

# Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands

25. Jg., 1/2020

Heft 41



*Sachzeugen der chemischen Industrie e.V.*



# Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands

Heft 41  
1/2020  
25. Jahrgang

---

## Wasser und Chemie

### INHALT

---

Über das Wasser - Ein Vorwort	3
<hr/>	
<b>Klaus Krug</b> Von der Alchemie über die Jatrochemie zum Phlogiston – Die Herausbildung der modernen Chemie	19
<hr/>	
<b>Thomas Martin</b> Von DÖBEREINER über WINKLER und BERZELIUS bis OSTWALD – Zur Entstehung des Katalyse-Begriffs	39
<hr/>	
<b>Jürgen Koppe</b> Wilhelm OSTWALD - Sein Wirken und seine Bedeutung für die Gründung und Entwicklung der MOL Katalysatortechnik GmbH	59
<hr/>	
<b>Jan Koppe</b> Merseburger Ansichten zum Wasser ... und ihre Bedeutung für Europa	84
<hr/>	
<b>Horst Wingrich</b> Merseburgs historische Wasserversorgung	101
<hr/>	
Sachzeugen vorgestellt: Der ‚Merseburger Zauberwürfel‘ - MOL <sup>®</sup> LIK in Haushalten	133
<hr/>	
Sachzeugen vorgestellt: Ein Wasserspiel im Technikpark des Deutschen Chemie-Museums in Merseburg	136
<hr/>	
Mitteilungen aus dem Verein	140

---

Wir danken der

## MOL Katalysatortechnik GmbH

(Geschäftsführender Gesellschafter **Dr. Jürgen Koppe**)

für das Sponsoring dieser Ausgabe.



## Impressum

### Herausgeber:

Förderverein ‚Sachzeugen der chemischen Industrie e.V.‘ (SCI), Merseburg, c/o Hochschule Merseburg (FH), Eberhard-Leibnitz-Straße 2, 06217 Merseburg  
Vorstandsvorsitzender: Prof. Dr. Thomas Martin  
Internet [www.dchm.de](http://www.dchm.de)

### Redaktion:

Prof. Dr. sc. Klaus Krug  
Prof. Dr. habil. Hans Joachim Hörig  
Dr. rer. nat. habil. Dieter Schnurpfeil (Federführung)

**Layout und Gestaltung:** Dr. Dieter Schnurpfeil

**Druck:** MERCO MTW / Druckerei & Werbung, Merseburg, Klobikauer Straße 1D

### Umschlagbilder:

Vordere Umschlagtitelseite: Blick von Nordosten in den Technikpark des **Deutschen Chemie-Museums (DChM)** Merseburg auf das Gerüst mit der Ammoniak-Synthesekammer (1) und das Gebäude mit der Umlaufpumpe (2, siehe Lageplan, Foto: Martin Thoß)

Hintere Umschlagaußenseite\_oben: Blick von Südosten auf die Chloralkalielektrolysezelle aus den Chemischen Werken Buna (9) unterm Schleppdach im DChM (Foto: Martin Thoß),  
\_unten: Lageplan des Technikparks des DChM (SCI)

Vordere Umschlaginnenseite\_oben: ‚Mole in Warnemünde mit Regenbogen‘ (Foto: Jürgen Koppe, 2019), \_unten: ‚Sonnenaufgang an der Saale in Schkopau‘ (Foto: Sylvia Koppe, 2019)

Hintere Umschlaginnenseite: ‚Sonnenaufgang in Warnemünde‘ (Öl auf Leinwand, 80x100 cm, Jürgen Koppe, 2018)

Das Quellenverzeichnis der Bilder der einzelnen Beiträge befindet sich auf der letzten Seite des Heftes.

**Redaktionsschluss:** März 2020

**ISBN:** 978-3-948058-25-8

## „Über das Wasser“ – ein Vorwort

---



**Wasser** ist das Lebenselixier des Menschen. In Märchen und Sagen heißt es oft verklärend „*Wasser des Lebens*“. Während wir Menschen mehrere Wochen ohne Nahrung, ohne zu essen auskommen, können wir ohne Wasser nicht lange leben. Man geht von einem Richtwert von drei Tagen aus. Im Extremfall und unter bestimmten Bedingungen konnten Menschen ohne zu trinken bis zu einer Woche überleben [1a].

**Wasser** begegnet uns als Regen, in Rinnsalen, Bächen und Flüssen, in Pfützen, Tümpeln, Seen und Ozeanen (s.a. die Bilder auf den Umschlaginnenseiten). Wasser kommt in der Natur selten rein vor, sondern enthält unterschiedliche Mengen gelöster Salze, Gase und Anteile organischer Verbindungen. Das meiste Wasser auf der Erde ist Salzwasser. Etwa drei Viertel der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Deshalb, und weil es aus dem Weltall betrachtet so schön aussieht, nennt man unsere Erde auch „*Der Blaue Planet*“.

Der Städter würde vielleicht sagen: „*Es kommt aus dem Wasserhahn.*“ Aus tieferen Erdschichten und aus Brunnen gefördert, aufbereitet und gereinigt ist es, zumindest in Deutschland, das bisher unbedenklichste und am besten untersuchte Nahrungsmittel.

Jeder Mensch, selbst zu 60-70% aus Wasser bestehend, trinkt am Tage 1 bis 2 Liter Wasser, also etwa 400 Hektoliter in einem 72-jährigen Leben.

Doch wir brauchen Wasser nicht allein zum Trinken. Eine viel größere Menge verwenden wir zum Kochen, Waschen und zu gewerblichen Zwecken. In Deutschland hatte man für das Jahr 2014 einen Pro-Kopf-Verbrauch von 122 Litern pro Person und Tag ermittelt (ohne Industrie). In trockenen und heißeren Klimazonen können es wesentlich mehr sein [1b].

Als Beispiele für den Wasserverbrauch zur Erzeugung unserer Lebensmittel seien beispielhaft genannt: Zur Herstellung von 1 kg Kartoffeln werden ca. 255 Liter Wasser benötigt, für 1 kg Rindfleisch dagegen bereits ca.  $16 \text{ m}^3$  [1b]. Das sind Zahlen, die nachdenklich machen sollten. Denn die Bereitstellung von Trinkwasser für die Weltbevölkerung bereitet nicht nur in Gebieten extremer Trockenheit Probleme, sondern wird insgesamt immer aufwendiger und schwieriger. Im Beitrag von Jan KOPPE (ab Seite 84) erfahren wir mehr über Wasserverfügbarkeit und Wasserstress.

Wasser spielte in der **Erdgeschichte** stets eine wichtige Rolle. Vor ca. 4,5 Milliarden Jahren war die Erde vollkommen mit Wasser bedeckt. Im Wasser entstanden die Verbindungen, die Grundlage für die Entwicklung des Lebens sind. Wasser begleitet die Evolution von Pflanzen, Tieren und Menschen. Große Klimaschwankungen führten dazu, dass die Erde mit Eis bedeckt war, dass Trockenzonen entstanden. Der Meeresspiegel war schon einmal um 120 m höher als heute. Das Mittelmeer war schon mehrmals ausgetrocknet. Große Meeresströmungen bestimmen bis heute entscheidend das Klima [2,3].

Der **Kreislauf des Wassers** sorgt für eine ständige Zirkulation, in der Regel zwischen Meer und Festland. Darunter versteht man den Transport und die Speicherung von Wasser auf globaler wie regionaler Ebene. Hierbei wechselt das Wasser mehrmals seinen Aggregatzustand und durchläuft die einzelnen Sphären wie Hydrosphäre, Lithosphäre, Biosphäre und die Atmosphäre der Erde. Im Wasserkreislauf geht kein Wasser verloren, es ändert nur seinen jeweiligen Zustand (Bild 1) [1c].

Wasser weist mit  $1 \text{ cal/g}$  ( $4,184 \text{ kJ/kgK}$ ) eine der größten Wärmekapazitäten aller Stoffe auf. Das macht Seen, Meere und Ozeane zu sehr guten Wärmespeichern, die unser Klima beeinflussen und ausgleichend wirken. Ein Beispiel haben wir vor unserer Haustür hier in Mitteldeutschland. Dort, wo vor mehr als 100 Jahren der Kohleabbau im Geiseltal die Grundlage schuf für die Entstehung und den Höhenflug der mittel-

deutschen Chemieindustrie im Raum um Leuna und Schkopau, dort ist in den letzten 20 Jahren der größte **künstlich angelegte See** Deutschlands entstanden. An den Hängen des Geiseltalsees gedeihen seitdem die Weinreben des nördlichsten Weinanbaugebietes Deutschlands dank dieser o.g. Gegebenheiten ganz ausgezeichnet (Bild 2).



Bild 1 Der Kreislauf des Wassers – das Wechselspiel zwischen Verdunstung und Niederschlag, zwischen Oberflächen-, Schmelz- und Grundwasser, zwischen Süß- und Salzwasser [1c]

Bild 2  
Blick vom Weinberg 'Goldener Steiger' nach Südwesten über den Nordteil des Geiseltalsees (im Hintergrund links der Ortsteil Stöbnitz der Stadt Mücheln, Juli 2017)



**Brunnen** haben Menschen schon in grauer Vorzeit geschachtet und gebohrt, um sich mit Trinkwasser versorgen zu können. In Mitteldeutschland wurde 2009 ein mehr als 7.000 Jahre alter Kastenbrunnen beim Autobahnbau A71 zwischen Nieder- und Oberröblingen entdeckt. 2011 wurde er als 22 Tonnen schwerer Erdblock vom Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Halle/Saale geborgen. Durch radiochemische und dendrologische Untersuchungen (Jahresringmethode) konnte nachgewiesen werden, dass die Eiche, aus der die Holzbohle gespalten wurde, im Jahre 5108 v. Chr. gepflanzt worden ist. Damit ist dieser Kastenbrunnen vermutlich der älteste der Welt und das älteste Holzbauwerk Sachsen-Anhalts (Bild 3) [4].



Bild 3  
Der Kastenbrunnen von  
Niederröblingen, der  
Sensationsfund von 2009  
[4]

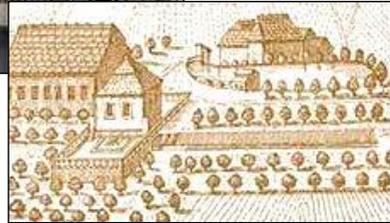
Selbst im hochentwickelten  
Deutschland  
haben sich in ländlichen

Gebieten die Einwohner noch bis in die Mitte des 20. Jh. aus Brunnen mit dem lebensnotwendigen Nass versorgt [5]. Unser Autor Horst WINGRICH stellt uns in seinem Beitrag (ab Seite 101) die historische Wasserversorgung und ausgewählte Brunnen der Stadt Merseburg vor.

**Mineralwässer** sind Grundwässer aus unterirdischen Wasservorkommen mit besonderen Eigenschaften. Sie müssen von ursprünglicher Reinheit sein. Sie enthalten je nach Fundort in sehr unterschiedlichem Maße gelöste Salze und andere Inhaltsstoffe, denen eine mehr oder weniger große, heilende Wirkung nachgewiesen werden konnte. Mineralwässer werden meist direkt am Gewinnungsort (Quelle/Brunnen) abgefüllt [1d,e]. In Mitteldeutschland erlangte der ‚Lauchstädter Heilbrunnen‘ nach seiner Entdeckung um 1700 und dem Nachweis seiner Heilwirkung durch Professor Friedrich HOFFMANN (1660-1742) von der Halleschen Universität (s.a. Beitrag Klaus KRUG ab Seite 19) eine große Bedeutung (Bilder 4a+b) [6,7]. Seit 2001 bis in die jüngste Zeit wird um den Fortbestand der historischen Quelle gerungen [6].



Bilder 4a+b  
Die Bad Lauchstädter Heilquelle, Bild links: Abfüllbetrieb Lauchstädter Heilbrunnen, um 2017 [6], unten: historische Park- und Quellenlagen [7]



**Alte Zivilisationen** bauten Auffangbecken, um kostbares Trinkwasser zu sammeln und zu nutzen. Ein verziertes Steinbecken aus der Zeit um 2000 v. Chr. wurde in den Ruinen der antiken sumerischen Stadt Lagash entdeckt. Die Assyrer konstruierten eine Reihe von Becken, die in der Schlucht des Comel-Flusses in massiven Fels gehauen waren. Die Ägypter hatten geniale Systeme zum Heben von Wasser aus dem Nil zur Bewässerung ihrer Felder. Die Griechen und Römer erbauten sehr intelligente Aquädukte, um Wasser über weite Strecken zu transportieren und zu verteilen [1f].

Doch Wasser ist nicht nur ein Nahrungs-, Wasch- und Bewässerungsmittel. Es dient in seinen vielfältigen Erscheinungs- und Landschaftsformen auch der Erholung und spendet Lebensfreude. Im absolutistischen Mittelalter errichtete man in den Parks der Königs- und Fürstenhöfe Europas imposante **Springbrunnen**, an denen vorbei man defilieren und seinen Reichtum und seine Macht zur Schau stellen konnte. Meist als Prestigeobjekte erbaut, erfreuen solche Wasserspiele oder Springbrunnen bis heute überall auf der Erde die Menschen. Der höchste künstliche Springbrunnen der Welt steht in Dschidda/Saudi-Arabien. Die 1980-83 erbaute und 1985 in Betrieb genommene ‚King Fahd’s Fountain‘ schießt ihre Wassermassen bis zu 312 Meter hoch in den Himmel (Bild 5) [1g]. Um das zu erreichen, fördern hochleistungsfähige Pumpen bei einer Austrittsgeschwindigkeit von ca. 97 Meter/Sekunde etwa 625 Liter/Sekunde ( $2.250 \text{ m}^3/\text{h}$ ) Wasser in die Höhe [1g].

Die 1968 auf der Ziegelwiese in Halle/Saale errichtete Fontäne ist die weltweit drittgrößte ihrer Art und erreicht eine Wassersäulenhöhe von ca. 80 Metern (bei einem Wasseraustritt von ca.  $400 \text{ m}^3/\text{h}$ ) (Bild 6) [1h].

Bild 5

Der höchste künstliche Springbrunnen der Welt,  
die ‚King Fahd’s Fountain‘ in Dschidda/ Saudi-  
Arabien bei Nacht [1g]



Bild 6 Die Fontäne auf der Ziegelwiese, einer  
westlich der Saale und östlich vom Mühlgraben  
umflossenen Binneninsel, gelegen im Stadtteil  
Saaleau der Stadt in Halle/Saale

Ich selbst erinnere mich sehr gern an die klingenden Fontänen in Mariánské Lázně/Tschechien und Jerewan/Armenien. Die Techniker unter uns sind sicherlich mehr an den **Pumpen** und ihrer Wirkungsweise interessiert (Bild 7) [8a]. Ihre Berechnungen nach der Gleichung des Schweizer Mathematikers und Physikers Daniel BERNOULLI (1700-82) (Bild 8) [1i,8b] führen uns hin zu den ‚Merseburger Ansichten zum Wasser‘, die uns hier in ihren Beiträgen unsere Autoren Jürgen und Jan KOPPE vorstellen (ab den Seiten 59 und 84) [8,9].

**Wasser** ist eine chemische Verbindung aus den Elementen Sauerstoff und Wasserstoff (chemische Formel:  $H_2O$ ). Wasser ist als Flüssigkeit durchsichtig, weitgehend farb-, geruch- und geschmacklos. Es ist die einzige chemische Verbindung auf der Erde, die in der Natur sowohl als Flüssigkeit wie auch als Festkörper und als Gas vorkommt. Die Bezeichnung ‚Wasser‘ wird dabei für den flüssigen Aggregatzustand ver-

wendet. Im festen Zustand spricht man von ‚Eis‘, im gasförmigen Zustand von ‚Wasserdampf‘.

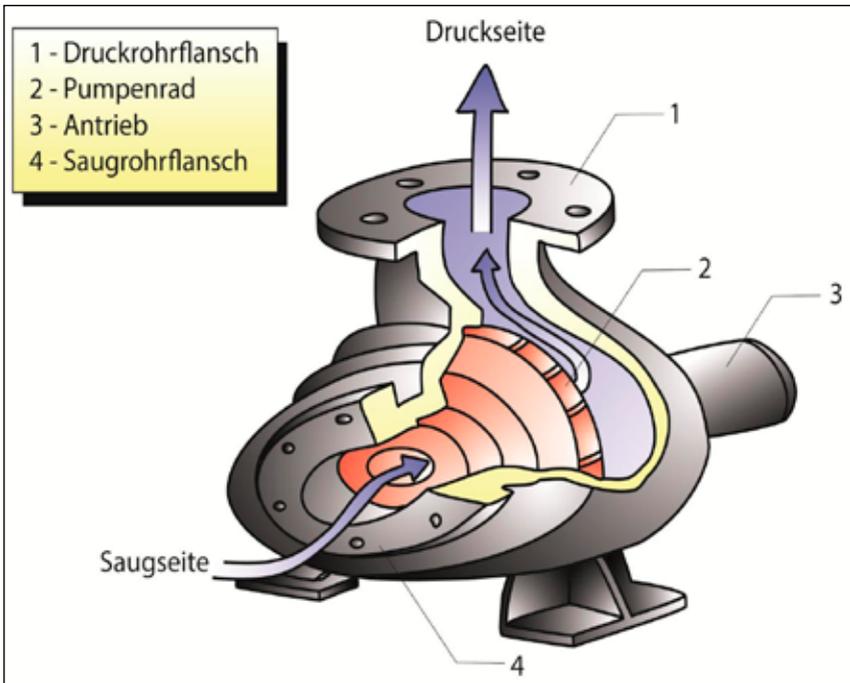


Bild 7 Querschnittszeichnung einer Pumpe (Jürgen und Jan Koppe) [8a]

dynamischer Druck  
Staudruck

kinetische Energie pro Volumen

örtliche Geschwindigkeit

Schweredruck

potenzielle Energie pro Volumen

örtlicher Druck

statischer Druck

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h + p = \text{konstant}$$

Detailed description: A diagram illustrating the Bernoulli equation. The equation is written as  $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h + p = \text{konstant}$ . The first term,  $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ , is enclosed in a yellow oval and labeled 'dynamischer Druck' and 'Staudruck'. It is also linked to 'kinetische Energie pro Volumen' and 'örtliche Geschwindigkeit'. The second term,  $\rho \cdot g \cdot h$ , is enclosed in a yellow oval and labeled 'Schweredruck'. It is linked to 'potenzielle Energie pro Volumen'. The third term,  $p$ , is enclosed in a yellow oval and labeled 'örtlicher Druck'. The last two terms are grouped together under a bracket labeled 'statischer Druck'.

Bild 8 Die BERNOULLI-Gleichung im Bild (Jürgen und Jan Koppe) [8b]

In der **Chemie** spielt Wasser eine große Rolle, sowohl als Kühl- bzw. Wärmeaustauschmedium wie auch als Reaktionswasser. Die chemische Industrie ist ein Großverbraucher von Wasser. Deshalb sind chemische Großbetriebe auch immer an oder in

unmittelbarer Nähe großer Flüsse angelegt worden. Bei kleineren Flüssen beobachtet man bei Wiedereinleitung des zur Kühlung benutzten Flusswassers in den Vorfluter ein Ansteigen der Wassertemperatur. Das möchte man aus Umweltschutzgründen so gering wie möglich halten.

Für die Verwendung als Reaktionswasser sei hier als Beispiel der Prozess der Chlorhydrinierung zur Herstellung von Propylenoxid oder Epichlorhydrin genannt, bei denen besonders große Wassermengen zum Einsatz kommen [10]. Die Reinigung solcher Reaktionsabwässer macht besonders hohe Aufwendungen erforderlich.

**Wasser** ist ein universell einsetzbares, hervorragendes Lösungsmittel. Ein Stoff gilt als gelöst, wenn sich seine Atome bzw. Moleküle im Lösungsmittel völlig homogen verteilt haben. Die Löslichkeit kann unbegrenzt sein (Beispiel Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Von ihrem Salz Natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) kann man bei  $30^\circ\text{C}$  bis zu 500g im Liter Wasser lösen. Die Löslichkeit ist temperaturabhängig.

Organische Verbindungen lassen sich teilweise nur begrenzt in Wasser lösen. Gut löslich sind polare Verbindungen, wie z.B. Alkohole. Bei begrenzt löslichen Organika können sich Flüssig-Flüssig-Gleichgewichte einstellen, z.B. gibt es bei Phenol in Wasser bei Raumtemperatur einen Bereich, in dem 8 % Phenol im Wasser gelöst sind und einen, in dem bis zu 25 % Wasser im Phenol gelöst sind [1j]. Solche Phänomene nutzt man bei der Flüssig-Flüssig-Extraktion [11a].

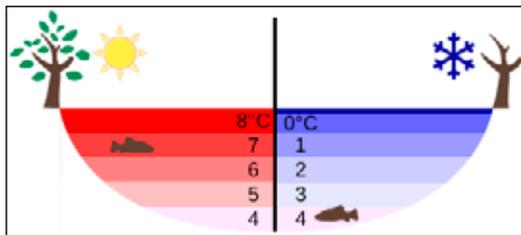
Nichtpolare Organika, wie z.B. Paraffine, Fette, Öle u.a. mischen sich schlecht oder gar nicht mit Wasser. Deshalb bilden sich bei Havarien von Erdöltankern wegen der geringeren Dichte auch Ölfilme bzw. -teppiche auf dem Wasser. Das kann zu verheerenden Umweltkatastrophen führen. Solche Stoffe lassen sich aber unter Bildung von Emulsionen (fein verteiltes Gemisch zweier normalerweise nicht mischbarer Flüssigkeiten ohne sichtbare Entmischung) miteinander verwirbeln. Beispiele für Emulsionen aus dem täglichen Leben sind Milch, Mayonnaise und zahlreiche Kosmetika.

Die vergleichsweise hohe Löslichkeit von gasförmigem  $\text{CO}_2$  im Wasser (1.688 mg/l bei  $20^\circ\text{C}$ , im Gegensatz zu Sauerstoff 44 mg/l und Stickstoff 19 mg/l) half über die Jahrtausende hinweg, den  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Atmosphäre relativ konstant unterhalb von 0,04% zu halten. Dabei hilft ebenso die Photosynthese der Urwälder. Durch den in den letzten Jahrzehnten stark erhöhten Ausstoß von  $\text{CO}_2$  löst sich davon immer mehr in den Weltmeeren und durch die Reaktion mit Wasser zur Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_4$ ) versauern zunehmend die Ozeane [1k,1]. Die Phänomene der Dissoziation des Wassers und der Säure-Base-Theorie bringt uns Jürgen KOPPE in seinem Beitrag ab Seite 59 näher.

**Wasserdampf** hat die besondere Fähigkeit mit zahlreichen Stoffen Azeotrope (eine aus zwei oder mehr chemischen Verbindungen bestehende Flüssigkeit, deren Dampfphase dieselbe Zusammensetzung hat wie die flüssige Phase) zu bilden. Mittels Wasserdampf- bzw. Azeotropdestillation lassen sich organische Verbindungen, die einen ähnlichen Siedepunkt aufweisen, sehr gut destillativ voneinander trennen [11b].

**Eis**, die feste Form des Wassers, schwimmt auf dem Wasser, denn seine Dichte von  $0,918 \text{ g/cm}^3$  (reines, luftfreies Eis bei  $0^\circ\text{C}$ ) ist geringer als die von Wasser ( $1 \text{ g/cm}^3$ ). Aufgrund der Dichteanomalie des Wassers (Bild 9) [1m] können Fische und anderes Ge- tier auch bei zugefrorenen Ge- wässern gut überwintern.

