Herd strömt und deren Geschwindigkeit sich ändert. Die **Rundherde** (round buddle), wohl auch rotierende Herde, rotierende Herdwäsche oder **Drehherde** genannt, sind entweder Kegelherde – die Herdfläche fällt nach außen ab, die Trübe wird nahe der Herdmitte aufgetragen, die Trübeschicht nimmt beim

Fließen über den Herd an Dicke ab und verlangsamt ihre Geschwindigkeit, da sie beim Wege über den Herd immer größere Flächen bedeckt, am Umfange verläßt die Trübe den Herd; oder es sind, wenngleich sehr viel seltener, Trichterherde – die Herdfläche vertieft sich nach innen, demzufolge wird die Trübe am äußeren Rande aufgetragen, auf ihrem Weg über den Herd wird die Trübeschicht allmählich stärker und ihre Geschwindigkeit größer.

Der **Kegelherd** eignet sich besonders für solche Erze, welche in mehrere Posten getrennt werden sollen (das Dünnwerden der Trübeschicht begünstigt dies); der Trichterherd dagegen sollte nur angewendet werden, wenn aus einer großen Menge von Trübe die wenigen noch nutzbaren Bestandteile auszuscheiden sind; er dient daher namentlich zur Weiterverarbeitung armer Zwischenprodukte. Soll ein Rundherd ununterbrochen arbeiten (die älteren nach Art der Schlämmherde gebauten Rundherde kommen kaum noch in Betracht), so muß entweder bei stillstehendem Herde die Aufgabevorrichtung gedreht werden (dies ist der Fall bei Herden von großem Durchmesser), oder der Herd dreht sich und die Aufgabevorrichtung steht still; letztere Anordnung wird bei kleineren Herden gewählt. In beiden Fällen wird bei jeder Umdrehung der Herd einmal belegt, der Belag dann abgelüftet und endlich abgespült; alle drei Vorgänge finden auf drei verschiedenen Kreissektoren gleichzeitig nebeneinander statt. Die Rundherde verarbeiten sehr große Mengen von Trübe, brauchen aber viel Klarwasser; sie werden bis zu 10 m Durchmesser gebaut. – Kurz möge hier noch der Rundstoßherd von Bartsch erwähnt werden, ein Herd mit parabolisch gekrümmter Oberfläche, der während der Drehung schwache Stöße erhält.

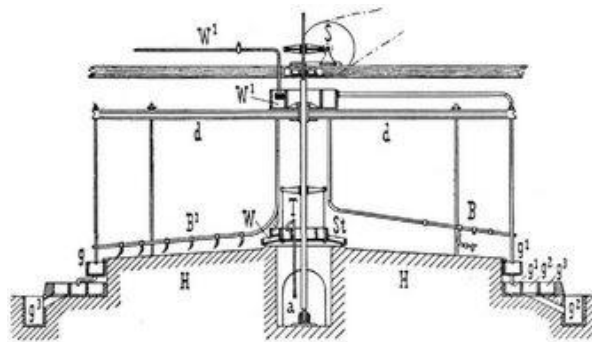


Fig. 10. Linkenbachs Rundherd.

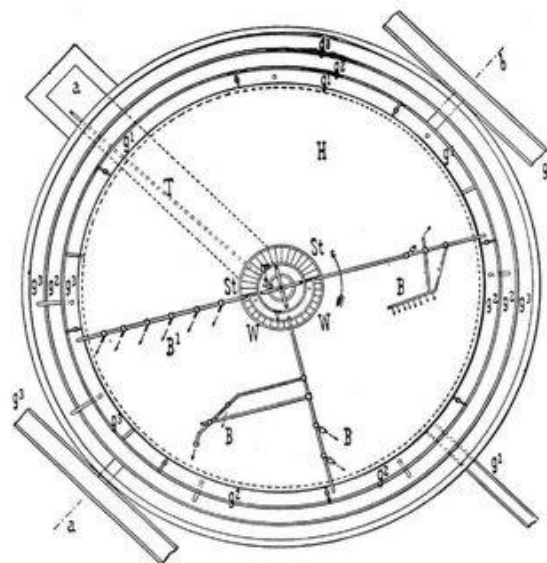


Fig. 10 a.

Wurde vor allem bei der Kohlenaufbereitung noch im 20. Jahrhundert eingesetzt:  
Bauweise eines „Rundherdes“ im 19. Jahrhundert

Als Beispiel soll der häufig angewendete **Linkenbachsche Rundherd** (Fig.10 und 10a) beschrieben werden; er ist ein feststehender Kegelherd H mit beweglicher Aufgabe- und Abtragevorrichtung. Der Herd wird auf einem Fundament gemauert und dann mit Zementputz versehen, welcher mittels rotierender Schablone die gewählte Neigung, im Mittel 1 : 10, erhält; am Umfange ist der Herd mit Tropfkante versehen. In der Mitte wird ein schachtartiger Raum ausgespart; in denselben führt von außen ein Kanal a. Die im Mittelpunkt des Herdes stehende Welle wird durch Schnecke ohne Ende und Schneckenrad S in langsame Umdrehung versetzt; an ihrem unteren Teil ist an einem kleinen Stern von Tragarmen ein kreisrundes Gerinne befestigt, in welches durch den Kanal a und das Rohr T beständig Trübe geleitet wird. Diese fließt jedoch immer nur auf die eine Herdhälfte, nämlich über die Stelltafel St.