Bild 9 Temperaturverteilung  
in einem See  
im Sommer (links) und Winter [1m]



Das **Wort** Wasser leitet sich vom althochdeutschen ‚wazzar‘ für ‚das Feuchte, Fließende‘ ab, während sich die ‚Hydrologie‘, die Lehre vom Wasser, des altgriechischen Wortes ‚hudor‘ für Wasser bedient. Es verwundert nicht, dass beliebte hochprozentige Getränke, wie der schottische ‚Wisky‘ (vom keltischen ‚uisge‘) oder der russische ‚Wodka‘ (‚Wässerchen‘, vom russischen ‚woda‘), das Wort Wasser ebenfalls im Namen tragen [1a]. Wilhelm BUSCH formulierte es so: „*Auch Wasser wird zum edlen Tropfen, mischt man es mit Malz und Hopfen.*“

In der **Literatur** begegnen uns die Regentrude, der Wassermann, die Meerjungfrau, die Lorelei und viele andere direkt mit dem Wasser in Verbindung stehende Gestalten. In der **Musik** und beim Gesang spielt das Wasser ebenfalls eine große Rolle, denken wir nur an die Volkslieder „*Wenn alle Brunnlein fließen...*“, „*Am Brunnen vor dem Tore...*“, „*Jetzt fahr'n wir über'n See...*“ und die Verszeilen aus dem bekannten Wanderlied von Wilhelm MÜLLER (1794-1827): „*Vom Wasser haben wir's gelernt...*“. Mir geht in diesem Zusammenhang auch das Lied von Isaac DUNAJEWSKI (Text: Wassilij LEBEDEW-KURNATSCH) aus dem 1938 gedrehten Film ‚*Wolga, Wolga*‘ nicht aus dem Sinn: „*Ja, es hat schon seinen Sinn, dass ich Wasserträger bin, ohne Wasser merkt euch das, wär' uns're Welt ein leeres Fass.*“ [1n]

**Historisch** spielte Wasser vom Beginn des Lebens auf der Erde und der Herausbildung der Menschheit eine enorm wichtige Rolle, weil es unverzichtbar ist. Die Vor-

stellung eines Urozeans oder Urwassers, die vor der Entstehung unserer Welt existiert haben sollen, findet sich sowohl in Babylonien wie im Alten Ägypten. Im 8. Jahrhundert vor Christus (Jh. v. Chr.) hat der griechische Dichter HOMER über den Flussgott Okeanos geschrieben, er sei der ‚Ursprung der Götter‘ und der ‚Ursprung von allem.‘ Im 7. Jh. v. Chr. verfasste der Dichter ALKMAN eine Weltentstehungsgeschichte, an deren Anfang ebenfalls die Gewässer stehen [1o].

Aufgrund der großen Bedeutung des Wassers wurde es nicht zufällig bei den frühesten Philosophen zu den vier Urelementen gezählt. THALES von Milet (\* wahrscheinlich um 624/23 v. Chr., † zwischen 548 und 544 v. Chr.) sah im Wasser den Urstoff allen Seins [1o].

Für EMPEDOKLES (\* um 495 v. Chr., † um 435 v. Chr.) sind die Träger des Seins ebenfalls die vier Urstoffe Feuer, Wasser, Luft und Erde, aus denen in seinem Modell der gesamte Kosmos besteht. Damit wird er zum Begründer der Vier-Elemente-Lehre, doch bezeichnet er die Urstoffe nicht mit diesem Begriff, sondern nennt sie zu Recht ‚Wurzeln‘ [1p]. Auch in der chinesischen Kultur ist Wasser in der taoistischen Fünf-Elemente-Lehre eines der Elemente neben Holz, Feuer, Erde und Metall [1q].

ARISTOTELES (\* 384 v. Chr., † 322 v. Chr.) [1r], Schüler des griechischen Philosophen PLATON (\* 428/427 v. Chr. † 348/347 v. Chr.) [1s], der seinerseits Schüler von SOKRATES (\* 469 v. Chr., † 399 v. Chr.) war [1t], gehört zu den bekanntesten und einflussreichsten Philosophen und Naturforschern der Geschichte. Als bedeutender griechischer Universalgelehrter hat er zahlreiche Disziplinen selbst begründet oder maßgeblich beeinflusst, darunter Naturphilosophie, Biologie, Physik, Logik, Ethik-, Dichtungs- und Wissenschaftstheorie. Nach seiner Vier-Elemente-Lehre besteht alles Sein in bestimmten Mischungsverhältnissen aus den vier Grundelementen (Essenzen oder Wurzelkräfte) als Prinzipien des Festen, Flüssigen, Gasförmigen und Glühend Verzehrenden (Bild 10) [1p,q].

Diese Lehre war so einleuchtend und hilfreich, dass sie über Jahrhunderte hinweg das Wissen über die Natur und die Wechselwirkungen zwischen den Stoffen bestimmte. Erst viel später, am Ausgang des Mittelalters, erkannte man, dass es sich bei diesen Urstoffen im wissenschaftlichen Sinne nicht um Elemente, sondern um Gemische aus Elementen bzw. Verbindungen handelt. Dabei war das Wassermolekül  $H_2O$  (Nomenklaturname: Wasserstoffoxid) noch das chemisch einfachste.

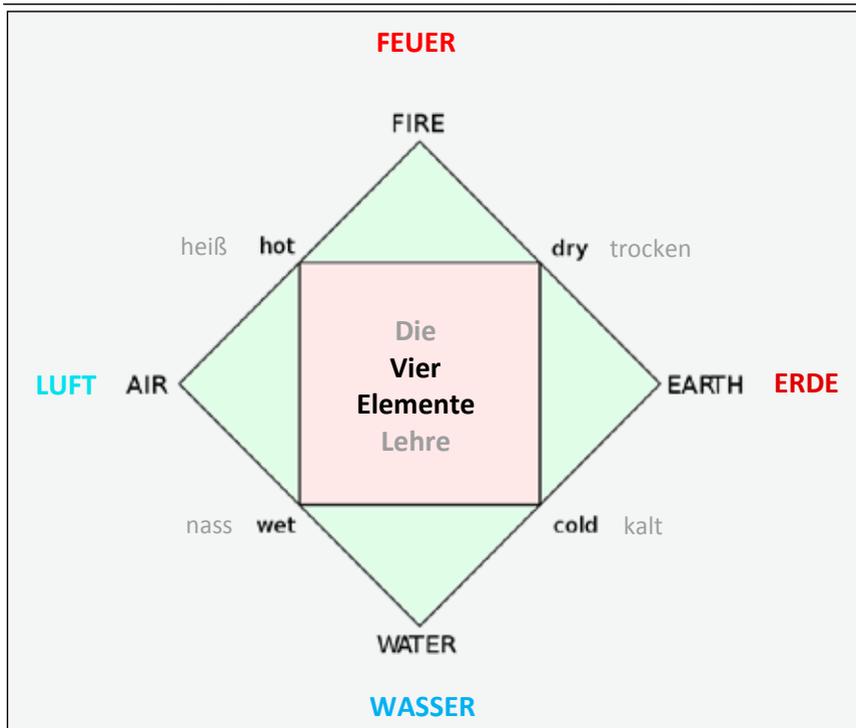


Bild 10 Schematische Darstellung der Vier-Elemente-Lehre von ARISTOTELES (nach [1q])

Auf künstlerischem Gebiet hat dieses **Sujet** der Urelemente (Bild 11) [1q] bis in die Jetztzeit noch so manchen Künstler inspiriert. So fertigten zum Beispiel Rosemarie und Werner RATAICZYK aus Halle/Saale in den Jahren 1962/63 den Wandteppich ‚Vier Elemente‘ (Terra, Aqua, Ignis, Aer) für das Foyer der 1954 gegründeten und in Merseburg erbauten Technischen Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg an. Der Wandteppich schmückt von 1964 bis heute, nur mit einer kurzen Unterbrechung, das Foyer und den Zugang zu den Hörsälen (Bild 12) [12].

Unser Autor Jürgen KOPPE stellt uns die ‚Vier Elemente des ARISTOTELES‘ in völlig anderer Form in Bild 13 vor. Kürzlich griffen z.B. auch die Autoren eines Fernsehthrillers auf dieses Sujet zurück [13].

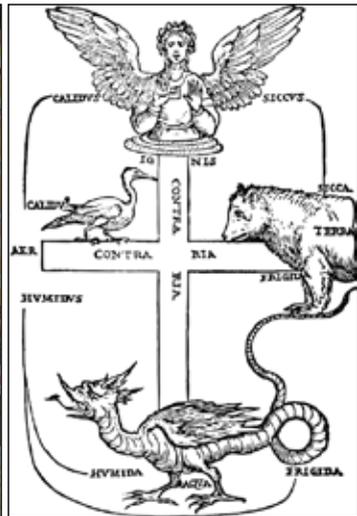
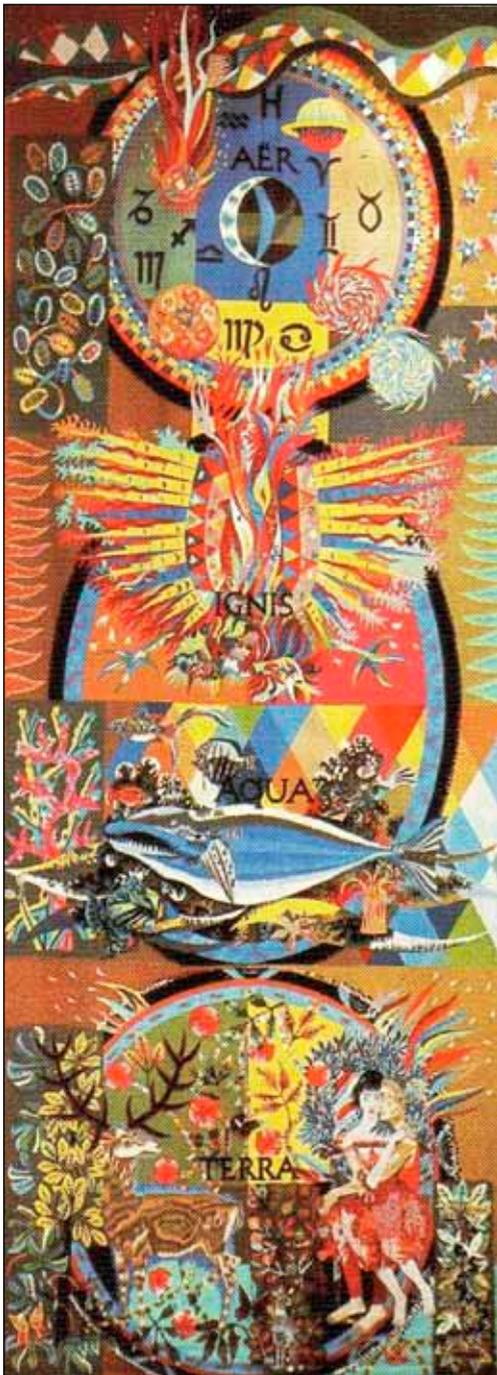


Bild 11 Die vier Elemente der Alchemie [1q]

Bild 12 Rosemarie und Werner RATAICZYK: ‚Vier Elemente‘, 1962/63 (640x250 cm) [12]

Bild 13 Jürgen Koppe: ‚Vier Elemente des ARISTOTELES‘ (Öl auf Hartpappe, 18x24 cm, 2011)



In seinem Beitrag zur **Historie** und der Herausbildung der Chemie zeichnet Klaus KRUG für uns ein Bild der mittelalterlichen Entwicklung von der Alchemie (Bild 11) über die Jatrochemie zur Phlogistontheorie bis hin zum Beginn der modernen Chemie (ab Seite 19). Er stellt uns die prägenden Persönlichkeiten und deren Einfluss auf diese Entwicklung vor: PARACELSUS (1493 oder 94-1541), Andreas LIBAVIUS (um 1550-1616, Bild 14a), Georg Ernst STAHL (1659-1734) und Antoine Laurent de LAVOISIER (1743-94) u.a. Letzterer schlägt mit seinen Wasseranalysen eine Brücke zu unserem Wasserthema.

Besonderes Augenmerk widmet KRUG der frühen Herausbildung der Einheit von Prozess- und Stofflehre, wie wir sie hier in Mitteldeutschland seit Mitte des 20. Jh. in unserer Hochschullehre erfolgreich praktizierten. Wasser ist dabei stets immanent, sei es als eines der ‚Grundelemente‘, als Lösungsmittel oder ganz allgemein als Untersuchungsgegenstand.

Thomas MARTIN setzt die Historie der Chemie fort und beschreibt die Herausbildung des **Katalyse**-Begriffs beginnend bei Johann Wolfgang DÖBEREINER (1780-1849, Bild 14b), über Clemens WINKLER (1838-1904, Bild 14c), Jöns Jakob BERZELIUS (1779-1848) bis hin zu Wilhelm OSTWALD (1853-1932). Besonders ausführlich beschreibt er dabei Leben und Tätigkeit von DÖBEREINER (ab Seite 39).

Das Faszinierende an **Katalysatoren** ist ihre Eigenschaft, Stoffumwandlungen, ja ganze Syntheseprozesse, zu beschleunigen, ohne dabei selbst mit in die Reaktion einzugehen oder sich dabei zu verbrauchen. Nach der Art ihres Einsatzes unterscheidet man homogene und heterogene Katalysatoren. Homogene Katalysatoren sind seit alters her Säuren und Basen und in der modernen Chemie lösliche Übergangsmetallverbindungen bzw. -komplexe. In der chemischen Technik dominieren heterogene Katalysatoren (in der industriellen Praxis auch ‚Kontakte‘ genannt), weil sie besser zu händeln und in Reaktoren stationär anzubringen sind. Dadurch erfolgt die Trennung vom Substrat einfacher und problemloser. In den Beiträgen von Jürgen und Jan KOPPE spielen metallische Katalysatoren bei der Wasserreinigung eine erhebliche Rolle (siehe Seiten 59 und 84).

Jürgen KOPPE widmet sich in seinem Beitrag voll und ganz dem Leben und Wirken von Wilhelm OSTWALD (ab Seite 59). Er nimmt den **Mol-** und den **Katalyse**-Begriff auf und stellt eine Verbindung her zu seiner eigenen Tätigkeit. Er formuliert sogar einen Zusammenhang der von OSTWALD erarbeiteten Gesetzmäßigkeiten mit der Gründung und Entwicklung der von ihm geführten MOL Katalysator-technik GmbH.

Die von ihm und seiner Firma gestalteten 4. Internationalen MerWaterDays am 13./14. Mai 2020 in Merseburg (siehe Anzeige auf Seite 2) hat er unter das Motto ‚25 Jahre MOL – 125 Jahre Ostwaldsche Katalysatordefinition‘ gestellt.

Jürgen KOPPE sieht in OSTWALD nicht nur auf wissenschaftlichem Gebiet ein großes Vorbild. Er teilt mit ihm auch seine Leidenschaft zum Zeichnen und Malen, was dazu geführt hat, dass wir seine Texte und unser gesamtes Heft mit einer Vielzahl seiner Zeichnungen und Gemälde stärker visualisieren und anschaulich gestalten konnten. Als Beispiele seien an dieser Stelle die Porträtskizzen der oben genannten historischen Persönlichkeiten LIBAVIUS, DÖBEREINER und WINKLER gezeigt (Bilder 14a-c).



Bilder 14a-c Jürgen KOPPE: Skizzen LIBAVIUS, DÖBEREINER und WINKLER (v.l.n.r., März 2019)

Die historischen und wissenschaftlichen Beiträge dieses Heftes zu ‚Wasser und Chemie‘ werden in besonders interessanter Art und Weise abgerundet durch die Darstellung der historischen Wasserversorgung der Stadt Merseburg (Horst WINGRICH, ab Seite 101). Die Beiträge zur Merseburger Sicht auf das Wasser (Jürgen und Jan KOPPE) werden mit dem Beitrag ‚Sachzeugen vorgestellt: Der Merseburger Zauberwürfel...‘ (Michael LANDECK und Christoph KOPPE) schön ergänzt (ab Seite 133). Der Kreis schließt sich mit der Vorstellung des Wasserspiels im Technikpark des **Deutschen Chemie-Museums** (DChM) Merseburg (Hans Joachim HÖRIG, Martin THOß und Uwe BLECH, ab Seite 136), das in enger Zusammenarbeit mit der PLINGEL GmbH und Dr. Jens BÜRKNER sowie der MOL Katalysator-technik GmbH und Dr. Jürgen KOPPE zustande gekommen ist.

Wir machen uns Sorgen um die zunehmende **Vermüllung der Weltmeere**. Bei der Vorbereitung dieses Heftes gab es bei den Nachsitzungen der Kolloquien (s.a. Mitteilungen des Vereins, ab Seite 140) dazu ausführliche Diskussionen in unserem Kreise. Wir sind

als Wissenschaftler und ehemals in der chemischen Industrie tätige Chemiker und Techniker von den überwiegend segensreichen Wirkungen der modernen Chemieproduktion überzeugt und zweifeln an der Machbarkeit der heute oft zu hörenden Forderung, jegliche Plast-, Elast- und vielleicht sogar Chemieproduktion einzustellen. Unserer Meinung nach kommt es darauf an, ein in Deutschland bereits halbwegs funktionierendes Recycling von Plaste und Elaste weiter zu verbessern und weltweit zu etablieren.

Ideal für ein Recycling sind alle PET-Flaschen und -produkte. Als Kondensationspolymere lassen sie sich in ihren Chemierohstoff zurückverwandeln und erneut problemlos einsetzen. Hier kommt es auf eine sortenreine Sammlung an.

Andere Plasteprodukte, wie z.B. PVC-Fenster und -rohre, lassen sich schreddern und zum Teil als Füllzusätze in die Produktion zurückführen. Aber für die große Menge der heutzutage vielfältig verwendeten Verbundstoffe sowie für den zukünftig aus den Weltmeeren zu fischenden Plastikmüll bleibt u.E. nur die Verbrennung. Plastikmüll ist quasi verfestigtes Erdöl. Um dabei den CO<sub>2</sub>-Ausstoß nicht zu vergrößern, müssten zugunsten dessen die ökonomisch günstigeren Verbrennungen zurückgefahren werden.

Als **Vision** sehen wir heute mit einigem Optimismus Wasser nicht nur als lebenswichtige Naturressource sondern auch als einen Rohstoff der Zukunft. Der durch Elektrolyse des Wassers zu erzeugende Wasserstoff ist nahezu ideal geeignet als Speichermedium der, weil wetterabhängig, zyklisch anfallenden Wind- und Solarenergie, und er hat das Potenzial zum Chemierohstoff und zu einem ungemein umweltfreundlichen Treibstoff für unsere Mobilität. Der Vorteil ist dabei unübersehbar: Die Chemieproduktion kann von einer auf endlicher, fossiler Rohstoffbasis fußenden Chemiewirtschaft zum Teil auf eine wasserstoffbasierte, erneuerbare Energien nutzende Rohstoffbasis umgestellt werden und aus den Auspuffen der Verkehrsmittel der Zukunft würde nur noch Wasserdampf in die Umwelt gelangen. Welch ein Fortschritt wäre das bei weltweitem Einsatz für den Klimaschutz! An den Technologien dafür wird gearbeitet. Wünschen wir diesen Projekten viel Erfolg!

*Ich danke Hans Joachim HÖRIG, Rudolf KIND, Klaus KRUG, Horst WINGRICH sowie Jan und Jürgen KOPPE für die gegebenen Anregungen und Hinweise.*

Dr. rer. nat. habil. Dieter SCHNURPFEIL

Ehrenamtlicher Lektor dieser SCI-Schriftenreihe,

SCI-Mitglied seit 1996, Mitglied des Redaktionsteams

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stichwort>: a) Wasser, b) Wasserverbrauch, c) Wasserkreislauf, d) Bad Lauchstädt, e) Mineralbrunnen, f) Springbrunnen, g) King Fahd's Fountain, h) Fontäne Halle, i) Daniel Bernoulli, j) Löslichkeit, k) Kohlendioxid, l) Kohlendioxid in der Erdatmosphäre, m) Dichteanomalie, n) Wolga, Wolga (1938), o) Thales, p) Empedokles, q) Vier-Elemente-Lehre, r) Aristoteles, s) Platon, t) Sokrates, 12.2.2020
- [2] Madelaine Böhme: ‚Wie wir Menschen wurden‘, Heyne Verlag, München, 2019
- [3] Karl Lanius: ‚Weltbilder – Eine Menschheitsgeschichte‘, Faber & Faber, Leipzig 2005
- [4] Jan-Ole Prasse: ‚Mit bloßen Händen gegraben‘, Mitteldeutsche Zeitung (MZ), Mansfeld-Südharz, v. 8.9.2011/ ‚Ältester Kastenbrunnen der Welt erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt‘, Halle-Forum v. 8.9.2011
- [5] Arbeitsgemeinschaft ‚Chronik und Schriftgut‘ des Heimatvereins Langeneichstädt e.V. (Federführung: Dr. Dieter Schnurpfeil): ‚Der Eschter und sein kühles Nass‘, Heft 3 der Schriftenreihe ‚Aus der Geschichte Langeneichstädt‘, Nov. 2011, S. 63
- [6] <https://www.mz-web.de/Saalekreis/>, 24.2.2020
- [7] <https://www.GoethestadtBadLauchstaedt.de/DieHeilquelle/>, 24.2.2020
- [8] Jürgen Koppe: ‚Wasser in Kühlkreisläufen und Maßnahmen zur Wasserbehandlung‘, Teil 1 ‚Wasser und Pumpen‘, Hrsg.: MOL Katalysatortechnik GmbH, Schkopau, 24.10.2019, a) S.23, b) S. 25
- [9] Jürgen Koppe: ‚25 Jahre Sachzeugen der chemischen Industrie e.V. – Ein Orientierungspunkt in stürmischen Zeiten‘, in: ‚Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands‘, Hrsg.: SCI, 23. Jg., Heft 38, Merseburg, 1/2018, S.98 ff.
- [10] Dieter Schnurpfeil: ‚Zur Geschichte der Ethylenoxid-/Propylenoxid-Anlage in Schkopau‘, in: ‚Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands‘, Hrsg.: SCI, 11. Jg., Heft 26, Merseburg, 1/2006, S.5 ff.
- [11] Autorenkollektiv: Lehrbuch der Technischen Chemie, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 3. Aufl., Leipzig, 1974, a) S. 55, b) S.45
- [12] Dieter Schnurpfeil: ‚Der Wandteppich Vier Elemente von Rosemarie und Werner RATAICZYK‘, in: ‚Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands‘, Hrsg.: SCI, 14. Jg., Heft 29, Merseburg, 1/2009, S.160 ff.
- [13] ZDF: ‚Ostfriesengrab‘, Drehbuch: Nils-Morten Osburg, Regie: Stefan A. Lukacs, Kamera: Jana Lämmerer, Ausstrahlung: 15.2.2020, 20:15



# Von der Alchemie über die Jatrochemie zum Phlogiston – die Herausbildung der modernen Chemie

von Klaus Krug

---

## Alchemie

**Alchemie** (auch **Alchimie** oder **Alchymie**) bezeichnet ab dem 1./2. Jahrhundert (Jh.) die Lehre von den Eigenschaften der Stoffe und ihren Reaktionen. Sie ist ein alter Zweig der Naturphilosophie und wurde im Laufe des 17./18. Jh. von der modernen Chemie und der Pharmakologie begrifflich abgetrennt. Oft wird angenommen, die Herstellung von Gold sei das einzige Ziel der Alchemisten gewesen. Das Spektrum der Alchemisten reicht aber von praktischen frühen Chemikern, Pharmazeuten und Technologen, frühen Vorstellungen über den Aufbau der Materie, wozu auch die Umwandelbarkeit von Metallen und anderen Elementen gehörte, über stark mythisch gefärbte Spekulationen mit Ideen über eine gleichzeitige Wandlung des Adepten (Schülers) bis zu den ‚Goldmachern‘ [1a].

Im 1./2. Jh. definierte man sie so: *„Alchemia ist die Lehre von den Eigenschaften der Stoffe und ihren Reaktionen.“* [1a] Bemerkenswert ist im Unterschied zur aktuellen Praxis, dass die Alchemie keinen Unterschied zum Bildungsort der Stoffe, ob in der Natur oder im Laboratorium, erkennen lässt. Leider ist der gegenwärtige sprachliche Umgang derart, dass er das Biologische adelt und das Chemische verteufelt und nicht selten als Gift bezeichnet. Damit wird die Einheit der Welt negiert.

Ab dem 11.Jh. ist ein stetes Wachstum des Interesses an der Natur erkennbar. Damit wurde der Widerspruch zwischen Religion und Vernunft (Wissenschaft) spürbar. Thomas von AQUINO (1224-75) entschärfte die zunehmenden Spannungen durch einen klugen und weitreichenden Kompromiss. Er postulierte das Prinzip der ‚doppelten Wahrheit‘, der Koexistenz der absoluten, ‚göttlichen‘ Wahrheit und der relativen, ‚scheinbaren‘ Wahrheit [1b].

PARACELSUS über die Alchemie: *„Die Natur ist so subtil und scharf in ihren Dingen, dass sie nicht ohne große Kunst angewendet werden mag. Denn sie bringt nichts an den Tag, das für sich selbst vollendet wäre, sondern der Mensch muss es vollenden. Diese Vollendung heißt Alchemia. ... Darum so lerne Alchimiam, die sonst Spagyria heißt, die lehrt zu scheiden das Falsche vom Gerechten.“* [1c].

Der Mensch muss die Stoffe, die sich selten vorfinden scheiden (gewinnen, fördern, abtrennen), um sie zur Anwendung bringen zu können. Für etwa 300 Jahre folgt die Geschichte der Chemie vordergründig der Stofflehre bis gegen Ende des 19. Jh. parallel dazu der Verfahreningenieur Eugen HAUSBRAND (1845-1922) von der weltbekannten Berliner Apparatebaufirma HECKMANN [1d] mit der Herausbildung der Physikalischen Chemie in mehreren Monografien die Grundlagen für das verfahrenstechnische Konzept der Grundoperationen gelegt hat.

Der Chemiker Justus von LIEBIG schrieb 1865: „*Unter den Alchimisten befand sich stets ein Kern echter Naturforscher, die sich in ihren theoretischen Ansichten häufig selbst täuschten, während die fahrenden Goldköche sich und andere betrogen*“. LIEBIG nannte drei Namen von solchen ‚echten Naturforschern‘, darunter den von Johannes KUNCKEL (s.u.). Ihre Leistungen könnten „*den größten Entdeckungen unseres Jahrhunderts gleichgestellt werden*“ [1e].

Als prägende Persönlichkeiten der Chemie und ihres Vorgängers, der Alchemie, im Deutschland des 15.-20. Jh. werden bis heute wahrgenommen und geehrt: Phillippus Aureolus Theophrastus Bombastus von HOHENHEIM, genannt PARACELSUS (1493-1541), Georgius AGRICOLA (1494-1534), Andreas LIBAVIUS (um 1550-1616), Johann Rudolph GLAUBER (1604-68), Johannes KUNCKEL (um 1630-1703), Johann Joachim BECHER (1635-82), Georg Ernst STAHL (1660-1734) und Antoine Laurent de LAVOISIER (1743-94), von denen GLAUBER, KUNCKEL und BECHER auch als frühe Chemietechnologen eingeordnet werden können. Es folgten ihnen: Jöns Jakob BERZELIUS (1779-1848), Johann Wolfgang DÖBEREINER (1780-1849), Clemens WINKLER (1838-1904) und Wilhelm OSTWALD (1853-1932) (siehe Beiträge Thomas MARTIN und Jürgen KOPPE, Seiten 39 und 59) [2].

## **Prägende Persönlichkeiten des 15.-18.Jh.**

### **PARACELSUS**

Phillippus Aureolus Theophrastus Bombastus von HOHENHEIM, genannt PARACELSUS (Bilder 1 und 2) [1c,f], wurde 1493 oder 1494 geboren im Viertel Egg der Gemeinde Einsiedel/Schweiz, einem Bergbaugebiet. Der Vater war Arzt, die Mutter Hörige oder Leibeigene eines Benediktinerklosters. Sie starb sehr früh. Ab 1502 besuchte er die Schule in Villach/Kärnten. 1508-24 wanderte er durch Europa und widmete sich dabei auch dem Medizinstudium. 1524/25 war er Arzt in Salzburg.

Als Bauernsympathisant führte er Reden gegen den Klerus, was ihn in Konflikte brachte und im April 1526 nach dem Scheitern des Bauernaufstandes zur Flucht zwang. 1527 Stadtarzt in Basel und Hochschullehrer. Er hielt seine Vorlesungen auf Deutsch und nicht, wie üblich auf Latein, und weigerte sich, die Statuten zu beschwören. Die daraus resultierenden Differenzen mit der Universität führten im Februar 1528 zur Flucht aus Basel nach Colmar. Das war ein Bruch des Vertrages als Stadtarzt. 1529 tätig in Nürnberg, veröffentlichte er seine ‚Prognostikationen‘ (Vorhersagen auf die folgenden Jahre). In Innsbruck abgewiesen, trifft man ihn in den Jahren 1534-40 als Arzt, Hochschullehrer und Publizist in Meran, Pfäfers, Augsburg, Memmingen, Ungershausen, Mindelheim, Ulm, Eferding. Mährisch Kromau, Znaim, Wien, St. Veit, Klagenfurt. 1541 ist er in Salzburg sesshaft und stirbt dort am 24.9.1541 [1c].



Bild 1 ‚Famoso Doktor Pareselsus‘ (zeitgenössisches Porträt von Quentin MASSYS [1f,2])

Bild 2 ‚Paracelsus‘, Kupferstich von Augustin HIRSCHVOGEL (1540) [1c]



Grundlage des Naturverständnisses von PARACELSIUS war seine Lehre von den drei Prinzipien (Tria Principia) in der Alchemie. Neben den bekannten Prinzipien Schwefel (Sulfur, mit den Eigenschaften flüchtig und brennbar) und Quecksilber (Mercur, mit den Eigenschaften lebendig, flüssig und

wässrig) kam als drittes neues das Salz (Sal) hinzu, was sich in der Bildung fester Formen in der Erde ausdrückte [1c].

PARACELSUS' Geisteshaltung war geprägt durch die Ablehnung von Autoritätsbeweisen. Er engagierte sich sehr stark für eine Nationalsprache. Von Profession war er Arzt, Alchemist und Philosoph. Er gilt als der Schöpfer der **Jatrochemie** (jatos=heilen) und **Arzneikunde**. Er gab der Alchemie mit der Jatrochemie einen naturwissenschaftlichen Gegenstand und grenzte sich so ab von ‚Goldmachern‘ und Betrügnern. Er publizierte im Laufe seines Lebens 350 Schriften zur Philosophie, Medizin und den Naturwissenschaften. Von seinen Leistungen ragen hervor:

- auf medizinischem Gebiet: die Erfindung der Diethylether-Narkose,
- auf naturwissenschaftlichem Gebiet: die Entdeckung der Spannungsreihe der Metalle (Amalgamation) und die Definition von Affinität.

Er prägte die Wissenschaftsbegriffe:

- Philosophie als Einheit der Welt,
- Astrologie als Zusammenhang der Teile,
- Alchemie als Vollendung der Natur durch den Menschen,
- Redlichkeit als des Volkes Glauben,
- sowie eine Reihe von Teildisziplinen der Medizin.

Dabei bediente er sich der Denkansätze der griechischen Naturphilosophen, die zu einem wesentlichen Teil der geistigen Verarbeitung von Vorgängen aus der Natur und der Produktionssphäre entstammten [3a]. PARACELSUS gab der pharmazeutischen Seite der Alchemie eine konkrete Aufgabenstellung, die durch die wissenschaftlich gebildeten Ärzte übernommen wurde. Es blieben in der Jatrochemie zwar noch spekulative Elemente, wie der Glaube an eine Universalarznei sowie den ‚Stein des Weisen‘, aber es setzten sich immer mehr die praktischen Orientierungen durch [3b].

Seine Auffassungen von Natur und Alchemie finden sich wieder in der Definition der Chemie als der Lehre von den Eigenschaften der Stoffe und deren Umwandlungen. Dem folgten auch die Gründungsväter der **Technischen Hochschule Leuna-Merseburg (THLM)**, indem sie das Chemiestudium als das der Stoffwirtschaft bezeichneten.

Beispielhaft sei hier eine Weisheit PARACELSUS' genannt, die bis heute für jeden Chemiker und Pharmakologen nichts an ihrer Wahrheit und Attraktivität verloren hat:

„Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift, allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift sei.“ („Wer Gift verachtet, weiß um das Nit, das im Gift ist“).

Er hinterließ uns auch noch andere Lebensweisheiten, die bis heute in ihrer Eindeutigkeit ihre Gültigkeit haben: „Der Mensch ist, was er ißt“, „Bis 20 iß, soviel du kannst, bis 30 iß, so viel du musst, über 30 so wenig du kannst“, „Wandern gibt mehr Verstand als hinterm Ofen sitzen“ und „...denn Gott will uns nicht als dumme Narren haben, die nichts wissen, nichts können und nichts verstehen.“

## Georgius AGRICOLA

Georgius AGRICOLA (latinisiert aus Georg BAUER) wurde am 24. März 1494 als zweites von sieben Kindern eines Tuchmachers und Färbers in Glauchau geboren. Von 1514-18 studierte er an der Universität Leipzig alte Sprachen (vor allem Latein und Griechisch). Danach wurde AGRICOLA in Zwickau zuerst Konrektor (1518), dann als Nachfolger seines Freundes Stephan ROTH Rektor der Zwickauer Ratschule (1519) und schuf einen neuen Schultyp mit Latein-, Griechisch- und Hebräisch-Unterricht in Kombination mit Gewerbekunde: Ackerbau, Weinbau, Bau- und Messwesen, Rechnen, Arzneimittellkunde und Militärwesen [1g].

Er war ein deutscher Arzt, Apotheker und Wissenschaftler, der als ‚Vater der Mineralogie‘ und als Begründer der modernen Geologie und Bergbaukunde gilt. Als herausragender Renaissance-Gelehrter und Humanist zeichnete er sich außerdem durch besondere Leistungen in Pädagogik, Medizin, Metrologie, Philosophie und Geschichte aus. (Bild 3) [1g].



Bild 3 Georgius AGRICOLA  
(Gemälde von Gustav SCHUBERT, 1927) [1g]

Durch zahlreiche Reisen im Bergbaurevier des sächsischen und böhmischen Erzgebirges gewann AGRICOLA einen Überblick über die gesamte Technik des Bergbaus und Hüttenwesens zu seiner Zeit. Das Ergebnis ist sein ein Jahr nach seinem Tod in lateinischer Sprache in Basel 1556 erschienenes Hauptwerk ‚De re metallica libri XII‘ [1g]. Er hat großen Anteil daran, dass sich der Gegenstand der Chemie stärker auf die ge-

werbliche Praxis orientiert hat [3b]. Am 21. November 1555 ist er in Chemnitz gestorben [1g].

## Andreas LIBAVIUS

Andreas LIBAVIUS (latinisiert von Andreas LIEBAU, Bild 4) [1h] wurde um 1550 in Halle/Saale geboren. Der Vater war ein Leineweber aus dem Harz. Andreas besuchte in Halle das Gymnasium. Ab 1576 studierte er Philosophie und Geschichte an der Universität Wittenberg. Danach widmete er sich dem Studium der Medizin, Geschichte und der Poesie an der Universität Jena, wobei er den akademischen Grad eines Magisters der freien Künste erwarb. 1581 war er Gymnasiallehrer in Ilmenau, 1586 Stadt- und Ratsschulrektor in Coburg. 1588 promovierte er zum Doktor der Medizin an der Universität Basel. Danach war er als Professor an der Universität in Jena tätig und gab



Vorlesungen über Geschichte und Poetik. 1591 wurde er Stadtphysikus in Rothenburg ob der Tauber, 1592 Schulinspektor und 1606-16 war er Rektor ‚Director und Professor primarius‘ am Gymnasium Casimirianum in Coburg. Am 13.7.1616 ist er in Coburg gestorben [1h].

Bild 4 Porträt Andreas LIBAVIUS [1h]

Als Schulmann, Philosoph, Arzt und Chemiker war Andreas LIBAVIUS einer der Universalgelehrten seiner Zeit. Er gilt als Mitbegründer der modernen Chemie. Die Nachbildung seines Laboratoriums in Rothenburg ob der Tauber vermittelt ein genau-



es Bild vom damaligen wissenschaftlichen Arbeiten (Bild 5) [1h].

Bild 5 Nachbildung des Labors von Andreas LIBAVIUS im Historiengebäude in Rothenburg ob der Tauber [1h]

LIBAVIUS pflegte eine humanistische Geisteshaltung, interessierte sich für antike Dialektik und schätzte das Praxiskriterium sehr hoch ein. Er fasste den Wissensstand seiner Zeit auf dem Gebiete der Chemie vor allem unter dem Gesichtswinkel der praktischen Tätigkeit zusammen, wobei ihm sein pädagogisches Geschick sehr zu statten kam [3c].

LIBAVIUS übte Kritik am Sophismus von PARACELSUS, war aber Anhänger von dessen Jatrochemie. Sein 1597 herausgegebenes Hauptwerk ‚Alchemia‘ (Bild 6) [1h] enthielt im 1. Teil die Kapitel (Bild 7):

- ‚ENCERIA‘: **Handgrifflehre** (Prozesslehre), ein Vorläufer des Konzeptes der Grundoperationen,
- ‚ERGALIA‘: **Apparatekunde**,
- ‚PYRONOMIA‘: **Feuerkunde** - exakte Definition aller ‚OPERATIONES‘, Beschreibung von über 50 Öfen und aller Laborgeräte.

Im 2. Teil beschreibt er unter der Überschrift ‚CHYMIE‘ Vorschriften und Rezepte der Stoffumwandlungen (Bild 7). Bild 8 gibt einen Überblick über die einzelnen Abschnitte des ersten Teils der ‚Alchemia‘. Erstaunlich: die 600 Seiten seines Hauptwerkes stellen nur 3 % seines Gesamtwerkes dar. Das Werk ‚Alchemia‘ ist das erste chemische Lehrbuch im Geiste der rationalen Chemie. LIBAVIUS beschreibt erstmalig die Einheit von **Prozesslehre** (Verfahrenstechnik) und **Stofflehre** (Chemie) [2,3d].



Bild 6  
Titelblatt des  
Hauptwerkes  
von Andreas LIBAVIUS ‚Alchemia‘  
[1h]

Das Paradigma von LIBAVIUS lautete: „Eine einzige Operation braucht nur auf eine einzige Art und an einer einzigen Stelle dargelegt zu werden, mag das Werk auch tausend verschiedenartigen Zwecken dienen.“

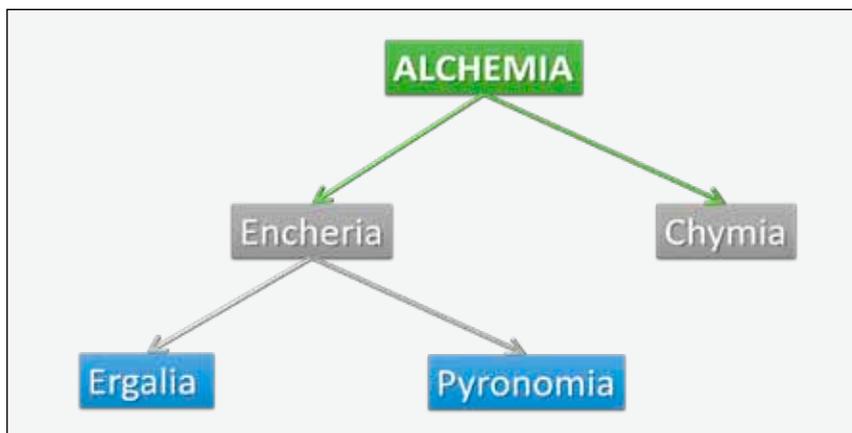


Bild 7 Darstellung und Verknüpfung der Kapitel des Hauptwerkes ‚Alchemia‘ von Andreas LIBAVIUS

### Johann Rudolph GLAUBER

Johann Rudolph GLAUBER (\*10.3.1604 in Karlstadt; † 16.3.1668 in Amsterdam, Bild 9) [1i] einer der frühen Chemietechnologen, war ein Apotheker und Alchemist, der viele neue technische Verfahren zur Chemikalienherstellung (Gewinnung von Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Natriumsulfat) entwickelte und als ein Begründer der frühen Chemieindustrie gilt. Er synthetisierte Natriumsulfat, das nach ihm benannte **Glaubersalz**, um 1625 aus Natriumchlorid (Kochsalz) und Schwefelsäure (Bilder 10a+b) [2,3]. GLAUBER selbst nannte das von ihm entdeckte Salz auch ‚Sal mirabilis‘ und ‚Mirabili‘ und kannte dessen Verwendung als Abführmittel. Heute wird Natriumsulfat als Streckmittel in Waschmitteln, bei der Gewinnung von Papier und Zellstoff, bei der Glasherstellung, sowie zur Herstellung von Ultramarinblau und Natriumsulfid verwendet [1i].

---

auf Seite 27: Bild 8 Übersicht über die Abschnitte der Handgrifflehre (1. Teil der ‚Alchemia‘) von Andreas LIBAVIUS [2,3d]

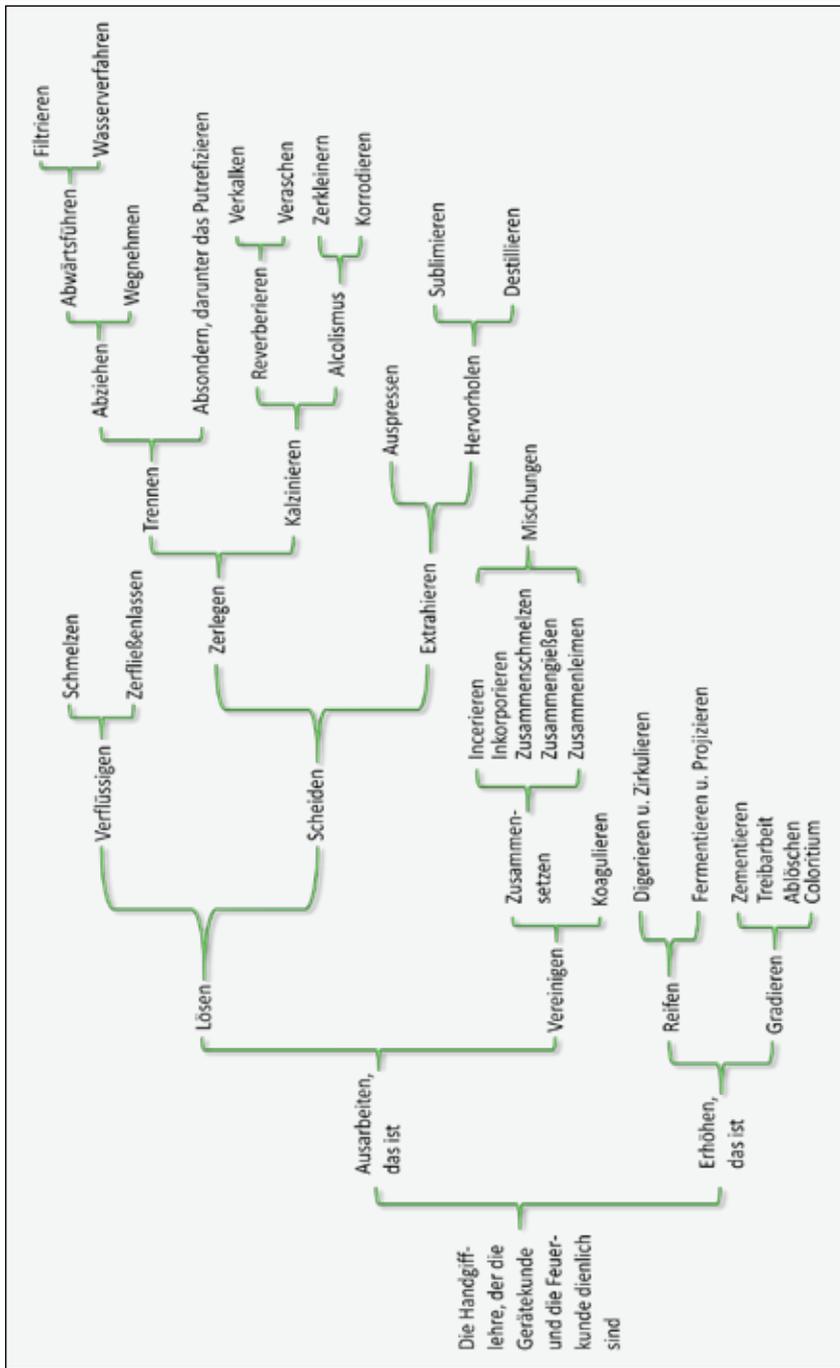
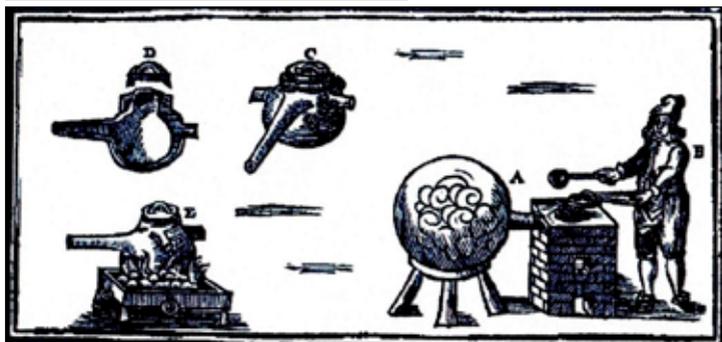
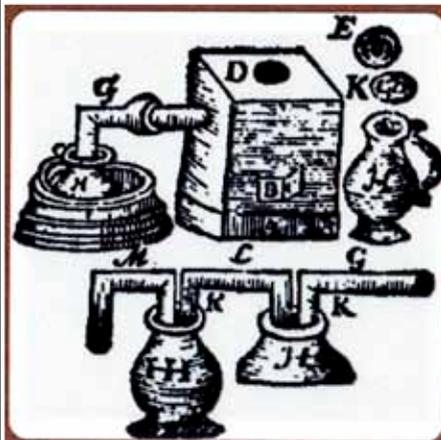




Bild 9 Porträt Johann Rudolph GLAUBER [1i]



Bilder 10a+b Die Laborgerätschaften der damaligen Zeit (Bild rechts oben: syphonartige Gefäße zur Verbesserung der Destillation, Bild unten: ‚Philosophische Öfen‘/‚Athanon‘, alchemistische Öfen zum Erwärmen und Erhitzen, darin auch der ‚Stein der Weisen‘ hergestellt werden sollte [1j]) [2]

Johann Rudolph GLAUBER zur Situation in Deutschland nach dem Dreißigjährigen Krieg: „Was mangelt uns in Teutschland das uns Gott und die Natur nicht reichlich und überflüssig zu aller Nothdorf darein gegeben wann wirs nur verstünden oder verstehen wollten? Das Fressen und Sauffen ist so gar gemein geworden dass auch einer, der nur ein Stück Brot von einem Tag zum anderes übrig hat nicht nachlässt solches durch die Gurgel zu jagen und im Schlemmen seine Zeit unnützlich zu verschleissen. Und also im geringsten sich selber schier niemand in guten Künsten übet, ... gute und dem Lande nützliche Wissenschaften und Künste hasset und verfolget...“ („Des Teutsch Landes Wohlfahrt“, 1657) [4]

## Johannes KUNCKEL

Johannes KUNCKEL (auch ‚Kunkel‘ geschrieben, \*um 1630 in Hütten bei Rendsburg, † 20.3.1703 in Pernau, Bild 11) [1e] war ein deutscher Alchimist und später ein erfolgreicher Glasmacher. Nach dem Dreißigjährigen Krieg war er noch der Alchemie verhaftet. Die Arbeit der Alchemisten führte oft zu unerwarteten technologischen Fortschritten. Kurfürst JOHANN GEORG II. von Sachsen sah in ihm einen Goldmacher und holte ihn um 1670 an seinen Hof nach Dresden. Als KUNCKEL 1677 seinen Lohn einforderte, soll der Kurfürst geantwortet haben: „Kann er Gold machen, so bedarf es keines Geldes, kann er solches nicht, warum sollte man ihm Geld geben?“ [2]



Bild 11  
Porträt Johannes KUNCKEL [1e]

Er gilt als der Erfinder des Goldrubinglases - eine Sammelbezeichnung für zartrosa bis dunkelrote Gläser, die mit in der Glasschmelze gelöstem, kolloidalem Gold gefärbt sind, farbwirksames Pigment ist dabei Goldpurpur (Bild 12) [1e,k]. Für seine Verdienste wurde er vom Schwedenkönig Karl XI. unter Namenserweiterung zu Johann Kunckel von Löwenstern geadelt.