Das Trübe gerinne wird auf der andern Kreishälfte von dem Klarwassergerinne v umgeben, aus welchem das Läuterwasser über die Stelltafel W auf die andre Herdhälfte geführt wird, welche vorher mit Schliech belegt wurde. Die Brausen B verstärken die abläuternde Wirkung, während die Brause B1 den verbliebenen Erzschiech vom Herde abspült. Es fließen daher beständig von einem Teile des Herdes die Berge, von dem andern das Zwischenprodukt und von einem verhältnismäßig schmalen Teile das Erz ab, jedoch drehen sich diese Sektoren ständig mit der Aufgabevorrichtung. Dementsprechend ist das Abtragen vorgesehen. An einem großen Stern von Armen d, die oben an der senkrechten Welle befestigt sind, hängt an Tragstangen ein den Herd kreisförmig umgebendes Gerinne, welches durch eingesetzte Zwischenwände in drei Abteilungen zerlegt ist, g1 für die Berge, g2 für die Zwischenprodukte und g3 für das Erz; aus diesen werden die Porten getrennt durch angesetzte Rohre (vgl. den senkrechten Schnitt) drei verschiedenen Gerinnen zugeführt, welche den Herd konzentrisch umgeben und aus denen weitere Gerinne zu Sammelstümpfen führen. An den Armen d hängen auch die Brausen; die Klarwasserzuführung W1 wird ebenfalls von oben her durch ein kreisförmiges Gerinne vermittelt.

Die Weiterverarbeitung der bei der Herdarbeit sich ergebenden Zwischenprodukte erfolgte früher immer derart, daß die Schlämme in Stümpfen gesammelt, ausgehoben, in Gumpen wieder zu Trübe angerührt und verwaschen wurden. In neuerer Zeit hat man bei den kontinuierlich arbeitenden Herden das Zwischenprodukt (gewöhnlich von mehreren Herden vereinigt und nach vorheriger Konzentration) in Trübeform weiter auf einen andern Herd zur Verarbeitung geleitet. Derart zusammenarbeitende Herde nennt man wohl auch **Verbundherde**. Dieses Verfahren ist namentlich bei Rundherden und auch beim Steinischen Herde zur Anwendung gebracht worden.“

(Otto Lueger: **Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften**, Bd. 5 Stuttgart, Leipzig 1907, S. 41-47)

Jetzt ist alles klar?! Die zitierten Quellen zeigen schon, welchen hochkomplexen, an die Arten der Erze angepaßten und stark mechanisierten Stand die Aufbereitungstechnik bereits Ende des 19. Jahrhunderts erreicht hatte.

Auch die folgende, noch etwas ältere Eintragung in Pierer's Lexikon verrät uns aber noch wenig über die eigentliche Funktionsweise und immer noch nichts über den Ursprung der Stoßherde:

„**Stoßherd**, Aufbereitungsmaschine, welche zum Waschen der Schlämme dient; besteht aus einer großen, mit Seitenbretern versehenen Tafel, welche in einem Gerüste unter einer geringen Neigung pendelartig beweglich aufgehängt ist; der Schlamm in ein Gefälle, d.h. in einen Kasten, welcher bei sehr zähem Schlamm eine Röhrvorrichtung enthält, eingetragen, mit Wasser verdünnt u. die Trübe fließt nun durch ein Sieb auf die stärker geneigte Stelltafel, auf welcher sie durch die auf der Stelltafel angebrachten, dreiseitig pris-

*matischen Stimmklötzchen gleichmäßig über die ganze Breite vertheilt wird u. nun auf den eigentlichen Herd herabfließt; von einer Daumenwelle aus wird die Herdtafel durch eine Hebelverbindung fortgeschoben, losgelassen, fällt nun zurück u. stößt gegen einen feststehenden Stoßblock; diesem ersten heftigen Stoße folgen wegen der Elasticität noch vier bis fünf schwächere. Durch die Stoßwirkung schwemmt das Wasser das Leichtere herdabwärts, während das Schwerere etwas aufwärts rückt. Die schwerern Theilchen, d.h. das gepochte, reine Erz, setzen sich oben auf dem Herde ab, auf diese folgen die Gang- u. Bergarten, welche noch mit Erztheilchen verbunden sind, u. zuletzt die ganz tauben Schlämme.“*

(**Heinrich August Pierer's Universal-Lexikon** der Vergangenheit und Gegenwart oder Neuestes encyclopädisches Wörterbuch der Wissenschaften, Künste und Gewerbe. 4. Auflage 1857–1865, Altenburg.)

Wir müssen deshalb schon mal ein zeitgenössisches Fachbuch aufschlagen, um endlich detaillierte Beschreibungen und ein paar Sätze zur Herkunft der beweglichen Herde zu finden. Dort lesen wir nun endlich:

## **2) Die Herde**

### **A. Herde mit unterbrochener Arbeit**

#### **2. A a. Der Stosherd**

§ 448. *Der Stosherd ist ein an vier Ketten, Seilen oder Stangen aufgehängter Herd, welcher, während die Trübe darüber hinwegläuft, seiner Länge nach vorwärts angeschoben wird und beim Zurückschwingen gegen einen festen Widerhalt anstößt. Durch den Ausschub werden unter Mitwirkung des über den Herd strömenden Wassers, die leichteren Gemengtheile des Vorrathes vorwärts und über den Herd hinabgeführt, durch den Anprall aber die schwereren darauf befestigt, ja sogar weiter hinaufgerückt.*

*Der Stoßherd scheint... gegen die Mitte des vorigen (des 18., Anm. d. Red.) Jahrhunderts erfunden worden zu sein, wo jedoch und wann zuerst angewendet, ist ungewiss, vielleicht in Böhmen, Salzburg oder Tyrol.*

*Im Freiburger Revier, in Sachsen, wurden die ersten Versuche damit durch den damaligen **General-Bergdirector Gärtner, Edler von Gartenberg**, veranlasst und durch den dazu berufenen Pochwerksinspector zu Joachimsthal in Böhmen, **Thaddäus Hellmich** auf den Halsbrückener Berggebäuden bei Freiberg angestellt. Sie wurden einige Jahre dort und auf einigen anderen Gruben, bis 1759, ja auf der Grube Himmelfürst sogar bis 1765, fortgesetzt, auf dieser mindestens wieder aufgenommen. Sie fielen jedoch nicht günstig aus, weil die Stoßherde noch unvollkommen, die böhmischen Wäscher aber mit der Behandlung der Freiburger Erze nicht bekannt waren; man konnte damit keine reinen Schliche darstellen, Schlämme gar nicht verwaschen. Auch wurden damals als weitere Gründe gegen ihre Verbreitung ... angeführt: Wassermangel und „dass die Leute arbeitslos würden“.*

*Nach längerer Zeit nahm man die Versuche in Sachsen wieder auf, und zwar im Jahre 1774 auf Himmelfürst, schon vorher jedoch im Johannegeorgenstädter Revier – wieder durch böhmische Wäscher; ein Beweis, dass in Böhmen die Stosherde beibehalten und wohl auch ausgebildet worden waren. Diese zweite Aufnahme scheint daher besser ausgefallen zu sein, die Versuche vervielfältigten sich und im Jahre 1777 wurde die allgemeine Einführung angeordnet, ohne dass jedoch die liegenden Herde ganz aufgegeben werden sollten... Mehr erhielten sich jene neben, ja ausser den Stosherden in obererzgebirgischen Revieren, wo letztere, so namentlich bei der Zinnaufbereitung, erst gegen Ende des ersten Viertels des jetzigen (19.) Jahrhunderts an die Stelle der Planherde treten...*

*Abgesehen von Gewohnheit und Herkommen stand ihrer Einbürgerung an vielen Orten der Umstand entgegen: dass man sie nicht ihrem Character entsprechend behandelte, indem man die Hauptaufgabe darin suchte: auf ihnen möglichst schnell und ohne häufige Wiederholungen reinen Schlich darzustellen, ferner der, dass man fürchtete dadurch den Arbeitern Beschäftigung zu entziehen und „Leute zu beschäftigen“ ja lange Zeit als ein hauptsächliches Ziel des ganzen Bergwerksbetriebes betrachtet wurde; eine Aussicht an deren Stelle in neuester Zeit eben wie so oft und in ebenso ungerechtfertigter Uebertreibung die gestellt worden ist: So wenig als möglich Handarbeit zu verwenden, alles wo immer durch Maschinen verrichten zu wollen...“*

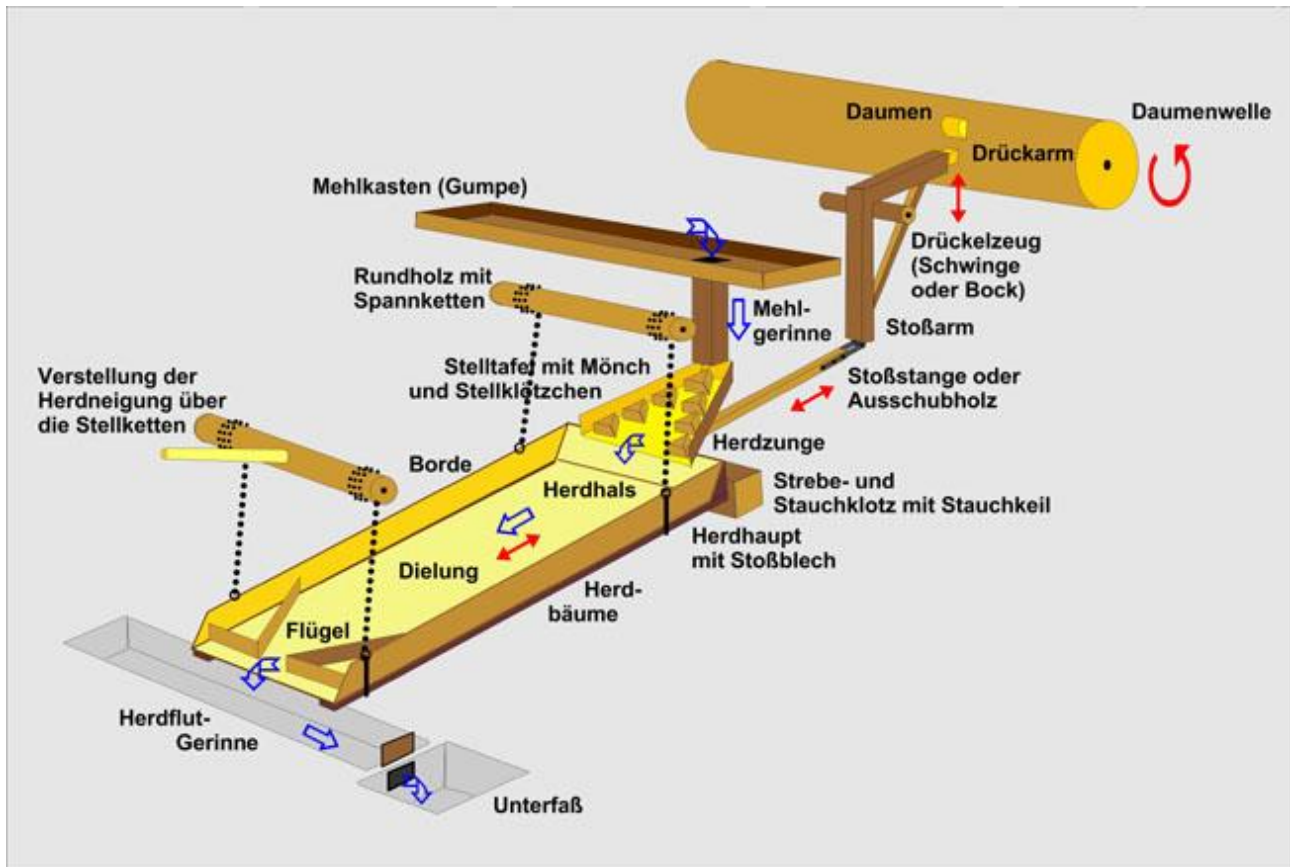
(Quelle: **M. F. Gätzschmann**, Bergrath und Professor der Bergbaukunst a. D.: Die Aufbereitung, 2. Band, Verlag Arthur Felix Leipzig, 1872, S. 405 ff)

Aha: Obwohl Pochwerke und Stoßherde heute im Technischen Museum direkt nebeneinander stehen, ist die Erfindung der Pochwerke also rund 250 Jahre älter als die der Langstoßherde ! Offensichtlich haben unsere Vorfahren Bewährtes immer beibehalten und durch neu Erprobtes nur ergänzt...