Bild 12  
Goldrubingläser  
(der Becher mit  
dem Deckel  
wird  
traditionell  
Johannes KUNCKEL  
zugeschrieben) [1e]



## Johann Joachim BECHER

Johann Joachim BECHER (\* 6.5.1635 in Speyer; † Oktober 1682 in London, Bild 13) [11] war ein deutscher Gelehrter, Ökonom und Alchemist. Er war eine schillernde Persönlichkeit in der Zeit des Übergangs von der Alchemie zur modernen Chemie. Er un-



tersuchte die Natur des Verbrennungsprozesses und nahm an, dass beim Verbrennen von Stoffen eine ‚terra pinguis‘ freigesetzt würde. Nach BECHERs Auffassung waren Luft, Wasser und Erde die eigentlichen Elementarprinzipien. BECHER erarbeitete 1.500 chemische Verfahren und formulierte Ansätze zur Phlogistontheorie.

Bild 13 Porträt Johann Joachim BECHER [11]

## Georg Ernst STAHL

Georg Ernst STAHL wurde am 21.10.1660 in Ansbach geboren (Bild 14) [1m,3e]. Sein Vater Johann Lorenz STAHL (1620-98) war Hofratssekretär, ab 1664 Konsistorialsekretär und ab 1672 Ehegerichtssekretär (nach anderen Quellen evangelischer Pfarrer) in Ansbach, seine Mutter war Marie Sophie MEELFÜHRER (1635–1680). 1679-84 absolvierte er Medizinstudium und Promotion in Jena. 1687-94 war er Leibarzt des Herzogs JOHANN ERNST von Sachsen-Weimar, 1694-1716 zweiter Professor der Medizin in Halle. 1694 heiratete er Catharina Margarethe MICULCI (1668-96) aus Zerbst. 1716-34 diente er als Leibarzt dem preußischen König FRIEDRICH WILHELM I.. Später war er Präsident des Collegium-Medicum in Berlin, wo er am 14.5.1734 auch verstarb [1m,2].



Bild 14 Porträt Georg Ernst STAHL [1m]

Georg Ernst STAHL war ein deutscher Alchemist, Chemiker, Mediziner und Metallurg. Als Chemiker entwickelte er die Theorie vom „Phlogiston“, als Mediziner war er Vertreter des auch als frühe Form eines psychodynamischen Krankheitskonzepts angesehenen Animismus [1m]. Zwischen ihm und Friedrich HOFFMANN (1660-1742, Bild 15) [1n], einem früheren Studienfreund von der Universität Jena und später sehr erfolgreichen deutschen Mediziner der Frühaufklärung an der Universität in Halle/Saale, Erfinder der ‚Hoffmann’s Tropfen‘ und Entdecker der Heilquellen von Bad Lauchstädt, der 1694 STAHLs Berufung als Professor der Medizin an die Universität



Halle betrieb, entspannen sich kollegiale Auseinandersetzungen über medizinische Behandlungsmethoden. Während STAHL lehrte, dass die vernünftige Seele selbst für die unbewussten Bewegungen zuständig ist, lehrte HOFFMANN nach solidarmechanistischer Art die Eigenaktivität der Muskeln im Zusammenhang mit dem Tonus der Nerven. HOFFMANNs Therapie war insgesamt für ihre Milde berühmt, Bäder und einfache Medikamente standen im Vordergrund [1n].

Bild 15 Porträt Friedrich HOFFMANN [1n]

STAHLs Geisteshaltung war der Pietismus. Seine wissenschaftlichen Leistungen gipfelten in der Postulation einer Verwandtschaftsreihe (Spannungsreihe der Metalle  $Zn > Fe > Hg > Ag > Au$ ). Er hinterließ ein umfangreiches wissenschaftliches Werk – insgesamt fast 240 Publikationen, die jedoch teilweise in unverständlicher Weise formuliert sind, was eine weitreichende Rezeption verhinderte.

Georg Ernst STAHL gilt als der Schöpfer der Phlogistontheorie. Anknüpfend an die Theorien von PARACELSUS und BECHER abstrahierte er weiter und setzte anstelle des Begriffs ‚Terra pinguis‘ den Begriff ‚Phlogiston‘ [3e]. Die Phlogistontheorie war etwa 100 Jahre vorherrschend (ca. 1697-1772). Danach wurde die Chemie eine selbstständige Disziplin.

### **Phlogistontheorie** (lat.: phlox – Flamme)

- Es ist die vorherrschende Theorie im 18. Jh.,
- die Verbrennung wird zum Mittelpunkt der wissenschaftlichen Chemie,
- erstmals gibt es eine gemeinsame Grundlage für Oxidation/Reduktion/Umkkehrbarkeit, Atmung, Verwesung, Gärung,
- der Gegenstand der Chemie wird auf die gewerbliche Praxis erweitert.

Nach Robert MAYER (1814-78, Bild 16) [1o], Arzt und physiologisch forschender Mediziner in Halle/Saale, ist das gewichtslose Phlogiston im Zusammenhang mit der Wärmeenergie zu sehen. Als einer der ersten Wissenschaftler formulierte er 1847 den für Physik, Chemie und Medizin bedeutenden ‚Ersten Hauptsatz der Thermodynamik‘.

Er konnte den Zahlenwert eines Wärmeäquivalents (Umrechnungsfaktor zwischen einer mechanischen oder elektrischen Energiemenge und der daraus entstehenden Wärmeenergie) auf 425 (exakt: 427) kpm (Kilopondmeter, nicht SI-konforme Dimension für Energie) ermitteln und präzisieren. Diese Relation besagt, dass Arbeit und Wärme einander äquivalent sind und als verschiedene Energieformen im immer gleichen Verhältnis ineinander übergeführt werden können.

Dieser Erste Hauptsatz der Wärmelehre war der Vorreiter des allgemeinen Energieerhaltungssatzes, den Hermann von HELMHOLTZ ebenfalls 1847 formulierte [1o].



Bild 16 Porträt Julius Robert von MAYER [1o]

### **Antoine Laurent de LAVOISIER**

Antoine Laurent de LAVOISIER (Bild 17) [1p] wurde am 26.8.1743 in Paris geboren, er war der älteste Sohn des Arztes und Rechtsanwalts Jean Antoine LAVOISIER (1715-75) und dessen Frau Émilie PUNCTIS (ca. 1729-48). Bereits in jungen Jahren interessierte er sich für die Naturwissenschaften [1p]. Ab 1754 besuchte er als Tagesschüler das Collège Mazarin (Collège des Quatre Nations), wo er neben einer gründlichen klassischen Ausbildung auch die beste damals in Paris mögliche Ausbildung in Naturwissenschaften und Mathematik genoss. 1764 promovierte er zum Doktor der Rechte. 1767-77 arbeitete er zusammen mit Jean-Etienne GUETTARD (1715-86) an

insgesamt 16 regionalen geologisch-mineralogischen Karten. Er war dabei für barometrische Höhenmessungen, Neigungsmessungen, Wasser- und Mineralanalysen zuständig und veröffentlichte eine Arbeit über die Analyse von Wasserproben.

Am 16.12.1771 heiratete LAVOISIER die erst 13-jährige Marie Ann-Pierette PAULZE (1758-1836), die Tochter des Generalsteuereintnehmers Jacques PAULZE (1723–1794). Im Agrarbereich der ‚Ferme générale‘, deren Mitglied LAVOISIER seit 1768 war, fungierte Jacques PAULZE als sein Vorgesetzter und war einer der einflussreichsten Mitglieder. Außerdem war er Direktor der Französischen Ostindienkompanie ‚Directeur de la Compagnie des Indes‘ und sein Schwager war der Finanzminister Joseph Marie TERRAY. Das junge Ehepaar bezog ein Haus in der ‚Rue Neuve des Bons Enfants‘. Dort und ab 1776 in ihrer Wohnung im Arsenal war es den beiden nun möglich, ein großes Laboratorium einzurichten, in dem seine Frau, die nach Anleitung durch LAVOISIER ebenfalls gerne experimentierte, unter anderem das Laborbuch führte (Bild 18) [1p]. In der Regel war sie bei den Experimenten anwesend. Sie übersetzte auch wissenschaftliche Werke aus dem Englischen, war eine gute Zeichnerin und steuerte Illustrationen für LAVOISIERS Werke bei. Am 8. Mai 1794 wurde er von den Jakobinern durch die Guillotine hingerichtet [1p,2].



Bild 17 Porträt Antoine Laurent de LAVOISIER [1p]

Bild 18 Antoine Laurent de LAVOISIER mit seiner Frau Marie [1p,2]

LAVOISIER war ein französischer Chemiker und Naturwissenschaftler, Rechtsanwalt, Hauptzollpächter, Ökonom und Leiter der französischen Pulververwaltung. Er führte quantitative Messmethoden in die Chemie ein, erkannte die Rolle des Sauerstoffs bei der Verbrennung und widerlegte damit die damals vorherrschende Phlogistontheorie. Er schuf viele Grundlagen der modernen Chemie. Er gilt als deren Begründer und als Vater der ersten chemischen Revolution. Trotz seines hohen wissenschaftlichen Ansehens und seines Engagements für Reformen wurde er wegen seiner Rolle im ‚Ancien Régime‘ ein Opfer der Terrorherrschaft während der Französischen Revolution 1789. Eines von LAVOISIERS größten Verdiensten war es, bei seinen Experimenten alles genau zu notieren, zu messen und zu wiegen. Er ließ Apparate und Instrumente konstruieren, mit denen vor allem Gase genauer als bisher gemessen und gewogen werden konnten. Später war er in der Lage, größere Gasmassen zu speichern und Gase bis auf eine Genauigkeit von 50 Milligramm zu wiegen. Wertvoll für spätere Naturwissenschaftler war auch die methodische Dreiteilung der Darstellung von chemischen Versuchen, die sich bis heute erhalten hat. Er gliederte die Versuchsbeschreibungen in:

- Experiment (,préparation de l'expérience', Versuchsbeschreibung, Materialien und Methoden),
- Ergebnis (,effet', Versuchsergebnisse),
- Betrachtungen (,réflexions', Schlussfolgerungen, Diskussion) [1p].

## Die europäische Wissenschaft im Mittelalter

Einerseits wuchs das Naturinteresse, andererseits nahm die Übermacht der Scholastik zu. Ein Ausweg konnte im Prinzip der doppelten Wahrheit gesehen werden: „*Wahr und wahrscheinlich*.“ **Scholastik** ist die Denkweise und Methode der Beweisführung, die in der Latein-sprachigen Gelehrtenwelt des Mittelalters entwickelt wurde. Bei dieser Methode handelt es sich um ein von den logischen Schriften des ARISTOTELES ausgehendes Verfahren zur Klärung von Fragen mittels theoretischer Erwägungen, ausgehend von den Prämissen ‚Voraussetzung‘ und ‚Annahme‘. Die Scholastik umfasste die Gesamtheit des Wissensbetriebs. Die scholastische Methode war die in der Epoche bekannteste und am meisten verbreitete Beweisführungsstrategie [1q]. In Tabelle 1 sind jeweils eine Auswahl scholastischer Universitäten, an denen das Prinzip Forschung neben der Lehre entwickelt wurde, für den Zeitraum ca. 1150-1450 zusammengestellt. Danach folgen die im Zeitraum 1450-1700 neu entstandenen Universitäten (rechte Spalte in Tab.1).

Tabelle 1 Auswahl von Universitäten im Europa des Mittelalters (ca. 1150-1700, die mitteldeutschen Universitäten im Fettdruck)

Scholastische Universitäten ca. 1150-1450			Neuere Universitäten 1450-1700	
Zeit	Universität	Bemerkungen	Zeit	Universität
1119	Bologna	Schwerpunkte: Rechtswissenschaft und Theologie	1456	Greifswald
1150	Paris		<b>1502</b>	<b>Wittenberg</b>
1386	Heidelberg	galten im Allgemeinen als ‚Bollwerke der Reaktion‘  *Leipzig bis 1816 ** Frankfurt bis 1811	1506	Frankfurt/Oder**
1388	Köln		1527	Marburg
1392	Erfurt		<b>1558</b>	<b>Jena</b>
<b>1409</b>	<b>Leipzig*</b>		<b>1694</b>	<b>Halle/Saale</b>
1419	Rostock			

Die Zeit von 1450 bis 1700 ist charakterisiert durch den Verfall des Feudalismus. Die gesellschaftlichen Verhältnisse sind gekennzeichnet durch:

- die geistige Konzeption der ‚doppelten Wahrheit‘ (Religion ↔ Vernunft, s.o.),
- Reformation und Renaissance, Martin LUTHER (1483-1546), es entsteht ein neuer Überbau,
- Feuerwaffen und Söldnerheere, den 30-jährigen Krieg (1618-1648), in dem Deutschland ca. ein Drittel seiner Bevölkerung verlor und auf etwa 11 Millionen Einwohner schrumpfte.
- den Niedergang der Ritterschaft,
- die geographischen Entdeckungen und die Verlagerung der Handelswege,
- die zunehmende Geldwirtschaft und die Verstärkung des Reich-Arm-Gefälles,
- die Bestrebungen zu einem Zentralstaat.

In dieser Zeit bewegt sich die Weltgeschichte:

- 1455-85 Rosenkriege in England, Entwicklung zum Nationalstaat,
- 1479-1556 Spanien und Portugal werden Weltmächte,
- 1483-1559 der französische Absolutismus festigt sich,
- 1485-1553 die kapitalistische Entwicklung und Reformation in England,
- 1492-93 Kolumbus entdeckt Amerika (Westindien),
- 1517 Beginn der Reformation,
- 1519-21 MAGALHAES gelingt die erste Weltumsegelung,
- 1524/25 Deutscher Bauernkrieg,
- 1556-1659 Wirtschaftlicher und politischer Niedergang Spaniens und Portugals.

In dieser Zeit führt die bewusste Abkehr von der scholastischen Universität zur Gründung von zahlreichen Akademien (Tab.2).

Tabelle 2 Akademiegründungen im Zeitraum von 1560 bis 1725  
(mitteldeutsche im **Fettdruck**)

Zeit	Akademie	Ort	Bekannter Wissenschaftler
1560	Accademia secretorum naturae	Neapel	Giambattista della PORTA (1535–1615) [1r] Arzt, Universalgelehrter, Dramatiker
1561	Accademia del Cimento	Florenz	Evangelista TORRICELLI (1608-47) [1s] Physiker und Mathematiker
1603	Accademia die Lincei	Rom	Galileo GALILEI (1564–1642) [1t] Physiker, Mathematiker, Astronom, Philosoph
<b>1652</b>	<b>Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina</b>	Schweinfurt Halle/Saale (ab 1878)	Franz Carl ACHARD (1753-1821) [1u] Naturwissenschaftler, Zuckergewinnung Robert Wilhelm BUNSEN (1811-99) [1v] Chemiker (Bunsenbrenner) Rudolf VIRCHOW (1821-1902) [1w] Pathologe, Anthropologe, Prähistoriker, Politiker
1660	Royal Society	London	Robert BOYLE (1627-92) [1x] Naturwissenschaftler, Physik und Chemie Isaak NEWTON (1642-1727) [1y] Theologe und Naturwissenschaftler Robert HOOKE (1635–1703) [1z], englischer Universalgelehrter
1666	Académie des sciences	Paris	J. B. COLBERT [1aa] René DESCARTES (1596-1650) [1ab] Philosoph, Mathematiker, Naturwissenschaftler Jakob BERNOULLI (1759-89) [1ac] Schweizer Mathematiker und Physiker Antoine Laurent de LAVOISIER (1743-94) [1p] Chemiker, Naturwissenschaftler, Rechtsanwalt, u.a.
<b>1700</b>	<b>Kurfürstlich Brandenburgische Societät, königlich Preußische Societät der Wissenschaften, Preußische Akademie der Wissenschaften</b>	Berlin	Gottfried Wilhelm LEIBNIZ (1646-1716) [1ad] Philosoph, Mathematiker, Jurist, Historiker und politischer Berater der frühen Aufklärung Alexander v. HUMBOLDT (1769-1859) [1ae] deutscher Naturforscher und Entdecker, Wilhelm v. HUMBOLDT (176-1835) [1af] deutscher Staatsmann, Sprachwissenschaftler, Bildungsreformer, Bruder von Alexander Max PLANK (1858-1947) [1ag] deutscher theoretischer Physiker, Begründer der Quantenphysik, Albert EINSTEIN (1879-1955) [1ah] bedeutendster theoretischer Physiker der Wissenschaftsgeschichte, Relativitätstheorie,
1724	Akademija nauk	St. Petersburg, Moskau (ab 1934)	Michael W. LOMONOSSOW (1711-65) [1ai] russischer Naturwissenschaftler, Dichter, Universalgelehrter in der Zeit der Aufklärung Alexander M. BUTLEROW (1828-86) [1aj] russischer Chemiker und Professor, Dmitri I. MENDELEJEV (1834-1907) [1ak] russischer Chemiker, Periodensystem der Elemente

## Fazit

Die ‚Alchemie‘ hatte nicht nur das Ziel, Gold zu machen. Unter den Alchimisten befanden sich stets auch echte Naturforscher, die sich in ihren theoretischen Ansichten häufig täuschten, aber letztlich die Lehre von den Eigenschaften der Stoffe und ihren Reaktionen beförderten.

PARACELSUS gab der Alchemie mit der Lehre der ‚Jatrochemie‘ einen naturwissenschaftlichen Gegenstand und grenzte sich so ab von ‚Goldmachern‘ und Betrügnern. LIBAVIUS schätzte das Praxiskriterium sehr hoch ein. Er fasste den Wissensstand seiner Zeit auf dem Gebiet der Chemie vor allem unter dem Gesichtswinkel der praktischen Tätigkeit zusammen und gilt als Mitbegründer der modernen Chemie. Er beschreibt erstmalig die Einheit von Prozesslehre (Verfahrenstechnik) und Stofflehre (Chemie). Anknüpfend an diese Theorien entwickelte STAHL die ‚Phlogistontheorie‘, die etwa 100 Jahre vorherrschend war. Danach wurde die Chemie eine selbstständige Disziplin.

Im 12.-15.Jh. war die scholastische Lehrmethode die bekannteste und am meisten verbreitete Beweisführungsstrategie. Im 15.-18.Jh., die gesellschaftlichen Verhältnisse waren geprägt durch den Verfall des Feudalismus, führt die bewusste Abkehr von der scholastischen Universität zur Gründung von zahlreichen Akademien. Das Prinzip ‚Forschung‘ an den Akademien wurde zunächst von den neueren Universitäten aufgegriffen und ist bis heute als ‚Einheit von Lehre und Forschung‘ das Bildungsideal und die zentrale Idee dieser Einrichtungen.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stichwort>: a) Alchemie, b) Thomas von Aquino, c) Paracelsus, d) Carl Justus Heckmann, e) Johannes Kunckel, f) Quentin Massys, g) Georgius Agricola, h) Andreas Libavius, i) Johann Rudolph Glauber, j) Athanor, k) Goldrubinglas, l) Johann Joachim Becher, m) Georg Ernst Stahl, n) Friedrich Hoffmann, o) Julius Robert Mayer, p) Antoine Laurent de Lavoisier, q) Scholastik, r) Giambattista della Porta, s) Evangelista Torricelli, t) Galileo Galilei, u) Franz Carl Achard, v) Robert Wilhelm Bunsen, w) Rudolf Virchow, x) Robert Boyle, y) Isaak Newton, z) Robert Hooke, aa) J. B. Colbert, ab) René Descartes, ac) Jakob Bernoulli, ad) Gottfried Wilhelm Leibniz, ae) Alexander v. Humboldt, af) Wilhelm v. Humboldt, ag) Max Plank, ah) Albert Einstein, ai) Michael W. Lomonossow, aj) Alexander M. Butlerow, ak) Dmitri I. Mendelejew, 28.-31.1.2020
- [2] Klaus Krug: ‚Von der Jatrochemie zum Phlogiston‘, Vortrag, Sonder-Kolloquium des SCI, 31.1.2019
- [3] Wilhelm Strube: ‚Der historische Weg der Chemie‘, Bd.1, 4. Aufl., VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1976, a) S. 36, b) S. 77, c) S. 129, d) S. 130/131, e) S. 164
- [4] Johann Rudolph Glauber: ‚Des Teutschlands Wohlfahrt‘, Amsterdam, 1656

## Autorenvorstellung



### Klaus Krug

- 10.3.1941 geboren in Trusen/Thüringen,  
1960-65 Chemiestudium an der Technischen Hochschule 'Carl Schorlemmer'  
Leuna-Merseburg (THLM),  
1965-69 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Physikalische Chemie der  
THLM,  
1969 Promotion (Dr. rer. nat.),  
1969-73 Wissenschaftlicher Sekretär des Direktors für Forschung der THLM,  
1973-79 Wissenschaftlicher Oberassistent an der Sektion Verfahrenstechnik der  
THLM und Sekretär der Hauptforschungsrichtung Verfahrenstechnik bei  
der AdW der DDR,  
1984 Promotion B (Dr. sc. nat./Habilitation) an der TU Dresden,  
1983-2006 Direktor der Bibliothek der THLM (ab 1993 der Fachhochschule Merse-  
burg),  
15.4.1993 Gründungsmitglied des SCI,  
1993-2010 Vorsitzender des SCI,  
8.1.2007 Anerkennung seines bürgerschaftlichen Engagements durch den Bundes-  
präsidenten Horst KÖHLER,  
2.12.2010 Ehrenmitglied des SCI, weiterhin Vorstandsmitglied des SCI,  
2014 Preisträger des Halleschen Bürgerpreises  
*„Der Esel, der auf Rosen geht...“*

# Von DÖBEREINER über BERZELIUS und WINKLER bis OSTWALD - Zur Entstehung des Katalyse-Begriffs

von Thomas Martin

---

## Einleitung

Der Begriff ‚Katalyse‘ ist uns heute selbstverständlich, das war aber nicht immer so. Denn obwohl die Alchemisten im Mittelalter vielfältige Entdeckungen machten, die dann schließlich zur Entwicklung der Wissenschaft ‚Chemie‘ geführt haben, sind die Effekte der Katalyse bzw. die katalytische Wirkung von Stoffen sehr viel später, nämlich erst im späten 18. und 19. Jahrhundert (Jh.), beobachtet und beschrieben worden: Frühe Beispiele hierfür sind die Spaltung von Stärke zu Zucker mit Hilfe von Säure (PARMENTIER, 1781) oder die Reaktion von Alkoholen zu Estern, ebenfalls unter Einwirkung einer Säure (SCHEELE, 1782).