Zur Person: **Moritz Ferdinand Gätzschmann** (\* 24. August 1800 in Leipzig; † 18. Februar 1895 in Freiberg) war Bergmann, besuchte 1820 die Bergschule und 1821 die Bergakademie zu Freiberg, wurde 1829 Maschinenbausekretär zur Assistenz des Maschinendirektors und Assessor in Bau- und Maschinenangelegenheiten in sämtlichen sächsischen Bergämtern. In dieser Stellung blieb er bis 1835, lehrte 1832 bis 1834 in Freiberg allgemeine Markscheidekunst, wurde 1835 Lehrer der Bergbaukunst an der Akademie und Assessor im Bergamt Freiberg. 1836 zum Professor ernannt, leitete er seit 1841 die Lehranstalt für mechanische Baugewerke, wurde 1862 zum Bergrat ernannt und trat 1872 in den Ruhestand. (Wikipedia)

### 3.3. Zur Funktionsweise eines Langstoßherdes

An dieser Stelle malen wir uns alles bisher Gelesene besser mal auf: Schematische Darstellung der wichtigsten mechanischen Teile eines Langstoßherdes. Das Herdgerüst oder den Herdstuhl haben wir der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Dafür haben wir – nur der Erläuterung des Begriffes halber – die „Flügel“ eingezeichnet, auch wenn solche bei Stoßherden ungebrauchlich waren.



Wie der Stoßherd denn nun aber wirklich funktioniert, das beschreibt uns Herr Bergrat Gätzschnmann ein paar Seiten weiter:

#### **„Die Arbeit auf dem Stosherde.**

§ 474. *Wie schon... gesagt worden, erfolgt die Absonderung auf dem Stosherde...*

1. *zufolge des Falles desselben (hier ist seine Neigung gemeint, Anm. der Red.), welcher, wie bei jedem anderen Herde die Trübe mit einer gewissen Geschwindigkeit darüber hinabströmen und während dessen die schwereren Theilchen darauf zuerst absetzen, die leichteren aber weiter hinabgehen, beziehendlich ganz abschütten lässt;*
2. *durch den Ausschub welcher dieses Fortschieben und Abschütten unterstützt;*
3. *durch den Rückfall gegen die Stauchvorrichtung, durch den die schweren Theile auf dem Herde befestigt, ja sogar aufwärts gerückt werden. Dieser Anprall, das plötzliche Aufhalten des Rückfalles des Herdes in seiner größten Geschwindigkeit, wird zugleich ein Fluthwelle erzeugt die, zurückströmend, ebenfalls wieder das Hinabschwemmen des Leichteren befördert; andererseits wird der Herd, wenn er in richtiger Weise oben an kürzeren Ketten aufgehängt ist als unten, im Augenblicke des weitesten Ausschubes den größten Fall haben und deshalb am stärksten abschütten.*

*Nach dieser Theorie würde zu einer vollständigen Wirkung gehören, dass der Ausschub mit solcher Geschwindigkeit beginne, dass die schwereren Theile wegen ihres größeren Beharrungsvermögens dieser Vorwärtsbewegung nicht sogleich folgen können, so dass der Herd unter ihnen hinweggeht, diese ohnehin allmählich an Geschwindigkeit abnehmende Vorbewegung aber in dem Augenblicke aufhört, in welchem sich jene niedersetzen, so dass sie die nun mit Null beginnende Rückwärtsbewegung gleich mit annehmen.*

*Durch den endlichen Abfall des Herdes wird gegentheils dieser in seiner Bewegung plötzlich gehemmt, während jene Massen ihren Weg mit voller Endgeschwindigkeit und dem derselben zugehörigen Beharrungsvermögen fortzusetzen streben. Je schneller und weiter der Ausschub erfolgt, desto deutlicher tritt dieser Vorgang auf, weil dann der Herd noch über das Maß des ihm vom Drückkopfe ertheilten Stoßes hinausfliegt...*

*Je schwächer der Stoß, je geringer die Geschwindigkeit des Ausschubes, desto mehr verschwindet der auf ihn fallende Theil der Sonderung und bleibt nur der beim Rückpralle übrig; das Hinaufrücken des Schwereren beim Anpralle aber hängt natürlich von der Stärke desselben, somit von der Weite des Ausschubes, dem Maße der Erhebung des Herdes, also der Spannung, und damit dem Momente des Anpralles, ferner aber von dem Grade der Neigung der Herdfläche, somit der nach rückwärts zu überwindenen Steigung ab; je schwächer der Stoß und Spannung, je stärker die Steigung ist, desto weniger wird natürlich ein Hinaufrücken eintreten können; ein Bestreben dazu wird aber stets vorhanden sein.“*

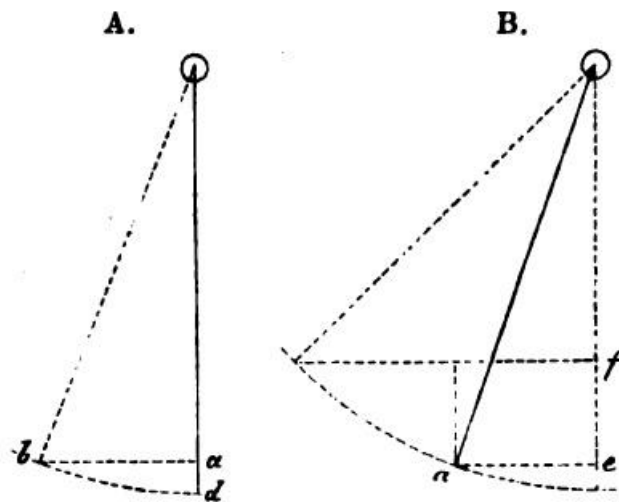
Wie man sieht, hatten die Ingenieure auch früher schon so einige Schwierigkeiten, das komplexe Zusammenwirken von Strömung und mechanischer Bewegung zu erklären, geschweige denn verständlich darzustellen. Schauen wir uns deshalb mal den eigentlichen Bewegungsablauf des Herdes genauer an. Dazu blättern wir wieder etwas zurück (zur Seite 416 ff) und zitieren noch einmal Herrn Bergrat a. D. Gätzschnann:

*„§ 453. Die Aufhängung des Herdes. ...*

*Die Benennung Spannketten bezieht sich auf deren Zweck: dem Herde zugleich die nöthige Spannung zu geben. Unter Spannung aber versteht man dasjenige Verhältnis der Aufhängung, zufolge dessen der Herd beim Rückgange gegen einen Widerhalt mit größerem oder kleineren Momente anfällt, d. h. das Verhältnis seiner Aufhängung ausserhalb seines Schwerpunktes, im Zustand der Ruhe.*

*Dieses Moment wächst natürlich bei gleich weitem Ausschube mit der Abweichung von der Saigerlinie, welche die Spannketten schon im Zustande der Ruhe haben, zufolge deren also sie und der Herd noch weiter zurückfallen würden, wenn nicht die Stauchvorrichtung diess verhinderte. Mit dem einem gewissen Ausschube zugehörenden Bogen wird der Herd umso höher erhoben, ... je weiter der Anfangspunkt des letzteren vor der Saigerlinie steht; je höher aber demnach der Herd bei der Pendelbewegung gehoben wird, desto kräftiger muss er auch zurückfallen. Wird also ein ohne alle Spannung aufgehängter Herd um die Länge  $a$   $b$  (Fig. 279 A.) ausgeschoben, so fällt er von der Höhe  $a$   $d$ , ist dagegen schon mit der Spannung  $e$   $a$  (Fig. 279 B.) aufgehängt, so fällt er bei demselben Ausschube von der Höhe  $e$   $f$  zurück. Je kürzer die Spannketten, je kleiner also der Halbmesser des von ihnen beschriebenen Bogens, desto größer wird der Einfluss dieses Verhältnisses.“*

Fig. 279.



Oben übernommene Abbildung 279 illustriert uns nun sehr schön, welche Bewegung der Herd eigentlich ausführt: Er pendelt nämlich auf einem Kreisbogensegment. Beim Anheben wird er zugleich angehoben, beim Rückfall senkt er sich ab. (Aufgrund des zumeist geringeren Anstellwinkels der Stellketten und der oft kürzer gewählten Länge der Spannketten beschreibt ein Punkt auf dem Herd tatsächlich eine im unteren Teil kleinere, im oberen Teil größere Parabel.) Das Anheben bewirkt nebenbei eine Zunahme des Anpressdruckes des einzelnen „Schlich-Theilchens“ gegen die Herdfläche (bzw. andersherum: der Herd drückt von unten gegen den Schlich), welcher sonst allein aus der Gewichtskraft resultieren würde. Diese Vorwärtsbewegung erfolgt noch ziemlich langsam und stetig, so daß die Trägheit des Körnchens dazu führt, daß es (im Moment des unmittelbaren Anchiebens) vielleicht ein wenig gegen die Bewegung des Herdes „zurückrollt“, sonst aber der Bewegung des Herdes unter ihm folgt.

Beim Absinken des Herdes nach dem Überschreiten seines „Totpunktes“ – beim maximalen Ausschub – wird dann das Schlichkörnchen kurz „schwerelos“, weil der Herd gewissermaßen unter ihm wegsackt und es schwimmt in der über es hinweggehenden Strömung auf, so dass es erst jetzt vollkommen beweglich wird. Aufgrund des Rückfalles „im freien Fall“ ist die Rückwärtsbewegung des Herdes im Gegensatz zur vorangegangenen aber nun eine beschleunigte Bewegung und wie jeder weiß (...das hatten wir doch alle mal in der Schule:  $F = m \cdot a$ ) – damit wirken jetzt Kräfte auf unser „Theilchen“. Die Beschleunigung resultiert aus der Erdanziehung und ist genau genommen die Komponente der Fallbeschleunigung in Tangentialrichtung des Parabelbogens. Die Beschleunigung führt nun wiederum dazu, daß nach der Dauer  $\Delta t$  des Rückfalles des Herdes bis zum Anprall jedes der ihm aufliegenden Schlichkörnchen eine Geschwindigkeit  $v$

$$(6) \quad v = m \cdot a \cdot \Delta t$$

und einen Impuls  $p$

$$(7) \quad p = m \cdot v = F \cdot \Delta t$$

erwirbt.

Weil außer der Masse  $m$  alles vektorielle Größen sind, sind  $F$ ,  $p$  und  $v$  allesamt in die Bewegungsrichtung des Herdes – jetzt also „rückwärts“ – orientiert.