Neben dem Begriff ‚Katalysator‘ wurde noch vor BERZELIUS gleichbedeutend der Begriff ‚Kontakt‘ verwendet, später vor allem im technisch-geprägten Umfeld. Wilhelm OSTWALD berichtet davon in seinem Werk ‚Der Werdegang einer Wissenschaft‘ [1] und verweist auf die Originalstelle bei Eilhard MITSCHERLICH: „... Alkohol in Berührung mit Schwefelsäure bei 140°C in Äther und Wasser zerfalle. ... Wir wollen sie Zersetzung und Verbindung durch Contact nennen.“ [2].

Den Begriff ‚Kontakt‘ findet man noch heute beim ‚Kontakt-Verfahren‘ für die Schwefelsäureherstellung, oder als ‚Kontakt-Fabrik‘ für die Katalysatorenfabrikation, z.B. im Leuna-Werk (das Unternehmen firmierte bis vor kurzem unter CRI Catalysis Research Inc., heute unter Shell Catalysts & Technologies Leuna GmbH) [3].

Heute ist die Katalyse ein Teilgebiet der Chemie, und viele großtechnische Prozesse wären ohne die Katalyse nicht möglich, bzw. nicht wirtschaftlich möglich. Die Katalyse ist heute mehr denn je ein wichtiges Gebiet der Forschung, Entwicklung und Anwendung. Viele Verfahren sind ohne passende Katalysatoren nicht denkbar. In Deutschland ist die Interessenvertretung der Katalyse-Gemeinschaft durch die ‚Deutsche Gesellschaft für Katalyse‘ (oder ‚German Catalysis Society‘, GeCatS) gegeben [4].

Es war ein langer Weg und verschiedene Personen haben maßgeblich dazu beigetragen, zu verstehen und zu definieren, was wir heute unter dem Begriff Katalyse verstehen. Einige dieser Personen und Entdeckungen sollen im Folgenden vorgestellt werden.

## Johann Wolfgang DÖBEREINER

### Sein Leben

Johann Wolfgang DÖBEREINER (Bild 1) [5a] wurde am 13. Dezember 1780 in Hof/Saale (Oberfranken) geboren. Er wuchs auf dem Rittergut Bug bei Weißdorf auf (ca. 20 km südlich von Hof), in dem sein Vater zunächst Kutscher, später Gutsverwalter war (Bild 2) [5a]. Mit gerade 14 Jahren begann er eine Apothekerlehre im nahe gelegenen Münchberg. Danach ging er für fünf Jahre auf Wanderschaft, die ihn durch ganz Deutschland bis nach Straßburg führte. Während dieser Zeit erweiterte er als Autodidakt ständig sein Wissen auf verschiedenen Gebieten, z.B. in der Chemie, Biologie und Mineralogie. Nach der Wanderschaft wollte er eine eigene Apotheke kaufen, hatte aber nicht die Mittel dazu. Für eine Apotheken-Gründung bekam er die Konzession nicht. Deswegen gründete er eine Naturproduktenhandlung in Gefrees (in der Nähe von Münchberg), die er mit Erfolg betrieb. Er war so erfolgreich, dass er die Missgunst seiner Mitbürger auf sich zog und die Handlung nicht weiter fortführen konnte. Er nahm eine Stellung in einer Baumwollfärberei und -bleicherei in Münchberg an. Auf Grund seiner guten chemischen Kenntnisse konnte er durch die Einführung der Chlorbleiche zum Erfolg der Firma beitragen. Jedoch versiegte durch die Kontinentalperre (1806-13) die Einfuhr von Baumwolle und die Firma musste schließen.



Bild 1 Porträtmalerei  
Johann Wolfgang DÖBEREINER [5a]



Bild 2 Gedenktafel am Rittergut Bug [5a]

DÖBEREINER übernahm nun das Inspektorat bei einer Branntweinbrennerei und Brauerei in Bayreuth. Auch hier konnte er seine guten chemischen

Fähigkeiten zur Verbesserung der Produktion einbringen. Durch einen Besitzerwechsel verlor er auch hier wieder seine Anstellung.

Sein fachlicher Ruf war aber inzwischen durch wissenschaftliche Publikationen so gewachsen, dass er 1810 überraschend einen Ruf an die Universität Jena erhielt, zunächst als Extraordinarius, dann als Professor für Chemie, Pharmazie und Technologie.

„*Wie war es dazu gekommen?*“ Jena gehörte zum Herzogtum Sachsen-Weimar-Eisenach, das zu dieser Zeit von Herzog CARL AUGUST regiert wurde. Sein Minister und Rat war Johann Wolfgang von GOETHE, der für die Universität zuständig war. GOETHE hatte bekanntermaßen großes Interesse an Naturstudien. Die Universität Jena hatte Ende des 18. Jh. in den Geisteswissenschaften einen herausragenden Ruf. Friedrich SCHILLER war dort Professor, auch FICHTE, SCHELLING und HEGEL lehrten dort. Nach den Wirren und Schäden während der Napoleonischen Kriege wurden in der Universität zu Beginn des 19. Jh. auf Betreiben GOETHEs die naturwissenschaftlichen Fakultäten ausgebaut. Die erste Professur für Chemie hatte Friedrich August GÖTTLING inne, der die Chemie „*aus der Rolle der Dienerin von Pharmazie und Medizin*“ [5b] befreite und als eigenständige Wissenschaft etablierte. Er hielt insbesondere auch Vorträge über die Experimentalchemie und chemische Technologie. Nach dem Tod GÖTTLINGs 1809 suchte man nach einem geeigneten Nachfolger, der „*die Genialität in den Naturwissenschaften mit praktischer Tendenz vereine*“ [6] Er fand ihn in DÖBEREINER. Johann Wolfgang von GOETHE war als „*Leiter der Oberaufsicht über alle unmittelbaren Anstalten für Wissenschaft und Kunst*“ [6] sein direkter Vorgesetzter. Die beiden standen zeitlebens im Briefwechsel und in persönlichem Kontakt.

DÖBEREINER blieb an der Universität Jena. Er wurde 1829 zum Ordinarius befördert. Bereits 1818 wurde er als Mitglied der Leopoldina berufen, später noch an andere wissenschaftliche Akademien. Ab 1816 war sein Institut in einem eigenen Haus untergebracht (Bild 3) [5a], davor im Schloss Jena [7], das heute noch steht und im Programm der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) als ‚Historische Stätte der Chemie‘ geführt wird (Bild 4) [5c].

Am 24. März 1849 verstarb Johann Wolfgang DÖBEREINER, er ist in Jena auf dem Johannisfriedhof beigesetzt (Bild 5) [5a].

Bild 3  
Ehemaliges Chemisches Institut von DÖBEREINER in Jena  
(Hellfeldsches Haus) [5a]



Bild 4  
Gedenktafel für DÖBEREINER an  
,Historische Stätte der Chemie'  
(GDCh) [5c]



Bild 5  
Grabstein von DÖBEREINER auf dem  
Johannisfriedhof in Jena [5a]



## DÖBEREINERs Wirken

Das Wirken von DÖBEREINER in Jena war äußerst vielfältig. Einige Tätigkeiten sollen hier genannt werden, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Die Aktivitäten von DÖBEREINER waren nicht nur von akademischem Interesse geprägt. Er war stets auch an einer praktischen Anwendung interessiert. So wirkte er auch als Berater von Herzog CARL AUGUST (Bild 6) [5d], um Fabrikationsverfahren zu verbessern und neue Betriebe aufzubauen, z.B. bei einer Schwefelsäurefabrik. Die

Erfahrungen aus seiner früheren Tätigkeit als Inspektor konnte er bei Brenne-  
reien und Brauereien einsetzen. Im Her-  
zogtum wurde Färberwaid angebaut, der  
dann zu blauem Indigo verarbeitet wur-  
de, insbesondere in Erfurt. DÖBEREINER bemühte sich auch hier,  
das umständliche, langwierige und vor  
allem das für Mensch und Umwelt sehr  
unfreundliche Verfahren zu optimieren.



Bild 6  
 Porträt CARL AUGUST,  
 Herzog von Sachsen-Weimar und Eisenach  
 (Gemälde von Georg Melchior KRAUS, 1796)  
 [5d]

Die Gewinnung von Gas aus Kohle, dem ‚Wassergas‘, war bereits Ende des 18. Jh. bekannt (England, Niederlande). Allerdings hat DÖBEREINER nach einer Demonstration im Schlosshof von Jena auch hier Vorschläge an den Herzog unterbreitet, wie man die Kohlevergasung effizienter gestalten konnte. Er schrieb dazu an den Herzog: *„Ich habe gefunden, dass Kohle und Wasser bei ihrer Wechselwirkung in hoher Temperatur das wohlfeilste und reinste Feuergas geben, und, hätte ich Geld, um diese Entdeckung durch Versuche weiter fortsetzen und sie zum Nutzen für das Leben ausarbeiten zu können, so würde ich vielleicht imstande sein, die Bereitung des Lichtgases wohlfeiler und einfacher auszuführen, als dieses von den Engländern geschehen ist durch Benutzung ihrer Steinkohlen.“* [6]

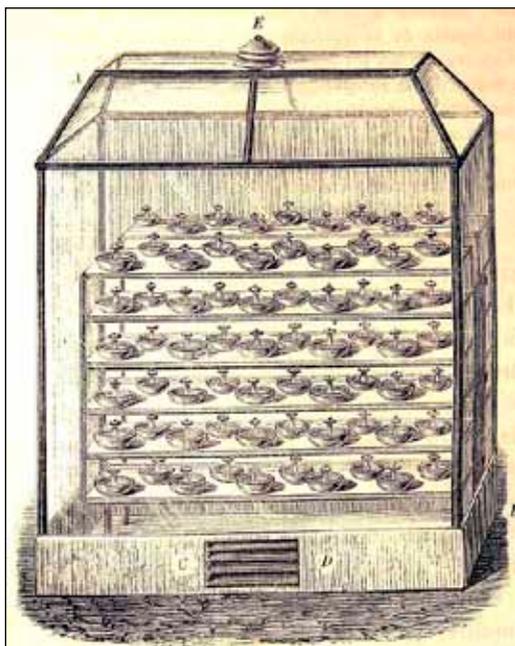
Eine weitere Innovation führte DÖBEREINER in der universitären Lehre ein: den Experimentalunterricht und chemische Praktika. Dies ergänzte er mit Exkursionen zu chemischen Fabriken in der Nähe von Jena, um so den Studenten eine praxisorientierte Ausbildung zu ermöglichen. Der Erfolg und die Beliebtheit seiner hervorragenden Lehrtätigkeit zeigten sich an der dauerhaft großen Zahl seiner Zuhörer.

Durch seine gute Beobachtungsgabe entdeckte er die sogenannte Triadenregel: Elemente mit sehr ähnlichen Eigenschaften lassen sich in Dreiergruppen anordnen, wobei das mittlere Element die Atommasse des arithmetischen Mittelwerts der beiden äußeren Elemente aufweist, z.B. Calcium-Strontium-Barium (20-38-56) oder Lithium-

Natrium-Kalium (3-11-19). In seiner Schrift „*Versuch zu einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie*“ [5a] konnte er so 30 der damals 53 bekannten Elemente anordnen. Außerdem sagte er bestimmte weitere Elemente vorher. Die Triadenregel DÖBEREINERs gilt als eine der ersten Vorläufer des Periodensystems der Elemente, das von Lothar MAYER und Dimitri MENDELEJEV 1869 unabhängig voneinander veröffentlicht wurde.

Seine wichtigste, heute würde man sagen, nachhaltigste Forschung betrieb DÖBEREINER jedoch auf dem Gebiet der heterogenen Katalyse. Er verwendete dazu sogenanntes Platinmohr bzw. Platinschwamm, fein verteiltes Platin, das katalytische Wirkung zeigt. Bereits 1816 konnte er so Ethanol katalytisch zu Essigsäure oxidieren. Er gab sich mit dieser Entdeckung aber nicht zufrieden, sondern entwickelte daraus ein industriell genutztes Verfahren zur Schnelllessigfabrikation (im Gegensatz zur viel langsameren Essigsäuregärung) (Bild 7) [5e].

1823 entdeckte er, dass sich Knallgas an einem Platinschwamm schon bei niedrigen Temperaturen entzündet. DÖBEREINER formulierte die Wirkung des Platinschwamms in einem Brief an GOETHE als: „*durch bloße Berührung und ohne alle Mitwirkung äußerer Potenzen*“ [6] (d.h. ohne äußere Energiezufuhr).



Hiermit ist in Grundzügen bereits ein Wesensmerkmal der späteren Definition der Katalyse benannt. Diese Beobachtungen wurden durch die Entdeckung ergänzt, dass auch Iridium-Osmium-Gemische die gleiche Wirkung haben. Dies kann als Beginn der Nutzung von Mischkatalysatoren gelten. Viele weitere Entdeckungen auf dem Gebiet der Katalyse kann DÖBEREINER sein eigen nennen.

Bild 7 Apparat zur chemischen Produktion von Essig nach der DÖBEREINER-Methode [5e]

Im Folgenden soll aber eine Anwendung näher beschrieben werden, die mit DÖBEREINER unlöslich verbunden ist: das DÖBEREINER-Feuerzeug.

Aus der von ihm entdeckten Tatsache, dass sich Knallgas (d.h. das Gemisch aus Wasserstoff + Sauerstoff) entzündet, wenn es auf Platinmohr oder anderweitig fein verteiltes Platin trifft, wollte der praktisch gesinnte DÖBEREINER eine nützliche Anwendung schaffen. Es bestand zu jener Zeit bereits ein bekanntes, ähnliches Feuerzeug, das allerdings den Wasserstoff durch einen elektrischen Funken entzündete, der durch ein sogenanntes Elektrophor, der Entladung einer statischen Elektrizität (z.B. einer geladenen Harztafel) generiert wird. Der Wasserstoff selbst wurde in einem Vorläufer eines Kipp'schen Apparats erzeugt, in dem eine Säure (meist verdünnte Schwefelsäure) mit einem unedlen Metall (meist Zink) in Kontakt gebracht wird.

Das verbesserte DÖBEREINER'sche Feuerzeug besteht aus einem U-förmigen Glasrohr, dessen eines Ende verschlossen ist (Bild 8) [6]. Das andere Ende besteht aus einem Hahn mit feiner Düse. In dem Rohr ist eine Verengung, vor der ein Stück Zink liegt. Wird nun Säure eingefüllt, entsteht Wasserstoff, der sich unter dem Hahn sammelt und die Säure durch die Verengung vom Zink wegdrückt. So stoppt die Wasserstoffproduktion. Erst wenn der Hahn geöffnet wird und der Wasserstoff ausströmt, kann sich wieder Säure am Zink zersetzen. Der aus dem Hahn austretende Wasserstoffstrahl trifft auf eine kleine Hülse mit Platinschwamm, der dadurch zu glühen beginnt und den Wasserstoff entzündet. Mit der Wasserstoffflamme lässt sich dann ein Holzspan, eine Kerze oder ein Spiritusbrenner anzünden und das Feuerzeug hat seinen Dienst getan. Dieses kleine Feuerzeug arbeitete sehr zuverlässig. Das Gas ließ sich wieder und wieder entzünden, der Platinschwamm behielt seine Aktivität.

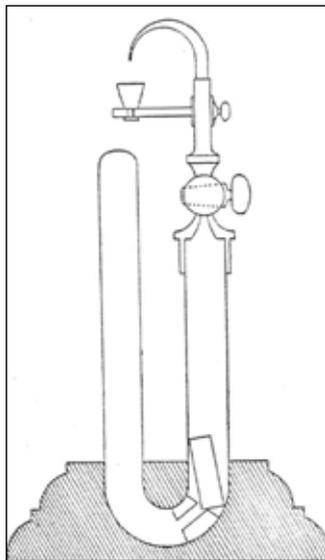


Bild 8  
Urform des DÖBEREINER'schen Feuerzeuges [6]

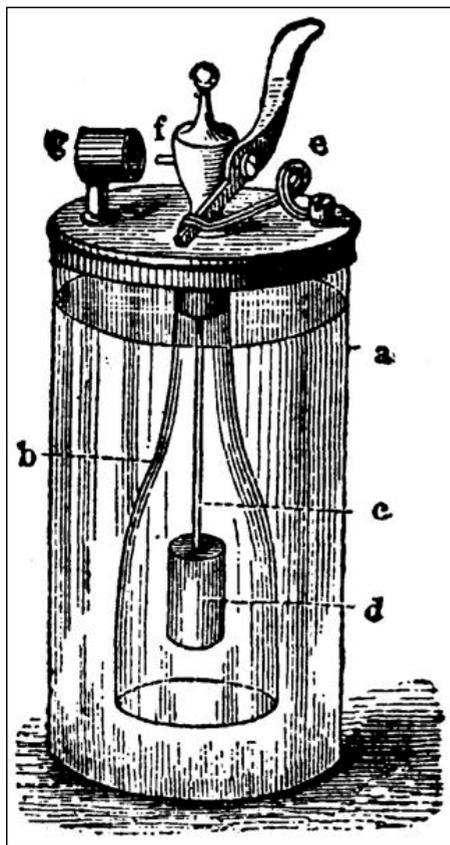
Das bekannte Bild von Johann Wolfgang DÖBEREINER zeigt ihn mit erhobenem Finger vor seiner Erfindung (Bild 9) [5a]. Diese wird durch den Künstler noch durch einen Funken dargestellt, um so zum einen die zündende Wirkung zu verbildlichen,

zum anderen aber auch die Beziehung zu einem in der Gesellschaft bekannten Effekt herzustellen.

Bild 9  
DÖBEREINER mit seiner Erfindung  
(Stich von C.A.SCHWERDGEBURTH, 1831) [5a]



In späterer Zeit wurden Tischfeuerzeuge hergestellt, die eine große Verbreitung fanden (Bild 10) [5f]. Hier befindet sich die Säure in einem Becher (Bild 10, a), in die eine nach un-



ten offene Glasglocke taucht (b). In der Glocke befindet sich ein Stück Zink (c,d). Die Spitze der Glocke ist mit dem Hahn verbunden (e,f). Das entstehende Wasserstoffgas drückt die Säure aus der Glocke zurück in den Becher, die Wasserstoffproduktion stoppt. Wird der Hahn (e,f) betätigt, strömt Wasserstoff aus, der Strahl weist auf den Platinschwamm (g) und entzündet sich. Durch das Ausströmen des Gases füllt die Glocke sich wieder mit Säure und es entsteht weiterer Wasserstoff, aber immer nur so viel wie nötig. So kann das Feuerzeug viele Male benutzt werden.

Bild 10  
Skizze eines DÖBEREINERschen Feuerzeugs  
[5f]

Das DÖBEREINERsche Feuerzeug war seit seiner Erfindung in der ersten Hälfte des 19. Jh. sehr populär (Bilder 11a,b) [8]. Ab Mitte des 19. Jh. wurde es durch Zündhölzer ersetzt, die noch einfacher im Gebrauch waren. Sicherheitszündhölzern wiederum wurden 1848 u.a. von einem Schüler DÖBEREINERS, Rudolf Christian BÖTTGER, erfunden.



Bilder 11a+b

Prunkvolles DÖBEREINERsches Feuerzeug (hier in dieser Form kombiniert mit einem kleinen Spiritus- oder Petroleumbrenner, der Docht vor der gelochten Scheibe, rechtes Bild: Apparat auseinandergenommen) [8]



Die Würdigung von DÖBEREINERs Erfindung war vielfältig: GOETHE schrieb: „*es eine höchst angenehme Empfindung sei, wenn wir eine bedeutende Naturkraft technisch also bald zu irgend einem nützlichen Gebrauch eingeleitet sehen: und so bin ich in dem Falle, mich Ew. Wohlgeboren immer dankbar zu erinnern, da Ihr so glücklich erfundenes Feuerzeug mir täglich zur Hand steht.*“ [7].

BERZELIUS nennt das Feuerzeug „*die glänzendste Entdeckung der Zeit*“ [2]. Vor dem Döbereiner-Hörsaal an der Universität Jena steht eine Statue DÖBEREINERs (Bild 12) [5a]. Zu seinem 200. Geburtstag wurde DÖBEREINER und dem Feuerzeug auch eine Briefmarke gewidmet (Bild 13) [9].



Bild 12 Statue DÖBEREINERs an der Universität Jena [5a]

Bild 13 Briefmarke zum 200. Geburtstag  
von Johann Wolfgang DÖBEREINER [9]



## Jöns Jakob BERZELIUS

### Sein Leben und Wirken

Der schwedische Naturforscher Jöns Jakob BERZELIUS (Bild 14) [5g] hat ganz ähnliche Lebensdaten wie DÖBEREINER. Er wurde am 20. August 1779 in Väversunda/Schweden geboren und verstarb am 7. August 1848 in Stockholm. Wie DÖBEREINER wuchs auch BERZELIUS in einer mühsamen Kindheit in armen Verhältnissen auf. Auch er hatte zunächst nur minimale Schulbildung und eignete sich viel seines Wissens durch eigene Beobachtung und Studien an. Jedoch konnte er Medizin studieren und entdeckte dort seine Neigung zur Chemie. Während der Semesterferien machte er bei einem Glasbläser eine Lehre, oder half in einer Apotheke aus. Nach anfänglichen beruflichen Widrigkeiten wurde er 1807 mit 28 Jahren auf den Lehrstuhl der Chemie an der chirurgischen Schule der Universität Stockholm berufen. Dort hat er zeitlebens gearbeitet. Allerdings dürfen wir uns nicht vorstellen, dass es ein wie heute bekanntes chemisches Labor gegeben hätte - seine Versuche machte er vor allem zuhause an einem Holztisch (Bild 15) [7]. Nichtsdestotrotz hat er unzählige Entdeckungen und Entwicklungen hervorgebracht, so dass BERZELIUS als der Wegbereiter der modernen chemischen Wissenschaft schlechthin gilt.



Bild 14 Porträt Jöns Jakob BERZELIUS [5g]

Bild 15 BERZELIUS' Labor und Wohnhaus in  
der Stora Nygatan [7]



Trotz der einfachen Umstände hat BERZELIUS ausgezeichnete analytische Chemie betrieben. Wo passende Materialien gefehlt haben, hat er sie erfunden oder weiterentwickelt, z.B. Bechergläser oder Rundkolben, Spritzflaschen oder Scheidetrichter. Das zu Glasstrichern passende Filterpapier wurde nach seinen Anweisungen auf eine spezielle Methode hergestellt. Auch eines der typischsten Glasgeräte im chemischen Labor geht auf ihn zurück, die ‚Epruvette‘, uns bekannt als Reagenzglas. Er hat die Lötrohrprobe perfektioniert und damit viele Analysen exakt durchführen können. Diese Technik hat der Autor in seiner Jugend mit seinem Mineralogie-Experimentierkasten selbst mit Freude ausprobiert.

BERZELIUS hat auch die Kommunikation in der Chemie erneuert. Schon in der Alchemie wurden durch die Eingeweihten für verschiedene Stoffe graphische Symbole verwendet, wohl aber mehr um den Inhalt zu verschleiern als allgemein zugänglich zu machen. Später hat man umständlich die Langnamen von Stoffen genutzt. Jöns Jakob BERZELIUS hat vorgeschlagen – und dieses System hat sich durchgesetzt – jeweils die Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen der Elemente zu verwenden, z.B. H für ‚Hydrogenium‘ (Wasserstoff) oder C für ‚Carbonium‘ (Kohlenstoff). Bei gleichen Anfangsbuchstaben wird der zweite Buchstabe des Namens hinzugenommen, z.B. Cu für ‚Cuprum‘ (Kupfer), Ca für ‚Calcium‘. Die Anzahl der Moleküle oder Atome in einer Reaktionsgleichung wird durch vorangestellte Zahlen, die Anzahl von Atomen in einer Verbindung durch Indexzahlen angedeutet. Diese chemische Formelsprache wird bis heute verwendet.

Durch seine ausgezeichneten analytischen Fähigkeiten hat BERZELIUS eine Vielzahl von Stoffen charakterisieren und beschreiben können, z.B. hat er mehrere Elemente erstmals isoliert und dargestellt: Cer, Selen, Silizium, Zirkonium, Tantal. Aber nicht nur die bloße Entdeckung eines neuen Stoffs geht auf ihn zurück, sondern ein neuer Stoff braucht auch einen Namen. BERZELIUS hat großes Geschick und Phantasie bewiesen, um den neuen Elementen und Stoffen neutrale und allgemein akzeptable Namen zu geben. So gab er dem Cer seinen Namen nach dem kurz zuvor entdeckten Kleinplaneten (Asteroiden) Ceres (nach der römischen Göttin des Ackerbaus), Selen (griechisch für Mond), im Gegensatz zu dem chemisch ähnlichen Tellur (lateinisch für Erde) oder Vanadin bzw. Vanadium (nach dem Beinamen der nordischen Göttin Freya).

Aber die Namensgebung beschränkte sich nicht nur auf Stoffe. Auch chemische Effekte hat er benannt, deswegen ist BERZELIUS auch in diese Abhandlung aufgenommen. Er hat den Begriff ‚Katalyse‘ 1835 zum ersten Mal geprägt (in Analogie zum Begriff

Analyse) und definierte: Ein Katalysator ist eine Substanz, die eine chemische Reaktion beschleunigt, scheinbar ohne an ihr teilzunehmen: „*Ich werde sie die katalytische Kraft der Körper, und die Zersetzung durch dieselbe Katalyse nennen. Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, dass bestimmte Körper durch ihre bloße Gegenwart die bei dieser Temperatur sonst nur schlummernde Verwandtschaften zu erwecken vermögen.*“ [5h] Auch sagte er voraus, dass in der lebenden Welt, in Pflanzen und Tieren, katalytische Prozesse vor sich gehen. Der Nachweis darüber wurde aber erst ein Jahrhundert später gefunden.

## Clemens WINKLER

### Sein Leben und Wirken

Clemens WINKLER (nicht zu verwechseln mit Fritz WINKLER, dem Erfinder des Wirbelschichtreaktors) wurde am 26. Dezember 1838 in Freiberg geboren und ist am 8. Oktober 1904 in Dresden gestorben (Bild 16) [5i]. Erst nach einer mehr praxisgerichteten Ausbildung an der Gewerbeschule in Chemnitz und einem einjährigen Praktikum im Blaufarbenwerk Oberschlema (Bild 17) [5j] begann er das Chemiestudium an der Bergakademie Freiberg. Nach dem vorzeitig abgebrochenen Studium kehrte er zurück in das Blaufarbenwerk, später in das in Niederpfannenstiel.



Bild 16 Porträt Clemens WINKLER [5i]



Bild 17 Das Blaufarbenwerk zu Oberschlema bei Schneeberg (Zeichnung: C.W.ALDER, Lithografie: C MÜLLER) [5j]

1864 promovierte WINKLER ‚berufsbegleitend‘ an der Universität Leipzig. Im Jahr 1873 wurde er dort auf den Lehrstuhl für anorganische und analytische Chemie an der Bergakademie Freiberg berufen (Bilder 18 und 19) [5].

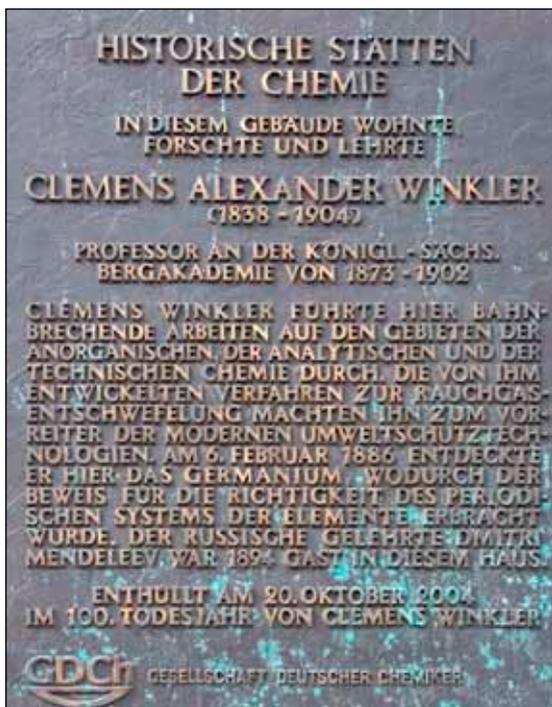
Bild 18  
Altes  
Chemisches  
Institut  
der Berg-  
akademie  
Freiberg  
um 1900  
[5]



Bild 19 Labor im alten chemischen Institut der Bergakademie Freiberg um 1900 [5]

Heute ist Clemens WINKLER vor allem als Entdecker des Elements Germanium bekannt. Hier soll er aber für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Katalyse gewürdigt werden. Die Herstellung von Schwefelsäure auf Basis von Schwefeldioxid und deren katalytischer Umsetzung zu Schwefeltrioxid war bereits einige Jahrzehnte bekannt. WINKLER hat sich jedoch mit der Weiterentwicklung des Katalysators Platin beschäftigt und konnte die Ausbeute deutlich erhöhen. So wurde er zum Mitbegründer des wirtschaftlichen Schwefelkontaktverfahrens, das das bis dahin genutzte Bleikammerverfahren langsam ablöste. Eine weitere Effizienzsteigerung konnte durch die Nutzung im Doppelkontaktverfahren (Arbeiten von KNIETSCH bei der BASF) und später durch Vanadiumkatalysatoren erzielt werden. Heute wird dieses Verfahren fast ausschließlich zur Produktion von Schwefelsäure verwendet.

In Freiberg nutzte man für das Kontaktverfahren die Abgase der Röstprozesse bei der Verhüttung von sulfidischen Erzen, die bis dahin abgeblasen wurden. So konnte auch ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden, wenngleich dies damals wohl nicht die Hauptmotivation der Verfahrensentwicklung war. Weiterhin hat WINKLER durch genaue Gasanalysen erkannt, dass der Katalysator auch ‚vergiftet‘ werden konnte, d.h. seine katalytische Aktivität verlor (z.B. durch Arsen).



WINKLER war ab 1878 Mitglied der Leopoldina und wurde später vielfältig geehrt. Am alten Chemischen Institut in Freiberg befindet sich eine würdige Plakette, die es als ‚Historische Stätte der Chemie‘ der GDCh würdigt (Bild 20) [5c].

Bild 20 Gedenktafel für Clemens WINKLER am alten Chemischen Laboratorium der Bergakademie Freiberg [5c]

## Wilhelm OSTWALD

### Leben und Wirken

Das Leben und Wirken von Wilhelm OSTWALD (2. September 1853 bis 3. April 1932, Bild 21) [5k] wird an anderer Stelle dieses Heftes ausführlich gewürdigt (Seiten 59-83).



Bild 21  
 Porträt  
 Wilhelm OSTWALD [5k]

OSTWALD war ein äußerst produktiver Forscher, der auf vielen verschiedenen Fachgebieten vielseitige Beiträge lieferte, von der klassischen Naturwissenschaft Chemie, der Technischen Chemie bzw. Verfahrenstechnik bis hin zu Philosophie, Politik und Esoterik. Er war zunächst berufener Professor an der Universität Leipzig (ab 1887), bat aber vorzeitig um seine Entlassung (1906). Danach ging er auf seinem Anwesen in Großbothen, südlich von Leipzig, seinen Studien unabhängig von den Beschränkungen des Universitätsbetriebes nach. Dort verstarb er 1932. Seine Urne ist im Park beige-setzt.

### Würdigung von OSTWALDs Leistungen

Auf dem Gebiet der Chemie hat er erstmalige und bedeutende Beiträge geleistet. Viele seiner Leistungen wurden später auch offiziell mit seinem Namen verbunden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien hier genannt:

- Löslichkeit von Salzen, Säuren und Basen, Bestimmung der ‚Affinitätskonstante‘  $K_s$ ,
- OSTWALDsches Verdünnungsgesetz für Säuren (1888),

- Theorie der Dissoziation von ionischen Lösungen, zusammen mit ARRHENIUS (Bild 22) [5k],
- Dissoziation von reinem Wasser,
- Potentialmessung von verschiedenen Metallen,
- Begründung der ‚Physikalischen Chemie‘, zusammen mit Svante ARRHENIUS, Jacobus Henricus van‘t HOFF (Bild 23) [5k] und Walther NERNST, ab 1894 ‚Deutsche Elektrochemische Gesellschaft‘, heute ‚Deutsche BUNSEN-Gesellschaft für Physikalische Chemie‘.
- Studien zu katalytischen Vorgängen (ab 1894),
- OSTWALD-Reifung (1897),
- OSTWALDsche Stufenregel chemischer Reaktionen (1897, auch OSTWALD-VOLMER-Regel genannt),
- OSTWALD-Verfahren zur Herstellung von Salpetersäure (ab 1900, 1901/02 erste technische Anlage).



Bild 22  
Wilhelm OSTWALD (links) mit  
Svante ARRHENIUS im Gespräch  
(1904) [5k]

Bild 23  
OSTWALD (rechts) und Henricus  
van‘t HOFF im Labor (1905) [5k]

Den wichtigsten Beitrag davon herauszusuchen, ist schwierig, wenn nicht gar müßig. Aber es sei hier betont, dass OSTWALDs Definition der Katalyse bis heute Bestand hat: „*Katalyse ist die Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorgangs durch die Gegenwart eines fremden Stoffes.*“ (1894) [5k]  
„*Ein Katalysator ist jeder Stoff, der,*



ohne im Endprodukt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit ändert, ohne dabei selbst verbraucht zu werden und ohne die endgültige Lage des thermodynamischen Gleichgewichts dieser Reaktion zu verändern.“ (1901) [5k]

Besonders der letzte Teilsatz wird auch heute immer wieder missachtet, wenn man über Katalyse und die Lösung eines Reaktionsproblems diskutiert.



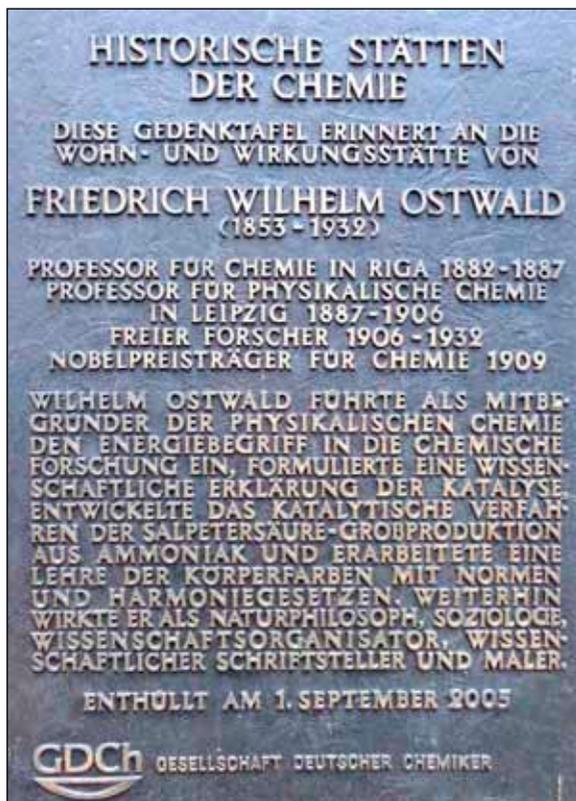
1909 erhielt OSTWALD den Nobelpreis für Chemie (Bilder 24a+b) [5k]. Die Würdigung auf der Urkunde des Nobelkomitees lautet: „als Anerkennung für seine Arbeiten über Katalyse sowie für seine grundlegenden Untersuchungen über chemische Gleichgewichtsverhältnisse und Reaktionsgeschwindigkeiten.“ (Bild 24b) [5k]

Bilder 24a+b Urkunde des Nobelpreiskomitees für Wilhelm OSTWALD 1909 (nebst Detail) [5k]

Heute wird das Andenken an Wilhelm OSTWALD in Großbothen erhalten (Bild 25) [5c]. Das Anwesen mit Park befindet sich im Eigentum der ‚Gerda und Klaus Tschiera Stiftung‘ und ist öffentlich zugänglich [5l]. Im ‚Haus Energie‘ befindet sich ein Museum und es dient als Tagungsort (Bild 26) [5l]. Dort ist auch die Gedenkta-



fel als ‚Historische Stätte der Chemie‘ angebracht (Bild 25) [51]. Im Park befindet sich auch seine Grabstätte (Bild 27) [5k]. Die ‚Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V.‘ bemüht sich, das wissenschaftliche und kulturelle Erbe von OSTWALD zu pflegen und zu popularisieren [5k]. Sie gibt regelmäßig ‚Mitteilungen‘ heraus und veranstaltet die ‚Ostwald-Gespräche‘. Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. und unser Verein SCI e.V.



pflegen die gegenseitige Mitgliedschaft. Auch in Riga, OSTWALDs Geburtsstadt, befindet sich ein stattliches Denkmal (Bild 28) [51].

Bild 25  
Gedenktafel für Wilhelm OSTWALD an seinem Wohn- und Laborhaus in Großbothen [5c]

Eine weitergehende, sehr gute Zusammenstellung von Lebensdaten und Er rungenschaften geschichtlicher Persönlichkeiten findet man unter [10].

Bild 26  
Wilhelm OSTWALDs  
Anwesen Großbothen,  
‚Haus Energie‘,  
Museum und  
Tagungsort [51]





Bild 27 Grabplatte für Wilhelm OSTWALD und seine Familie im Park des Landsitzes in Großbothen [5k]



Bild 28 Wilhelm OSTWALD-Denkmal in Riga [5k]

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Wilhelm OSTWALD: ‚Der Werdegang einer Wissenschaft‘, Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 1908, S.279/80
- [2] Pogg. Annalen der Physik und Chemie, 1834, Bd. 31, S.273
- [3] Werner Popp: ‚Die Privatisierung der LEUNA-Werke AG/GMBH‘ in: ‚Merseburger Beiträge ...‘, Hrsg.: SCI, 24. Jg., Merseburg 2/2019, S. 65
- [4] [www.gecats.de](http://www.gecats.de), 7.3.2020
- [5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stichwort:> a) Johann Wolfgang Döbereiner, b) Friedrich August Götting, c) Historische Stätten der Chemie, d) Carl August von Sachsen-Weimar-Eisenach (1757-1828), e) Vinaigre, f) Platinfeuerzeug, g) Jöns Jakob Berzelius, h) Katalyse, i) Clemens Winkler, j) Bad Schlemma, k) Wilhelm Ostwald, l) Wilhelm-Ostwald-Park, aufgerufen am 16.2.2020
- [6] Friedrich August Karl Henrich: ‚Zur Geschichte der Doebereinerschen Zündmaschine (Platinfeuerung)‘, Chemiker-Zeitung, 46.Jg., Nr. 90, S. 677 ff.  
Friedrich Henrich: ‚Zur Erinnerung an Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849)‘, Zeitschrift für angewandte Chemie, 36. Jg. 1923, S. 482 ff.
- [7] Ernst F. Schwenk: ‚Sternstunden der frühen Chemie‘, Verlag C. H. Beck, München, 1998 (Einträge zu Berzelius: ‚Eprouvette und chemische Formelsprache‘, S. 141 ff., Döbereiner: ‚Spiel mit dem Feuer‘, S. 155 ff.)
- [8] <https://www.hampel-auctions.com/a/Doebereiner-Feuerzeug.html>, 16.2.2020
- [9] [https://colnect.com/de/stamps/stamp/119311-Johann\\_Wolfgang\\_Dobereiner\\_1780-1849-Beruhmte\\_Persoenlichkeiten-Deutschland\\_DDR](https://colnect.com/de/stamps/stamp/119311-Johann_Wolfgang_Dobereiner_1780-1849-Beruhmte_Persoenlichkeiten-Deutschland_DDR), 16.2.2020
- [10] W. R. Pötsch, A. Fischer, W. Müller: Lexikon bedeutender Chemiker, VEB Bibliographisches Institut Leipzig, 1988 (Einträge zu Berzelius, S.45, Döbereiner, S.119, Ostwald, S.330, Winkler, S.457)

## Autorenvorstellung



### Thomas MARTIN

12.4.1964	geboren in Augsburg,
1985-91	Studium Maschinenbau/Vertiefung Verfahrenstechnik an der Technischen Universität München (Dipl.-Ing.),
1996	Promotion (PhD) an der University of Birmingham/GB, Thema: ‘Gas Dispersion with Radial and Hydrofoil Impellers in Fluids with Different Coalescence Characteristics’,
1996-2004	F&E-Ingenieur bei DSM Research bv, Geleen/Niederlande,
2005-08	Dozent an der University of Alberta, Edmonton/Kanada,
2008	Berufung zum Professor für Verfahrenstechnik/Mechanische und Thermische Prozesse, Hochschule Merseburg,
seit 22.9.2008	Mitglied im SCI,
seit 17.12.2009	SCI-Vorstandsmitglied,
seit 2.12. 2010	Vorsitzender des SCI.

# Wilhelm OSTWALD - Sein Wirken und seine Bedeutung für die Gründung und Entwicklung der MOL Katalysatortechnik GmbH von Jürgen Koppe

---

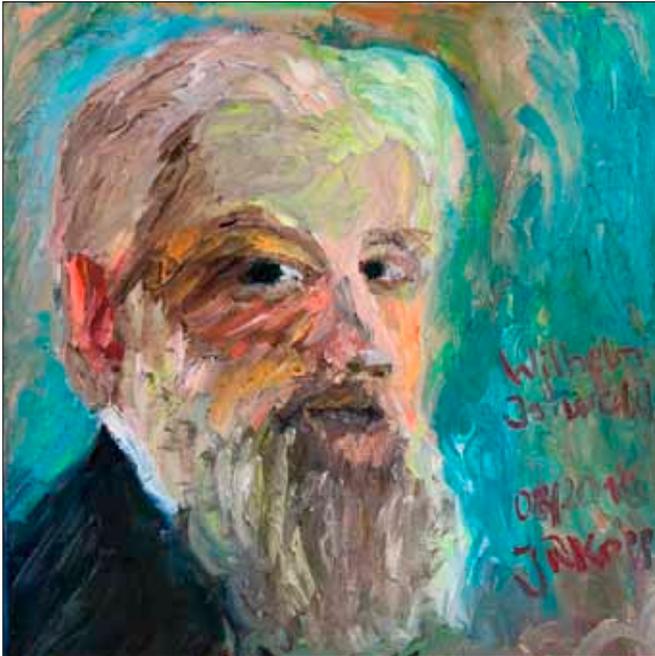


Bild 1  
Wilhelm OSTWALD

*„Er liebte das Leben  
und das Leben liebte  
ihn“*

## Wilhelm OSTWALD – die Biografie [1-3]

Wilhelm OSTWALD (Bild 1) wurde am 2. September 1853 in Riga im heutigen Lettland als zweiter von drei Söhnen des Böttchermeisters Gottfried OSTWALD und dessen Frau Elisabeth geboren. Die OSTWALDs waren deutscher Abstammung. Wilhelms Großvater kam aus Berlin. Und sie fühlten sich auch als Deutsche.

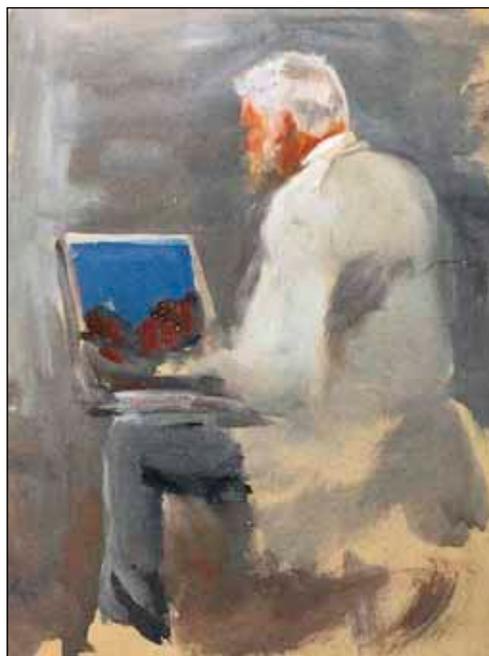
Die OSTWALDs lebten in bescheidenen Verhältnissen, ohne deshalb unglücklich zu sein. Wilhelm OSTWALD war eins mit sich und der Welt. Von Kindheit an lebte er sein selbstbestimmtes Leben. Im Gegensatz zum Vater und seinen beiden Brüdern mied er die Jägerei und wandte sich mit Unterstützung seiner Mutter lieber dem Malen zu, das ein Leben lang sein Hobby blieb (Bild 2) [4a].

Wilhelm OSTWALD sollte nach dem Willen des Vaters Ingenieur werden. Dies bedeutete den Besuch des Realgymnasiums, was Wilhelm mit seiner Neigung zu Büchern, in denen stand, wie etwas zu machen sei, entgegenkam. Zusätzlich zum Unter-

richt befließigte er sich in der Herstellung von Feuerwerkskörpern, die er gewinnbringend an seine Klassenkameraden verkaufte. Seiner Mutter baute er einen funktionsfähigen Fotoapparat, nebst Fotoplatten. Im Gymnasium gab er eine Schülerzeitschrift heraus. Bei den Fremdsprachen, namentlich Russisch, haperte es dagegen gewaltig und er durfte aus diesem Grunde ein Semester mehrfach wiederholen.

Bild 2

Grete OSTWALD: ‚OSTWALD beim Malen‘ (Farbskizze von 1912) [4a]



Mit 19 Jahren begann er entgegen dem väterlichen Willen ein Chemiestudium und trat der Korporation ‚Fraternitis Rigensis‘ bei. Folgerichtig widmete er sich in den ersten drei Semestern verstärkt

alkoholischen Exzessen, bis ihn sein Vater auf den Boden der Realitäten zurückholte. Wilhelm OSTWALD verstand diese Lektion. Im Studium begriff er schnell die Bedeutung der Physikalischen Chemie für alle chemischen Verfahren. Und er hatte Lehrer, die sein Potenzial erkannten und förderten.

Mit 25 Jahren habilitierte sich Wilhelm OSTWALD 1878 zum Doktor der Chemie. Zieht man von den 25 Jahren die ‚Saufperiode‘ ab, dann hat er ‚alkoholbereinigt‘ 24 Lebensjahre bis zum Doktor der Chemie benötigt. So etwas war auch zu DDR-Zeiten möglich, als es noch die Spezialklassen und das Forschungsstudium gab.

Im Jahr 1878 verlobte sich Wilhelm OSTWALD mit Helene von REYHER (1854 bis 1946). Ihr Vater Carl von REYHER war ein deutsch-baltischer Schriftsteller, Stadtbibliothekar in Riga sowie russischer Titularrat. 1880 heirateten beide und in den Jahren 1882/83/84, 1886 und 1890 kamen ihre fünf Kinder zur Welt (Bild 3) [5]. Wir dürfen davon ausgehen, dass es sich bei Helene um die Liebe seines Lebens gehandelt hat. Er

nannte sie liebevoll ‚Nelly‘. Wilhelm OSTWALD fühlte und benahm sich zeitlebens wie ein Familienmensch.

Man beachte auch unter dem Blickwinkel der eigenen Lebensplanung in der heutigen Zeit, dass die Zeit zwischen 1882 bis 1900 inmitten kleiner und pubertierender Kinder zugleich auch OSTWALDs produktivster Lebensabschnitt war. Mein Gefühl sagt mir, dass es diese familiäre Situation war, die ihm den nötigen Rückhalt verlieh, um seinen Weg zu gehen.



Bild 3  
Wilhelm OSTWALD  
mit seinen  
Töchtern  
(ca. 1888) [5]

Dieser Weg führte ihn von den Universitäten in Dorpat und Riga in Lettland im Jahre 1887 nach Leipzig zur Universität Lipsiensis auf den Lehrstuhl für Physikalische Chemie. Dieser Lehrstuhl war zuvor nach meinem Dafürhalten „*wie eine heiße Kartoffel*“ durchgereicht worden mit Absagen von Hans LANDOLT, Lothar MEYER und Jacobus Henricus van't HOFF.