Jetzt kommt der Anprall. Erneut schlägt das Trägheitsprinzip zu – oder wenn man so will, der Impulserhaltungssatz. Während der Herd nämlich abrupt „stehenbleibt“, schwimmt unser Schlichteilchen munter weiter in Richtung des Herdhalses. Dabei wird es von der ihm nun ja entgegenkommenden Wasserströmung und – mit seinem Absinken auf den Herd – auch wieder von der Reibung abgebremst und plumpst endlich zurück auf die Herdfläche. Wenn man anstelle des Herdes ein dem Körnchen eigenes Bezugssystem nutzt, könnte man auch sagen: Es bekommt beim Anprall des Herdes einen Kraftstoß  $I$ , der seinen Impuls verändert und letztlich auf Null „ausbremst“:

$$(8) \quad I = \Delta p = F \cdot \Delta t$$

So weit, so klar. Warum „sortiert“ sich dabei aber nun der Schlich?? Die Antwort liegt in der Masse  $m$ . Die ist nämlich bekanntermaßen bei gleichem oder zumindest hinreichend ähnlichem Korndurchmesser (respektive Kornvolumen  $V$ ) vom Material und seinem spezifischem Gewicht, also der Dichte  $\rho$  abhängig:

$$(9) \quad \rho = m / V, \text{ also:}$$

$$(10) \quad m = \rho \cdot V$$

Ein paar Zahlenangaben zur Dichte verschiedener Stoffe haben wir in folgender Tabelle zusammengestellt. Um es zu verdeutlichen, haben wir darin einige gesteinsbildende Minerale und Gangarten grau und einige Erzminerale, die beim Verwaschen im Schlich enthalten gewesen sein können, gelb hervorgehoben. Natürliche Stoffgemische – z. B. Gesteine – besitzen gewöhnlich keine Materialkonstanten wie reine Stoffe, sondern Streubreiten ihrer Kennwerte, die von der genauen Zusammensetzung, Porosität, Wassergehalt usw. abhängen.

Stoff / Mineral	chem. Formel (Minerale)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Nutzstoff
Balsaholz		0,10 - 0,20	
Eichenholz		0,80	
Eis (bei 0°C)	H <sub>2</sub> O	0,92	
Wasser (bei 0°C)	H <sub>2</sub> O	1,00	
Braunkohle		1,20 - 1,30	
Steinkohle		1,35	
Sand		1,80 - 2,05	
Ton		1,90 - 2,15	
Halit	NaCl	2,10 - 2,20	
Gips	CaSO <sub>4</sub>	2,30	
Sandsteine		2,30 - 2,67	
Orthoklas	K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]	2,56 - 2,60	
Plagioklas	Ca,Na[(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub> ]	2,62 - 2,76	
Granit		2,62	
Quarz	SiO <sub>2</sub>	2,65	
Calcit	CaCO <sub>3</sub>	2,70	
Tonschiefer		2,75	
Glimmerschiefer		2,75	
Muskovit		2,80 - 2,90	

Stoff / Mineral	chem. Formel (Minerale)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Nutzstoff
Basalt		2,96	
Dolomit	(Mg, Ca) CO <sub>3</sub>	2,90 - 3,00	
Dunit		3,30	
Diamant	C	3,51	
Cerussit	Pb[CO <sub>3</sub> ]	3,00 - 3,50	
Amphibole*	Na <sub>2</sub> (Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> )Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>	3,00 - 3,60	
Fluorit	CaF <sub>2</sub>	3,20	
Pyroxene**	(Mg,Fe) <sub>2</sub> [Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ]	3,20 - 3,60	
Olivine	(Mg,Mn,Fe) <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ]	3,20 - 4,30	
Rhodochrosit	Mn[CO <sub>3</sub> ]	3,30 - 3,60	Mangan
Ankerit	CaFe[CO <sub>3</sub> ] <sub>2</sub>	3,50 - 4,00	
Granate***	Fe <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	3,50 - 4,50	
Malachit	Cu <sub>2</sub> [(OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	3,60 - 4,05	Kupfer
Azurit	Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	3,80	Kupfer
Sphalerit	ZnS	3,90 - 4,20	Zink (Silber)
Chalkopyrit	CuFeS <sub>2</sub>	4,10 - 4,30	Kupfer (Silber)
Baryt	BaSO <sub>4</sub>	4,50	
Ilmenit	FeTiO <sub>3</sub>	4,50 - 5,00	
Pyrrhotin	FeS	4,58 - 4,65	Eisen
Fahlerze	Cu <sub>3</sub> (Sb, As)S <sub>4</sub>	4,60 - 5,20	Kupfer (Silber)
Pyrit	FeS <sub>2</sub>	4,95 - 5,20	Eisen (Schwefel)
Magnetit	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5,10 - 5,02	Eisen
Hämatit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,10 - 5,30	Eisen
Arsenopyrit	FeAsS	6,01 - 6,18	Arsen (Silber)
Scheelit	Ca[WO <sub>4</sub> ]	6,10	
Pyromorphit	Pb <sub>5</sub> [Cl(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ]	6,70 - 7,10	Blei
Galenit	PbS	7,20 - 7,60	Blei (Silber)
Stahl, unlegiert	Fe	7,85	
raff. Kupfer	Cu	8,92	
ged. Wismut	Bi	9,80	Wismut
ged. Silber	Ag	10,49	Silber
Palladium	Pd	12,00	
Quecksilber (bei 0°C)	Hg	13,59	
ged. Gold	Au	19,30	
Platin	Pt	21,45	
Osmium	Os	22,61	

\*) Glaukophan als Beispiel für die chemische Zusammensetzung

\*\*) Orthopyroxen als Beispiel

\*\*\*) Almandin als Beispiel

Die Zweiteilung ist ganz augenscheinlich: Alles, was wirtschaftlich besonders interessant ist, steht in der zweiten Hälfte der Tabelle bei den höheren Dichten. Insbesondere die gediegen vorkommenden, „edlen“ Metalle stehen sämtlich ganz unten. Deshalb besitzen die Erzteilchen im Schlich auch den größeren Impuls und „fliegen“ in der Trübe weiter rückwärts als die tauben Bestandteile.

Weil ein kleineres Schlichpartikel größerer Dichte aber die gleiche Masse wie ein größeres, taubes Teilchen besitzen kann, ist es sehr wichtig, das Pochgut fein säuberlich nach Korngrößen selektiert auf den Herd zu geben. Vielleicht war das eine der Erfahrungen, die man im 18. Jahrhundert erst einmal machen mußte, bevor die Stoßherde effektiv arbeiteten und sich die Mechanisierung in der Aufbereitung durchsetzen konnte.