OSTWALD nahm den Ruf aus Leipzig an und begann zusammen mit Svante ARRHENIUS (1859-1927), Jacobus Henricus van't HOFF (1852-1911) und Walther NERNST (1864-1941, Bilder 4a-c), allesamt Nobelpreisträger, eine Physikalische Chemie von Weltruf aufzubauen. Und er wendete sich dem in der damaligen Fachwelt als sehr kritisch angesehenen Gebiet der Heterogenen Katalyse zu. Für seine Arbeiten auf diesem Gebiet wurde er 1909 mit dem Nobelpreis für Chemie geehrt.



Bilder 4a-c Porträtskizzen von Svante ARRHENIUS, Jacobus Henricus van't HOFF und Walther NERNST (v.l.n.r., Zeichnungen Jürgen KOPPE, März 2019/Februar 2020)

Doch da hatte sich Wilhelm OSTWALD bereits aus der Leipziger Universität verabschiedet. Als konsequent denkender Naturwissenschaftler fand er für die Staatskirche und deren Verhältnis zu Gott keinen Platz in den Koordinaten seines persönlichen Lebens und forderte die strikte Trennung von Kirche und Staat. Da hatten die gottesfürchtigen Kaiserin-treuen Leipziger Professoren so ihre liebe Not mit dem ‚Antichristen‘. OSTWALD hatte demonstrativ sein Rücktrittsgesuch eingereicht. 1906 wurde er in beschämender Art und Weise pensioniert und verließ die für ihn unangenehme Leipziger Universitätsatmosphäre zugunsten seines geliebten Landhauses ‚Energie‘ in Großbothen (Bild 5) [5]. Er liebte sein Leben und er lebte sein Leben mit aller Konsequenz.

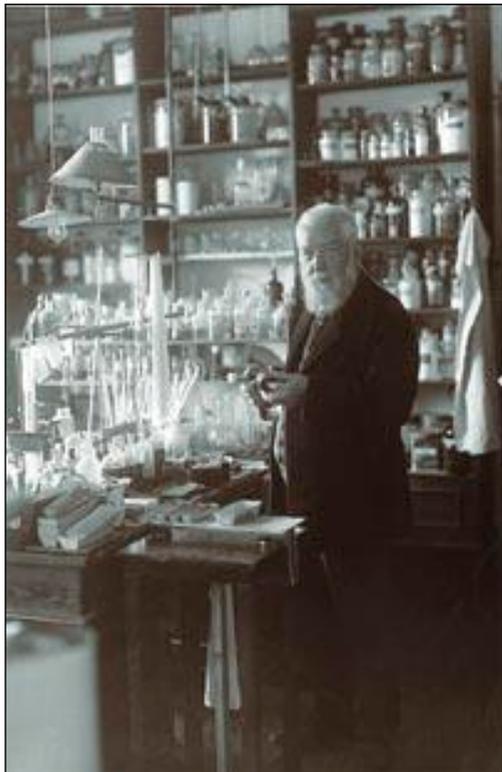


Bild 5  
Wilhelm OSTWALD am Labortisch  
in Großbothen (um 1925) [5]

OSTWALD entwickelte eine eigene Philosophie – die ‚Energetik‘ und schrieb hierzu: *„Die Energie ist die allgemeine Substanz, denn sie ist das Vorhandene in Zeit und Raum und sie ist das allgemeine Accidens [der Zufall, engl.: Formenlehre], denn sie ist das Unterschiedliche in Zeit und Raum.“* Selbst Wladimir Iljitsch LENIN beschäftigte sich in seinem Werk ‚Materialismus und Empirio-kritizismus‘ mit diesem Gedanken-gut, das auch zum Verständnis der heutzutage ablaufenden Energiewende beitragen kann. Immerhin orientierte OSTWALD darauf, vorrangig die von der Sonne eingestrahlte Energie zu nutzen und fossile Energieträger lediglich als Reserve und nicht für den dauerhaften Gebrauch geeignet anzusehen.

Ausgehend von diesen Ansichten verurteilte OSTWALD jeden Krieg als maßlose Energievergeudung, hatte Kontakt zu Bertha von SUTTNER und trat sogar gemeinsam mit Karl LIEBKNECHT gegen den drohenden ersten Weltkrieg auf. 1910 nahm er am Stockholmer Friedenskongress mit einem Vortrag zum Thema ‚Kultur und Frieden‘ teil.

Als dann jedoch der 1. Weltkrieg ausbricht, ändert OSTWALD seine Position zu Krieg und Frieden und träumt von einem unter deutscher Führung stehenden deutschsprechenden Europa. Konsequenterweise ersetzt er in seiner Farbenlehre französische Worte wie ‚Orange‘ und ‚Violett‘ durch deutsche Worte, wie ‚Kress‘ und ‚Veil‘. Ob hier seine früheren Schwierigkeiten mit Fremdsprachen im Unterbewusstsein nachwirkten, kann nur vermutet werden. Im Gegensatz zum Janusköpfigen Fritz HABER, dem Begründer des Giftgaskrieges, verweigerte OSTWALD jedoch jede Mitarbeit an kriegsnaher Forschung. Möglicherweise auch deshalb, weil er es als pure Energievergeudung ansah.

Die Ernüchterung nach dem Kriegsende muss fürchterlich für ihn gewesen sein und wurde wohl nur dadurch gemildert, dass alle seine Kinder heil aus diesem Massensoldaten zurückkehrten. Lediglich seine älteste Tochter Greta erkrankte bei ihrer Lazaretarbeit und war danach zeitlebens an den Rollstuhl gefesselt.

Sein ganzes Leben lang beschäftigte sich Wilhelm OSTWALD mit der Malerei – bis hin zu einer Ausstellung eigener Bilder in der angesehenen, kommunistisch angehauchten Berliner Galerie STURM im Jahr 1926 (Bilder 6 und 7) [4b,c]. Hier stellten führende Expressionisten wie Wassily KANDINSKY (1866-1944), Marc CHAGALL (1887-1985), Lyonel FEININGER (1871-1956) u.a. aus. Er arbeitete an einer Farbenlehre (s.u.), was ihn zwangsläufig näher an GOETHE’s Theorien heranführte. Das letzte Buch OSTWALDs ‚Goethe der Prophet‘ erschien erst nach seinem Tode.

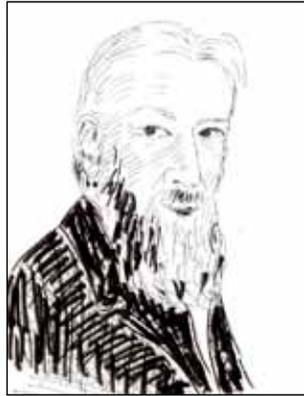


Bild 6a+b

Bild oben\_Porträtskizze Wilhelm OSTWALD (Jürgen Koppe, vgl. Bild 1, März 2019),

Bild links\_Wilhelm OSTWALD: ‚Sellin‘ (ohne Jahresangabe)[4b]

Bild 7

Wilhelm OSTWALD: ‚Vilm‘ (1893)

[4c]



Wilhelm OSTWALD starb am 3. April 1932 nach kurzer Krankheit und einem überaus erfüllten Leben. Das waren fast auf den Monat genau 100 Jahre, nachdem Johann Wolfgang von GOETHE verstorben war.

John GAGE würdigte OSTWALD in seiner ‚Kulturgeschichte der Farbe‘ als Patriot und Sozialist [6]. Zufällig erschien dieses Buch exakt 100 Jahre nach der Nobelpreisverleihung an OSTWALD in Leipzig.

### **Der MOL-Begriff**

Meine erste Begegnung mit dem Leben OSTWALDs fand bereits während meiner Schulzeit und eher unbewusst statt: Es handelte sich um die von OSTWALD 1893 geprägte Maßeinheit ‚mol‘, die in der stöchiometrischen Chemie eine Schlüsselrolle spielt. Im ‚Grundriss der Allgemeinen Chemie‘ schreibt OSTWALD hierzu: *„Wenn wir die Molargewichte der verschiedenen Stoffe bei chemischen Vorgängen in Rechnung bringen, so sind wir meist veranlaßt, mit bestimmten Quantitäten zu arbeiten, und beziehen demgemäß diese ursprünglich relativ ermittelten Zahlen auf eine bestimmte Masseneinheit. Da als solche das Gramm dient, so betragen diese Mengen demgemäß so viel Gramm, als das Molargewicht Einheiten hat. Man nennt diese Mengen, welche die eigentlich meßbaren Quantitäten bei chemischen Betrachtungen darstellen, Mole.... Auf diese Größen werden fast alle Eigenschaften der Stoffe bezogen, mit denen wir uns später zu beschäftigen haben werden.“* [7]

Während meines Forschungsstudiums in Merseburg machte mich Hans HOPPE näher mit den Grundzügen der OSTWALDschen Energetik vertraut. Er leitete den Wissenschaftsbereich ‚Umweltchemie‘. Da ich mich mit Kolloidchemie befasste, gab mir Hans HOPPE das Buch von Wilhelm OSTWALDs ältestem Sohn Wolfgang ‚Die Welt der vernachlässigten Dimensionen‘ zu lesen.

Intensiver wurden meine Beziehungen zur Person OSTWALDs dann Anfang der 1990er Jahre, als ich damit begann, meine Selbständigkeit vorzubereiten. Es war Wilhelm PRINZLER, ehemaliger Leiter des Instituts für Petrochemie an der Merseburger Technischen Hochschule, der mir zu dieser Zeit viele schöne Bücher und Schriften übergab, wobei das Buch von Wilhelm OSTWALD ‚Große Männer‘ bei mir einen nachhaltigen Eindruck hinterließ.

Gleich einem modernen Evangelium beschreibt Wilhelm OSTWALD hierin den Werdegang ausgewählter Chemiker und vor allem die Ursachen für deren Erfolge – und was noch viel wichtiger war – auch für Misserfolge. Ich möchte hier kurz aus diesem Buch zur Person von Justus LIEBIG (1803-73, Bild 8) zitieren: *„Denn die Probleme der angewandten Chemie, die von nun ab Liebigs Interesse erfüllten, verlangten zu ihrer Durchführung notwendigerweise die Anteilnahme weitester Kreise. Während eine einmal festgestellte wissenschaftliche Tatsache, wenn sie einer bekannten Zeitschrift anvertraut ist, ihren natürlichen Ackerboden gefunden hat und nun nach ihrer Beschaffenheit Wirkung üben und Frucht tragen darf, so bedarf eine neue praktische Einsicht vor allen Dingen der Ausführung im praktischen Maßstabe, d.h. im großen. Hierzu sind aber entsprechend viele Menschen persönlich in Bewegung zu setzen, und es genügt nicht, die Einsicht gehabt und ausgesprochen haben; man muß sie auch immer wieder denen, die sie betätigen könnten und sollten, vor Augen bringen; man muß populäre Strömungen zu schaffen suchen, von denen etwaige Trägheitswiderstände fortgeschwemmt werden, kurz, der größere Teil der Arbeit liegt nun in der Beeinflussung lebender Menschen, nicht mehr in der Herstellung der neuen Begriffe und Anschauungen. ... Es muß als ein ganz großes Glück bezeichnet werden, daß Liebig gleichzeitig mit dem neuen Inhalt die neue, wirksame Form gefunden hat, um für den Rest seines Lebens und seiner geistigen Energie eine so ausgiebige Betätigung zu haben....So hat Liebig in der Tat aus dem ihm verliehenen Pfunde das letzte herausgewuchert, was daraus zu holen war, und ist mitten in der Arbeit gestorben, die ihm bis zuletzt Freude gemacht hat, weil sie der Allgemeinheit gewidmet blieb.“* [8]

Bild 8

Porträtskizze von Justus von LIEBIG  
(Jürgen KOPPE, Februar 2020)



Das Unternehmertum erfordert somit andere Herangehensweisen als die alleinige Feststellung mehr oder weniger wichtiger wissenschaftlicher Tatsachen. Es kommt darauf an, Menschen unabhängig vom Stand ihrer Bildung so von einem Produkt zu überzeugen, dass diese bereit sind, dafür einen wichtigen Teil ihrer Arbeitsleistung in Form von Geld herzugeben. Man verlässt gewissermaßen die Welt der wissenschaftlichen Eitelkeiten und tritt ein in die raue Welt der profitorientierten Wirtschaft.

Bei einem wissenschaftlich ausgerichteten Manufakturunternehmen wie der MOL Katalysator-technik GmbH kommt es nicht nur auf die Produkte an, sondern auch auf klare Begriffsbildungen, die zu nützlichem praktischen Handeln anregen. Die Schaffung von Wissen und Gewinn gehen Hand in Hand.

Die Namensgebung ‚MOL Katalysator-technik GmbH‘ war dabei doppeldeutig: Bei uns steht MOL für **Metalle-Oxide-Legierungen**, wobei wir die Beziehung zum OSTWALDschen MOL-Begriff mehr als billigend in Kauf genommen haben (s.a. [9]).

### Der Katalysatorbegriff

Im chemischen Sinne prägte Jöns Jakob BERZELIUS (1779-1848, Bild 9) den Begriff der ‚katalytischen Kraft‘ in einem Brief an LIEBIG vom 10. April 1835. LIEBIG war nicht begeistert. Ihn störte nicht die Katalyse, sondern die daran gekoppelte Kraft. Eine Kraft, die aus dem Nichts kommt. Dies widersprach seiner Meinung nach nicht nur dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik, sondern weckte auch nicht erfüllbare Erwartungen an einen Katalysator.

Bild 9  
Porträtskizze von Jöns Jakob BERZELIUS  
(Jürgen KOPPE, Februar 2020)



Hier schuf OSTWALD mit seiner Katalysatordefinition Klarheit, als er 1894 in Auseinandersetzung mit Friedrich STROHMANN feststellte: *„Diese Beschleunigung [einer chemischen Reaktion] erfolgt ohne Änderung der allgemeinen Energieverhältnisse, da man sich nach abgelaufener Reaktion die fremden Stoffe wieder aus dem Reaktionsgebiet entfernt denken kann, so daß die bei dem Zusatz etwa verbrauchte Energie bei der Entfernung wieder gewonnen wird oder umgekehrt. Immer aber müssen diese Vorgänge, wie alle natürlichen, in dem Sinne erfolgen, daß die freie Energie des ganzen Gebildes abnimmt.“* [10]

Ein Katalysator kann somit nur wirken, wenn der Vorgang thermodynamisch möglich ist. Während man sich in der homogenen Katalyse, wo der Katalysator gelöst im gesamten System vorliegt, den Vorgang der Katalyse anhand von Zwischenreaktionen und dgl. mehr ganz gut vorstellen kann, sieht dies bei der heterogenen Katalyse un-

gleich schwieriger aus. Lediglich an einer Stelle im System ist eine separate katalytisch wirksame Phase vorhanden und wirkt dennoch im gesamten System, ohne in dieses System stofflich hinein zu wandern.

„Das klingt verdächtig für Jeden, der der Phantasie nicht mächtig!“ Alleinig die Tatsache, dass dies offenbar immer wieder und reproduzierbar funktioniert, sorgte und sorgt dafür, dass die heterogene Katalyse nicht gleich in das Reich der Esoterik verbannt wird. Der Katalysator erzeugt aus sich heraus keine Kraft. Auch wenn’s banal klingt, immer wieder erwarten Menschen, auch solche, die sich für wissenschaftlich gut ausgebildet halten, dass der Katalysator etwas tut.

## Katalyse und Wasserstrukturen

Legt man unsere Katalysatoren in ruhendes unbewegtes Wasser hinein, dann passiert reineweg gar nichts. Dies führt zu der Situation, dass im Labor zunächst keine Effekte messbar sind, wir jedoch in großtechnischen Anlagen deutliche Wirkungen verzeichnen können: „Was ist also der Unterschied zwischen dem Wasser im Laborversuch und dem großtechnisch beanspruchten Wasser?“

Wir mussten uns dem Wasser intensiv zuwenden. Folgende Fragen waren zu klären:

- Welche unterschiedlichen Strukturelemente gibt es im Wasser?
- Über welche Reaktionen sind diese miteinander verbunden?
- Wodurch wird der Reaktionsverlauf gestört?
- Wann und wie kann hier ein Katalysator wirken?

Hier kamen uns WILHELM OSTWALD und seine Freunde van’t HOFF und ARRHENIUS zur Hilfe (Bilder 4a+b). Von wesentlicher Bedeutung waren weiterhin die Arbeiten von Max BODENSTEIN (1871-1942, Bild 10a), der bei OSTWALD studierte, und Wilhelm Conrad RÖNTGEN (1845-1923, Bild 10b), der unabhängig von OSTWALD als wissenschaftlich begnadeter Einzelgänger wirkte.

OSTWALD und ARRHENIUS begründeten in kollegialer Zusammenarbeit die Theorie der Dissoziation und bezogen die Erkenntnisse von van’t HOFF zum osmotischen Druck mit ein. Die Dissoziationstheorie, wonach Salze in Ionen zerfallen und Wasser in  $H^+$  und  $HO^-$  dissoziiert, war zunächst äußerst umstritten.

Ein aktuelles kleines Gedankenspiel ergibt hier interessante Zusammenhänge: Die Dissoziationskonstante des Wassers hängt von der Temperatur ab, aber auch der Was-

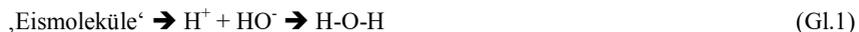
serdampfsättigungspartialdruck. Trägt man beide Größen bei den jeweiligen Temperaturen gegeneinander auf, dann ergibt sich eine sehr schöne Gerade. Nimmt man den Logarithmus der Viskosität und trägt diesen gegen den Logarithmus der Dissoziationskonstanten bzw. gegen den Logarithmus des Wasserdampfsättigungspartialdruckes bei den jeweiligen Temperaturen auf, so erhält man auch hier eine Gerade. Das selbige passiert, wenn man anstelle der Viskosität den Kehrwert der Leitfähigkeit nimmt.

Bilder 10a+b  
 Porträtskizzen von  
 Max BODENSTEIN  
 (rechts) und Wil-  
 helm Conrad  
 RÖNTGEN  
 (Jürgen KOPPE,  
 März 2019)



Vielleicht wären die drei Nobelpreisträger auch soweit gekommen, hätten sie die Arbeit eines weiteren Nobelpreisträgers, nämlich RÖNTGENs 1891 erschienene Arbeit ‚Über die Constitution des flüssigen Wassers‘ [11], in einen Zusammenhang mit ihren Gedanken gebracht. RÖNTGEN betrachtete das Wasser als eine Lösung von Eismolekülen in Molekülen zweiter Art, wobei die Eismoleküle durch Wärmezufuhr (d.h. durch eine Zunahme der Enthalpie) in Moleküle zweiter Art übergehen.

Stellen wir uns nun vor, dass dieser Übergang vermittelt der Dissoziation erfolgt, dann hätten wir folgenden Reaktionsablauf (Gl.1):



Damit diese Reaktion abläuft, muss die freie Reaktionsenthalpie negativ sein. Das geht, wenn man sich die Moleküle zweiter Art als gasförmiges molekulares Wasser vorstellt. Dann ist die Zunahme der Entropie, multipliziert mit der Temperatur, im Bereich von 0 °C bis 100 °C größer als die zur Verdunstung des Wassers zuzuführende Enthalpie.

Das molekulare Wasser ist, wenn man diesem Gedankengang weiter folgt, ein im System Wasser gelöstes ‚Gas‘. Gemäß dem HENRY-DALTON'schen Gesetz ist der Wasserdampf-sättigungspartialdruck direkt proportional dem Anteil des gelösten Gases (molekulares Wasser) im System Wasser. Diese Annahme wird durch den linearen Zusammenhang von Wasserdampf-sättigungspartialdruck ( $P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}}$ ) und Dissoziationskonstante ( $K_{\text{DT}}$ ), jeweils bei der Temperatur T im Bereich von 0 bis 100 °C, phänomenologisch gestützt (Gl.2):

$$P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = k_{\text{KD}} \cdot K_{\text{DT}} \quad (\text{Gl.2})$$

(P – Partialdruck des Wasserdampfes,  $K_{\text{DT}}$  – Dissoziationskonstante, jeweils bei Temperatur T)

Die Viskosität ( $\eta$ ) nimmt ab, wenn die Größe der ‚Eismoleküle‘ sinkt und die Moleküle zweiter Art ( $P_{\text{H}_2\text{O-H}}$ ) zunehmen. Auch dies lässt sich sehr gut mathematisch modellieren, wenn man Wasserdampf-sättigungspartialdruck und Viskosität jeweils bei einer Temperatur T im Bereich von 0 bis 100 °C in ein logarithmisches Verhältnis setzt (Gl.3):

$$dP_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}}/P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = \ln P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = k_{\eta} \cdot d\eta_{\text{T}}/\eta_{\text{T}} = A\eta + k_{\eta} \cdot \ln \eta_{\text{T}} \quad (\text{Gl.3})$$

(P – Partialdruck,  $\eta$  – Viskosität,  $A\eta$  – Integrationskonstante)

Umgekehrt gilt dann für die Leitfähigkeit ( $\lambda$ ) mit  $A_{\lambda}$  als Integrationskonstante (Gl.4):

$$\ln P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = A_{\lambda} + k_{\lambda} \cdot \ln \lambda_{\text{T}} \quad (\text{Gl.4})$$

(P – Partialdruck,  $\lambda$  – Leitfähigkeit,  $A_{\lambda}$  – Integrationskonstante)

Der Vorteil der Gleichungen 2 bis 4 besteht darin, dass man zur Berechnung der temperaturabhängigen Größen Dissoziationskonstante, Viskosität und Leitfähigkeit nur noch den gut dokumentierten Wasserdampf-sättigungspartialdruck bei der jeweiligen Temperatur benötigt.

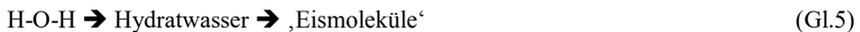
Bereits Rudolf CLAUSIUS (1822-88, Bild 11) stellte schon Mitte des 19. Jh. fest, dass solche Reaktionen irreversibel sind.

Bild 11  
Porträtskizze von Rudolf CLAUSIUS  
(Jürgen KOPPE, März 2019)



„Wie kommt man also wieder vom molekularen Wasser zurück zu den ‚Eismolekülen‘?“

Indem das System Wasser einen Teil des gebildeten ‚entropiereichen‘ Wassers in Form von Wasserdampf abgibt. Ein Verlust an Entropie geht einher mit einer Zunahme der Enthalpie, so dass auch diese Teilreaktion wieder mit einer negativen freien Reaktionsenthalpie versehen ablaufen kann. Die Abnahme der Enthalpie erfolgt durch die ‚Kondensation‘ des molekularen Wassers über die Zwischenstufe des ‚Hydratwassers‘ (Gl.5):



Denkbar ist aber auch, dass sich das molekulare Wasser zwischen kleineren Eismolekül-Clustern einlagert, was dann zu größeren ‚Eismolekül-Clustern‘ führen kann. Das Hydratwasser ist unter Druck stehendes molekulares Wasser. Dieser Druck ist identisch mit dem osmotischen Druck. Der gesamte Kreislauf der Wasserstrukturen ist in der Summe mit einer Abnahme der freien Reaktionsenthalpie verbunden, wobei diese Abnahme stofflich dem Wasserdampf-sättigungspartialdruck entspricht.

Mit den Arbeiten des zweifachen Nobelpreisträgers Linus PAULING (1901-94, Bild 12) zur Wasserstoffbrückenbindung konnte auch die stoffliche Natur der ‚Eismoleküle‘, die im Wesentlichen über tetraedrisch angeordnete Wasserstoffbrückenbindungen verbunden sind, näher spezifiziert werden.