Nicht zu vergessen ist noch ein zweiter Effekt: Auf einen Körper, der in ein Fluid (z. B. in unsere Trübe) mit der Dichte  $\rho_F$  getaucht wird, wirkt bekanntlich eine Auftriebskraft  $F_A$  mit dem Betrag:

$$(11) \quad F_A = g \cdot \rho_F \cdot V$$

Dabei ist  $V$  das vom Körper verdrängte Volumen des Fluids (oder umgekehrt: das Volumen des Körpers, der in das Fluid eintaucht – deshalb kann hier auf die Indizierung „F“ verzichtet werden). Das Produkt  $\rho_F \cdot V$  ist die Masse des vom Körper verdrängten Fluids und  $g \cdot \rho_F \cdot V$  ist seine Gewichtskraft. Die Auftriebskraft wirkt natürlich der Erdanziehungskraft entgegen und macht sich als „Auftrieb“ bemerkbar. Will man wissen, wer besser schwimmt, muß man die „Schwerkraft“ (eigentlich „das Gewicht“  $G$ ) zur Auftriebskraft in Beziehung setzen:

$$(12) \quad G = m \cdot g, \text{ bzw. wegen (10) ist}$$

$$(13) \quad G = (\rho \cdot V) \cdot g$$

Mit „ $\rho$  ohne Index“ ist jetzt natürlich die Dichte unseres Teilchens in der Trübe gemeint. Das Verhältnis beider Kräfte kann man so zusammenstellen:

$$(14) \quad F_A / G = (g \cdot \rho_F \cdot V) / (\rho \cdot V \cdot g)$$

Weil wir in Mathe aufgepaßt haben, können wir nicht nur die Schwerebeschleunigung  $g$ , sondern auch noch das Volumen herauskürzen, von dem wir ja wissen, daß das verdrängte Fluidvolumen mit dem Volumen des verdrängenden Körpers übereinstimmen muß und erhalten so die ganz einfache Beziehung:

$$(15) \quad F_A / G = \rho_F / \rho$$

Wie man sieht: Ist  $\rho_F > \rho$ , dann ist auch  $F_A > G$  und der Körper schwimmt auf, umgekehrt geht er unter. Weil die eine Kraft nach unten, die andere nach oben wirkt, ist die Summe beider nämlich eigentlich (vektoriell) ihre Differenz und deshalb geht das Trübeteilchen umso schneller unter, je größer  $\rho$  gegenüber  $\rho_F$  ist. Heureka !

Deshalb also bleiben die tauben Anteile länger „in der Schwebe“ als die erzhaltigen und werden mit dem Zurückfluten der beim Anprall des Herdes in der Trübe entstehenden Welle weiter nach unten gespült.

Der unterschiedliche Auftrieb ist übrigens auch die selektierende Kraft bei der Sieb- und Setzarbeit. Schwerere Teilchen sinken schneller ab als leichtere und reichern sich deshalb „unten“ auf dem Sieb an.

Dies macht man sich heute bei der sogenannten „Schwerertrübe-Trennung“ zunutze. Dabei wird aber – in Weiterentwicklung der Schlämmgräben – die Dichte der Flüssigkeit gezielt beeinflusst, um das jeweils interessierende Mineral aus dem Pochgang anzureichern.

Über dieses schon sehr moderne Verfahren kann man z. B. bei Wikipedia (durch die Redaktion unwesentlich ergänzt) lesen:

**Schwertrübetrennung** ist ein mechanisches Trennverfahren, das auf der unterschiedlichen Dichte der zu trennenden Stoffe – insbesondere dem daraus resultierenden Auftrieb in einer Flüssigkeit spezifisch beeinflusster Dichte (der Schwere-Trübe) – beruht.

*Es handelt sich um eine Sonderform des Schwimm- / Sink-Verfahrens. Die Schwertrübe ist eine Suspension aus Wasser und feinen Schwerstoffpartikeln, deren Dichte durch Veränderung des Verhältnisses von Wasser zu Schwerstoff genau eingestellt werden kann. Wird das zu trennende Gemisch in die Schwertrübe gegeben, schwimmen die spezifisch leichteren Stoffe auf, während die spezifisch schwereren absinken. Welche Stoffe als Schwimmgut bzw. Sinkgut getrennt entfernt werden können, wird über die variable Dichte der Schwertrübe reguliert. Die Trübe muss ständig in Bewegung gehalten werden, damit die Schwerstoffpartikel sich nicht am Boden des Behälters absetzen. Oft lässt man dazu das Wasser von unten nach oben durch den Behälter strömen (Aufstromsortierer). Dabei können auch Teile des zu trennenden Gemischs direkt die Funktion des Schwerstoffes in der Trübe übernehmen.*

Eigentlich ähnlich, aber nun schon unterstützt von der Chemie, funktioniert die sogenannte Flotation. Bei diesem Verfahren wird der Auftrieb aber durch an den Erzteilchen in einer Suspension anhaftende Gasbläschen künstlich vergrößert. Damit man „die richtigen“ aussortiert, setzt man der Suspension Chemikalien hinzu, welche die Oberflächenbenetzbarkeit bei den anzureichernden Nutzmineralien herab- oder heraufsetzen, so daß die Gasbläschen nur „an den anderen“ haften. Die Blasen vergrößern natürlich bei minimaler Dichte das Volumen und damit den Auftrieb der Teilchen, an denen sie haften, gewaltig. Der Einfachheit halber zitieren wir gleich noch einmal Wikipedia zu diesem Trennverfahren:

**Flotation** (von englisch: to float – schweben, treiben, aufschwimmen) ist ein physikalisch-chemisches Trennverfahren für feinkörnige Feststoffe aufgrund der unterschiedlichen Oberflächenbenetzbarkeit der Partikel. Dabei macht man sich zunutze, dass Gasblasen sich leicht an hydrophobe, d. h. durch Wasser schwer benetzbare Oberflächen anlagern und den Partikeln Auftrieb verleihen, so dass diese schwimmen. Voraussetzung ist, dass das verwendete Gas sich selbst schwer in Wasser löst. Unter diesen Bedingungen sammeln sich an den hydrophoben Partikeloberflächen die ebenfalls hydrophoben Gasblasen. Das Verfahren wird beispielsweise im Bergbau als Aufbereitungsverfahren eingesetzt, um Erze und Gangart in einer wässrigen Aufschlämzung (Suspension) zu trennen. Es hat in den meisten Anwendungsbereichen das traditionelle Abschlämmen abgelöst. Flotation gehört nicht, wie häufig irrtümlich angenommen, zu den Trennverfahren aufgrund der Dichte.

Der letzte Satz bedarf noch des Zusatzes, daß der Auftrieb selbstverständlich und gerade durch das Dichte-Verhältnis zwischen Stoffteilchen und Flüssigkeit bestimmt wird – aber weil es sich ja nicht um die Stoffdichte des Erzkonzentrates, sondern um ein chemisch erzeugtes „Konglomerat“ aus Partikeln und Gasbläschen handelt, kann man ihn auch so stehen lassen.

Wir lassen diesen Beitrag jetzt und an dieser Stelle so stehen, wie er ist; weil er schon lang genug geworden ist und hoffen, daß wir einen vielleicht unvollständigen, aber doch lesenswerten Einblick in einige technische Themen gegeben haben und daß wir das Interesse unserer Leser für die dem Bergbau „nachgeschaltete“ Industrietechnologie wecken konnten.

Glück Auf!

J. Boeck.

## 4. Verwendete Quellen

1. lampertus.de
2. beierfeld.de
3. schaubergwerk.de
4. hfbhk.de (Historische Freiburger Berg- und Hüttenknappschaft)
5. wikipedia.org
6. ossberger.de
7. deutschefotothek.de, historisches Bildmaterial
8. Georgius Agricola: De Re Metallica Libri XII. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, Basel, 1556, Achstes Buch, deutsche Übersetzung von Carl Schiffner 1928. Faksimile-Druck der 3. Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf 1978
9. Lorenz Peckenstein (Laurentius Peccenstein): Theatrum Saxonicum, 1. Theil, p. 124, Verlag Henning Grosse, d. Ältere, Leipzig 1608 (digit.hab.de)
10. Heinrich August Pierer's Universal-Lexikon der Vergangenheit und Gegenwart oder Neuestes encyclopädisches Wörterbuch der Wissenschaften, Künste und Gewerbe. 4. Auflage 1857–1865, Altenburg (zeno.org)
11. Meyers Konversations-Lexikon, Autorenkollektiv, Verlag des Bibliographischen Instituts, Leipzig und Wien, 4. Auflage, 1885-1892; 2. Band, Seite 52 (lexikon-und-encyklopaedie.de)
12. books.google.com, u. a.:
  - M. F. Gätzschmann, Bergrath und Professor der Bergbaukunst a. D.: Die Aufbereitung, 2. Band, Verlag Arthur Felix Leipzig, 1872, S. 405 ff
  - Otto Lueger: Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften, Bd. 5 Stuttgart, Leipzig 1907, S. 41-47
13. J. Schön: Petrophysik – physikalische Eigenschaften von Gesteinen und Mineralen, Enke, Stuttgart und Akademie Verlag, Berlin, 1983
14. Regionalmanagement und Bürgermeisterrat Klosterbezirk Altzella (Hrsg.): Der Rothschönberger Stolln, Eigenverlag, Druckerei Wagner, 2005

## Impressum

**Herausgeber:** Bergbauverein  
„Hülfe des Herrn, Alte Silberfundgrube e.V.“  
Albert-Schweitzer-Straße 16  
09669 Frankenberg  
Tel. 0171/8943913  
Mail: [bergwerk@bergbau-im-zschopautal.de](mailto:bergwerk@bergbau-im-zschopautal.de)  
Internet: [www.bergbau-im-zschopautal.de](http://www.bergbau-im-zschopautal.de)


**Autor:** Helmut-Juri Boeck  
Wasserturmstraße 15  
09599 Freiberg  
Mail: [boeck@unbekannter-bergbau.de](mailto:boeck@unbekannter-bergbau.de)

**Redaktion:** Lutz Mitka  
Freiberger Weg 2  
09633 Halsbrücke  
Mail: [redaktion@unbekannter-bergbau.de](mailto:redaktion@unbekannter-bergbau.de)

Helmut-Juri Boeck  
Wasserturmstraße 15  
09599 Freiberg  
Mail: [gestaltung@unbekannter-bergbau.de](mailto:gestaltung@unbekannter-bergbau.de)

### Anmerkung der Redaktion:

Sofern in der Bildunterschrift keine besondere Quelle angegeben ist, sind alle im Beitrag verwendeten Fotos eigene Aufnahmen oder sie wurden unserer Redaktion vom Verfasser zur Verfügung gestellt.

Alle Einzelbeiträge beziehen sich auf den vorn angegebenen Stand der Recherchen. Insofern zu einem späteren Zeitpunkt Ergänzungen oder Korrekturen erfolgten, sind alle Beiträge online auf  [www.unbekannter-bergbau.de](http://www.unbekannter-bergbau.de) in der jeweils aktuellen Fassung zu finden.

Die Nummerierung der Einzelbände und Hefte folgt im Wesentlichen ihrem Erscheinungsdatum. Die drei kleinen Teilbeiträge wurden ab August 2010 erstellt, die letzte hier berücksichtigte Ergänzung erfolgte im Februar 2017.

### Bisher veröffentlichte Bände aus dieser Reihe:

- Band 1: Leben und Wirken des Bergmannes und Heimatfreundes Reinhold Klanthe und seine Chronik zum Halsbrücker Bergbau
- Band 2: Das Alaunwerk Schwemsal bei Bad Düben