Bild 12  
Porträtskizze von Linus PAULING  
(Jürgen KOPPE, März 2019)



Die Bindungsenthalpie einer Wasserstoffbrückenbindung in den ‚Eismolekülen‘ beträgt ca. 5 kcal/mol. Um ein einzelnes Proton abzuspalten, muss eine Wasserstoffbrückenbindung gespalten werden, was eine Energiezufuhr in Höhe von 5 kcal/mol erfordert. Das Ergebnis ist dann die Dissoziation in eine BRÖNSTED-Säure ( $\text{H}^+$ ) und eine BRÖNSTED-Base ( $\text{Eis-O}^{(-)}\text{-H}$ ). Diese



Säuer-Base-Theorie ist auf Grund seiner Verdienste darum nach dem dänischen Naturwissenschaftler Johannes Nicolaus BRØNSTED (1879-1947, Bild 13) benannt.

Bild 13  
Porträtskizze von Johannes Nicolaus BRØNSTED  
(Jürgen KOPPE, März 2019)

Um nun auch ein  $\text{HO}^-$ -Ion zu bilden, muss eine weitere Wasserstoffbrückenbindung gespalten werden, was erneut 5 kcal/mol erfordert.  $\text{H}^+$  und  $\text{HO}^-$  können dann H-O-H (molekulares Wasser) bilden, welches wir uns dampfförmig vorstellen dürfen. Die Verdunstungsenthalpie des Wassers beträgt tatsächlich ca. 10 kcal/mol, was der Spaltung von zwei Wasserstoffbrückenbindungen entspricht. Da im Gegenzug die Entropie deutlich zunimmt, ergibt sich in Summe eine negative freie Enthalpie und der Vorgang läuft bis hierher freiwillig ab.

Nun wird ein Teil des gebildeten molekularen Wassers in Form von Dampf abgegeben. Das System kühlt etwas ab und es wird nunmehr im Sinne einer Minimierung der freien Enthalpie die Bildung der ‚Eismoleküle‘ über die Zwischenstufe des Hydratwassers eingeleitet. Wir haben somit den ‚Kreislauf der Wasserstrukturelemente‘ schließen können. Und wir konnten eine Gleichung herleiten, welche es ermöglicht, das Verhältnis von äußerer Energieeinwirkung [Pumpleistung ( $P_L$ )/Volumenstrom des gepumpten Wassers ( $V_W$ )] zur energetischen Stabilität des Wassers [osmotischer Druck ( $\pi$ ) + statischer Druck, der auf das Wasser einwirkt ( $P_{St}$ )] zu berechnen (Gl.6):

$$P_L/V_W = \pi + P_{St} + X \quad (\text{Gl.6})$$

( $P_L$  - Pumpleistung,  $V_W$  - Volumenstrom,  $\pi$  - osmotischer Druck,  $P_{St}$  - statischer Druck)

Ist X (in Gl.6) positiv, dann kann diese überschüssige Energie mittels geeigneter Katalysatoren dazu genutzt werden, dass Wassersystem von Ablagerungen zu befreien und dauerhaft sauber zu halten. Ohne Katalyse kann es hingegen zu Kavitation und Ablagerungen kommen. Ohne OSTWALD, seine Mitstreiter und nachfolgende Wissenschaftler hätte sich uns dieser Zusammenhang nicht erschlossen (Bild 14).

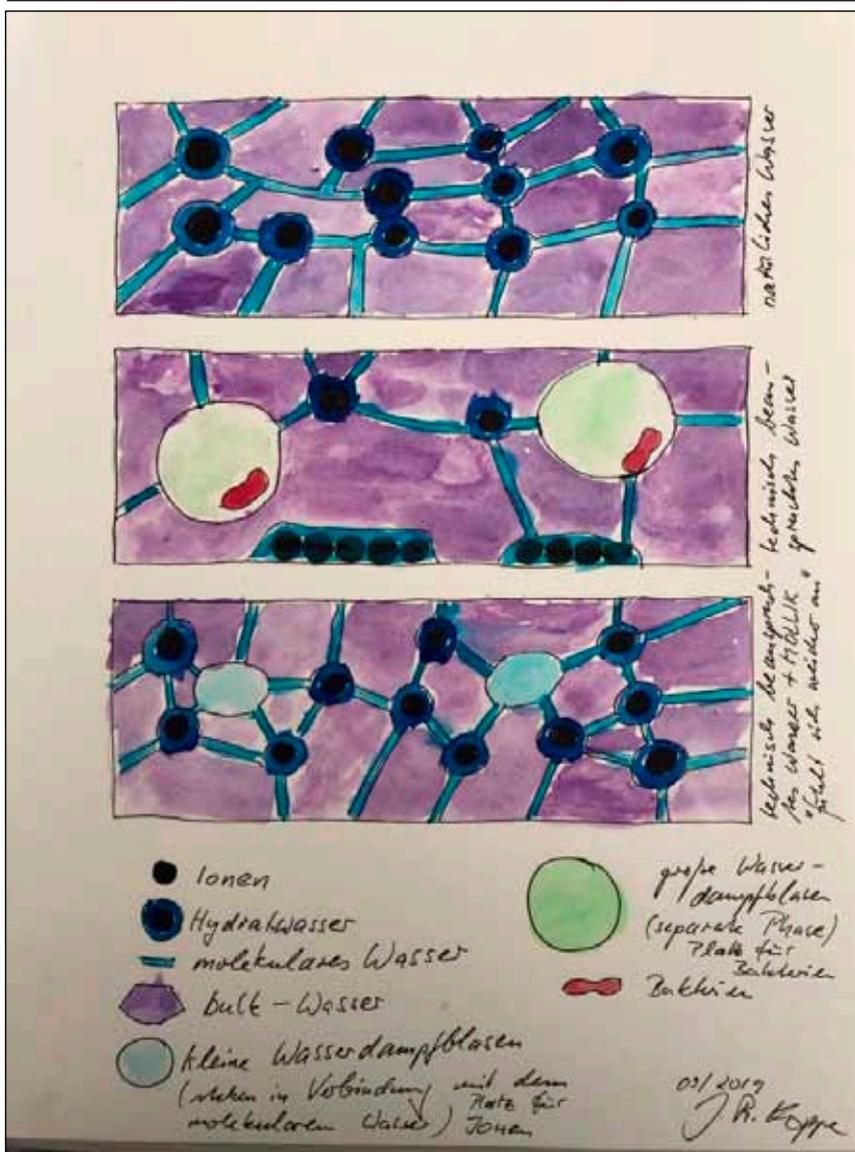


Bild 14 Modell der Wasserstrukturen (Bild oben: natürliches Wasser, Bild Mitte: technisch beanspruchtes Wasser, Bild unten: technisch beanspruchtes Wasser + MOL®LICK, dieses Wasser fühlt sich weicher an)

Als Hobbymler sehe ich diese Wasserstrukturen ganz bunt und miteinander verwickelt. So habe ich sie im Großformat an meiner Schuppenwand verewigt (Bild 15).



Bild 15 Jürgen KOPPE: ‚Wasserstrukturen‘ (Acryl auf Holz, 2x3m, 2018, vgl. Bild 7)

### OSTWALD's Farbenlehre

Bei der Betrachtung unserer Beziehung zu OSTWALD müssen wir unbedingt noch seine Farbenlehre mit betrachten, auch in Bezug auf die ‚Lichtinduzierte Katalyse‘. Interessant an der Farbenlehre ist, dass diese, neben einer Vielzahl anderer Mitwirkender, wesentlich von drei ganz großen Universalgelehrten geprägt wurde, deren Lebensdaten bemerkenswerte Analogien aufweisen. Alle drei lebten und wirkten zeitversetzt um ca. 100 Jahre und alle drei wurden um die 80 Jahre alt:



Isaak NEWTON (\*4.1.1643, † 31.3.1727, **Wissenschaftler**, Bild 16) entdeckte die Spektralfarben bei seinen optischen Versuchen. Und er stellte bereits fest, dass diese Strahlen streng genommen nicht gefärbt sind: *„In ihnen liegt lediglich eine Macht oder Disposition, die Empfindung oder Disposition dieser oder jener Farbe zu erzeugen.“* [12]

Bild 16 Porträtskizze von Isaak NEWTON  
(Jürgen KOPPE, März 2019)

Johann Wolfgang von GOETHE (\*28.8.1749, † 22.3.1832, **Poet, Schriftsteller und Künstler**) ging von seinen Beobachtungen der italienischen Maler aus und kam zu dem Schluss, dass die NEWTONsche Sichtweise nicht geeignet ist, seine Wahrnehmung der Farbenwelt angemessen wiederzugeben. Wichtig war, dass GOETHE die Bedeutung des Auges für die Farbwahrnehmung deutlich herausstellte: *„Durch das Voranstellen der Funktion des Auges wies GOETHE mit dem größten Nachdruck darauf hin, dass die Farbe nicht, wie das von der älteren Schule stillschweigend angenommen wurde, ein physisches Phänomen ist, sondern das empfangende Organ ebenso voraussetzt, wie die äußere Energie, welche auf das Organ wirkt.“* [13]

Wilhelm OSTWALD (\*2.9.1853, † 4.4.1932, **Wissenschaftler und Künstler**) unterschied zwischen den NEWTONschen Spektralfarben und den Körperfarben, denen sich GOETHE zugewandt hatte.

Ein näherer Blick hierauf führt zugleich auch zu einem besseren Verständnis der MOL<sup>®</sup>LIK-Technologie und demonstriert, mit welcher Methodik OSTWALD bei seinen Betrachtungen zu Werke ging. Er stellte fest: *„Bei dem engen Zusammenhange zwischen Wellenlänge und Farbe sollte man glauben, daß die bunten Farben der Körper, die wir an Blumen, Vögeln, Mineralien, Schmetterlingen usw. beobachten, daher rühren, daß sie nur Licht von bestimmter Wellenlänge zurückschicken, alles andere aber verschlucken. Alsdann würden sie in den Farben erscheinen, welche der erhaltenen Wellenlänge zukommen.*

*Nun zeigt aber ein eingehenderes Nachdenken, daß diese Annahme nicht richtig sein kann: Ein rein gelber Körper sieht fast ebenso hell aus wie ein weißer; die Messung ergibt, daß er 0,9 der Helligkeit eines weißen Körpers hat. Betrachtet man aber ein Spektrum..., in welchem alle Lichtarten nebeneinander angeordnet sind, so findet man, daß das gelbe Licht nur einen kleinen Bruchteil (etwa 1/20) des gesamten Lichtes ausmacht; alles andere Licht ist rot, grün, blau usw. Es ist also nicht möglich, daß das helle Gelb der gelben Flächen nur von dem gelben Anteil des Lichts herrührt, welches darauf fällt, es muß sich vielmehr auch der größte Teil des andersfarbigen Lichts beteiligen, um die große Gesamthelligkeit zustande zu bringen.*

*Dies bestätigt sich, wenn man das Licht, das von einer solchen Fläche kommt, in die Lichtarten zerlegt. Hierzu dient ein...Spektroskop. Mit dessen Hilfe kann man im Licht des gelben Körpers Rot, Kress [Orange], Laubgrün und Seegrün neben dem Gelb nachweisen, und zwar in ebenso großen Mengen, wie im Licht, das von einer weißen*

*Fläche kommt; nur Blau und Veil [Violett] fehlen. Ähnliches findet man bei allen anderen Körperfarben. Immer bestehen sie aus einer ganzen Anzahl verschiedener Lichtarten. Sie bilden einen zusammenhängenden Teil im Spektrum, der die reichliche Hälfte des ganzen Spektrums einzunehmen pflegt.*

*Wir kommen zu dem Schluß, daß die Farben der reinen, d.h. nur eine Wellenlänge enthaltenden Lichter, und die der Körper von ganz verschiedener Beschaffenheit sind, obwohl sie gleich aussehen. Es tritt die befremdende Tatsache hierbei zutage, daß wir von dem Rot und Grün, das im Licht der gelben Körper vorhanden ist, nichts sehen, und ebensowenig die anderen Farben im Licht der blauen, grünen, veilen Körper....*

*Der Gegensatz, welcher hier zutage tritt, erschien seinerzeit GOETHE so groß, daß er die ganze Lehre von der Zusammensetzung des weißen Lichts aus buntfarbigen Lichtarten [gemeint war NEWTON's Lehre] für baren Unsinn erklärte...*

*Inzwischen harrt aber das von GOETHE so tief empfundene Problem, wie das Gemisch aller verschiedenfarbigen Lichtarten weiß geben kann, noch der ausreichenden Antwort.*

*Diese Antwort ergibt sich aus der auf S. 22 angestellten Betrachtung [Anmerkung zu S 22: Das Sinnesorgan mit Einschluss der mitwirkenden Gehirnanteile kann die Beschaffenheit der ursprünglichen Einwirkung mannigfaltig umgestalten, aber nur in dem Sinne, dass die Ergebnisse der Empfindungen einfacher, nicht verwickelter werden, als die ursprüngliche Einwirkung oder der Reiz], daß beim Übergang vom Reiz bis zur bewußten Empfindung die Mannigfaltigkeit nur abnehmen kann und im allgemeinen abnehmen muss.*

*Wir müssen uns zunächst auf das bestimmteste gegenwärtig halten, daß Weiß, Gelb usw. Empfindungen und nicht etwa elektromagnetische Schwingungen sind...*

*die Folge ist, daß die Farbe als Empfindung eine viel einfachere Erscheinung ist, als das Licht, welches diese Empfindung hervorruft. ...*

*Da wir aber in der Natur immer nur Körperfarben sehen und keine Gelegenheit haben, einfache Lichter kennen zu lernen, so wird es verständlich, daß unser Auge sich der Erscheinung der Körperfarben angepaßt hat und nicht der der einfachen Lichter...“ [14]*

## **Die OSTWALD'sche Farbenlehre und das molekulare Wasser**

Zum letzten Absatz aus OSTWALDs Ausführungen ist anzumerken, dass der Vorteil für unsere Augen darin besteht, dass wir stets das gesamte Spektrum mit Ausnahme

der jeweils fehlenden Komplementärfarbe erfassen können, was es uns gestattet, z.B. die Farbe Gelb mit  $9/10$  der Lichtstärke zu erfassen, anstelle von  $1/20$ .

Das Auge besteht in den Hauptkomponenten aus der Linse, dem Glaskörper und 137 Millionen Photorezeptoren, die 70 % aller menschlichen Sinneswahrnehmungen aufnehmen. Durch die Linse tritt das Licht in den Glaskörper. Dieser besteht zu 98 % aus Wasser und ist damit neben dem Kammerwasser der wasserreichste Teil unseres Körpers, gefolgt vom Blut mit 95 % Wasseranteil.

Betrachten wir zunächst das Wasser und seine Wechselwirkung mit äußerer Strahlung. Diese Wechselwirkung ist umso intensiver, je größer der Absorptionskoeffizient ist. Im infraroten Bereich mit Wellenlängen größer 1.000 nm wird über die Protonenbewegungen in den Wasserstoffbrückenbindungen verhältnismäßig viel Energie aus der äußeren Strahlung absorbiert. Im sichtbaren Bereich (in Bild 8 durch die Spektralfarben unterlegt) ist die Frequenz der äußeren Strahlung für die Protonen zu schnell. Die Protonen können sich hier nicht mehr an der Wechselwirkung mit der äußeren Strahlung beteiligen. Das übernehmen nunmehr die freien Elektronenpaare am Sauerstoff des molekularen Wassers. Die Bindung dieser Elektronenpaare am Sauerstoff wird wesentlich dadurch bestimmt, wie stark das Wassermolekül durch seine Umgebung polarisiert wird. Mit zunehmender Polarisierung nimmt die Wellenlänge ab, bei welcher die äußere Strahlung absorbiert wird. Gleichzeitig nimmt auch die Absorption insgesamt ab. Im ultravioletten Bereich bei Wellenlängen um 100 nm und geringer erfolgt dann eine sehr intensive Wechselwirkung mit den Bindungselektronen im Wassermolekül (Bild 8, großes Bild, blaue Linie), die bis zur Zerstörung der Bindung unter Bildung von Radikalen führen können.

Wir stellen fest, dass im Bereich des sichtbaren Lichtes von 380 bis 780 nm die Absorption in Abhängigkeit von der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes exponentiell abnimmt, was bei geringen reversiblen Änderungen in den freien Elektronenpaaren am Sauerstoff eine sehr gute Farbunterscheidung ermöglichen sollte (Bild 17) [15].

Bei der Wechselwirkung des sichtbaren Lichtes mit den freien Elektronenpaaren wird der Lichtstrahl in Abhängigkeit von der jeweiligen Wellenlänge unterschiedlich abgelenkt. Das Maß für die Ablenkung ist der Brechungsindex  $n$ . Da wir an einem Molekül Wasser zwei freie Elektronenpaare haben, sollte zu erwarten sein, dass sich der Brechungsindex mit dem Quadrat des molekularen Wassers (Elektronenpaare<sup>2</sup>) ändert. Die Wurzel der Änderung des Brechungsindex entspricht dann der Änderung des molekularen Wassers.

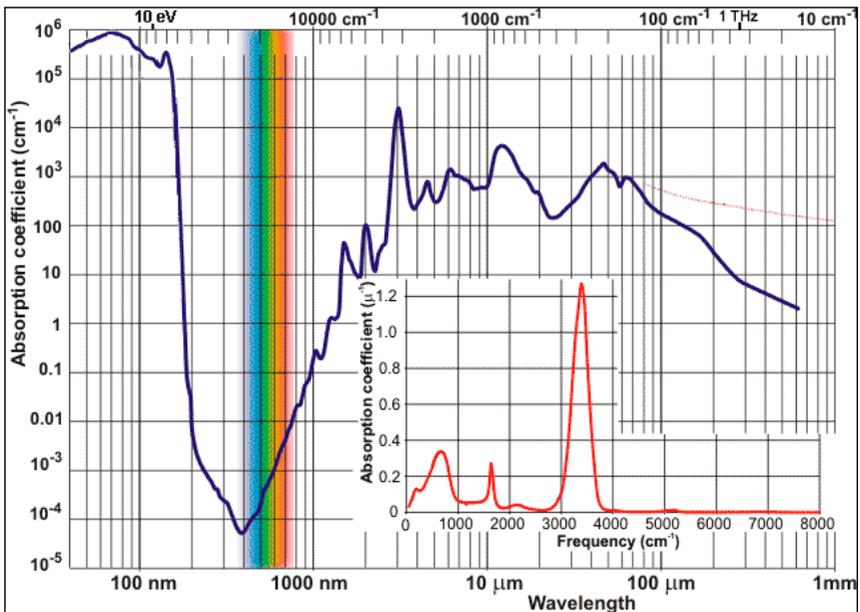


Bild 17 Absorptionskoeffizient (Absorption coefficient) des Wassers in Abhängigkeit von der Wellenlänge (Wavelength) der einfallenden Strahlung bzw. der Frequenz (Frequency, reziprok zur Wellenlänge, rote Linie) [15]

Das Maß für den Anteil des molekularen Wassers im Wasser ist der Wasserdampf-sättigungspartialdruck, jeweils bei Temperatur T im Bereich von 0 bis 100 °C (Gl.7a-d):

$$dC_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}}/C_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = k_C \cdot dP_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}}/P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = k_n \cdot dn_T/n_T^{1/2} \quad (\text{Gl.7a})$$

$$\text{bzw. } d\ln C_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = k_C \cdot d\ln P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} \quad (\text{Gl.7b})$$

$$\text{bzw. } \ln C_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} = A_C + k_C \cdot \ln P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}} \quad (\text{Gl.7c})$$

$$\text{bzw. } dn_T/n_T^{1/2} = 2 \cdot n_T^{1/2} \quad (\text{Gl.7d})$$

(C - Konzentration, P – Partialdruck, n – Brechungsindex)

Bei unterschiedlichen Temperaturen erhalten wir unterschiedliche Brechungsindizes n und unterschiedliche Wasserdampf-sättigungspartialdrücke (Tab.1). Die Auftragung  $\Delta n_T^{1/2}$  gegen  $\ln P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}}$  ergibt eine angenäherte Gerade mit dem Schnittpunkt bei 1,52 auf der  $\ln P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}}$ -Achse, wenn  $P_{\text{H}_2\text{O-H}_2\text{T}}$  in Torr angegeben wird.

Sowohl im infraroten Bereich (1.013 nm) als auch im UV-Bereich (226 nm) ergeben sich in Abhängigkeit von  $\ln P_{\text{H}_2\text{O-H}_2}$  Abweichungen nach oben bei  $\Delta n^{1/2}$ , was auf die Mitwirkung von H-Brückenschwingungen (im IR-Bereich) bzw. von Schwingungen

der Bindungselektronen (im UV-Bereich) hindeutet. Das sichtbare Licht tritt also vornehmlich mit dem molekularen Wasser in Wechselwirkung.

Tabelle 1 Brechungsindices bei 589 nm [16] und Wasserdampfsättigungspartialdruck bei verschiedenen Wassertemperaturen

Temperatur [° C]	$n_{589nm,T}$	$\Delta n = n(T) - n(0\text{ °C})$	$\Delta n_T^{1/2}$	$P_{H_2O-H,T}$ [Torr]	$\ln P_{H_2O-H,T}$
0	1,33395	0,00000	0	4,584	1,52
10	1,33369	0,00026	0,016	9,2133	2,22
30	1,33194	0,00201	0,045	31,855	3,46
50	1,32904	0,00491	0,070	92,648	4,53
70	1,32511	0,00884	0,094	234,03	5,46
90	1,32109	0,01404	0,118	526,41	6,27
100	1,31861	0,01534	0,124	760	6,63

**Anmerkung zum Eis:** Im Eis beträgt der Brechungsindex bei 589 nm 1,31, was dem Brechungsindex im Wasser im unteren Temperaturbereich bei 2.000 nm entspricht, d.h. dem Bereich in welchem Wasserstoffbrückenbindungen angeregt werden. Darüber hinaus reflektiert Eis stark das einfallende Licht, um einer Erwärmung entgegen zu wirken.

Interessant sind in diesem Zusammenhang die Arbeiten von Jürgen SCHRODT zur ‚Seifenhaut-Mikrografie‘ (Bilder 18 und 19) [17,18], die mir der Fotograf freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat.

Bild 18

Seifenhaut-Mikrofoto bei Raumtemperatur [17a]

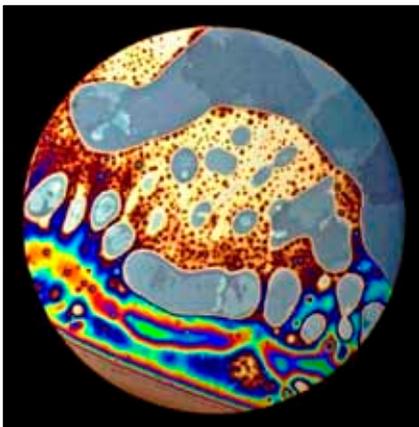
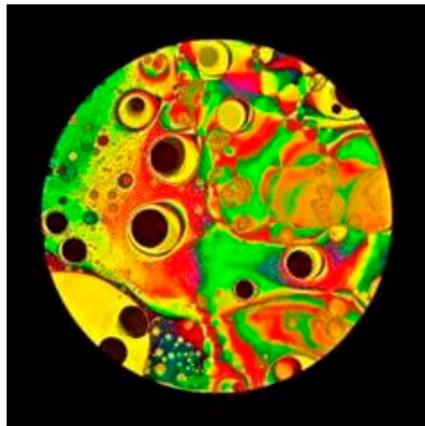


Bild 19

Seifenhaut-Mikrofoto, wobei die Flüssigkeit zuvor auf -18 °C gekühlt wurde [17b]

In diesen sind wässrige Spülmittel (Wassergehalt 75-90 %), vermischt mit 20 % Glycerin, hauchdünn auf Objektträger aufgebracht und dann durch eine ca. 8 mm große Öffnung kurzzeitig belichtet worden. Das Ergebnis sind intensiv gefärbte Bilder, die in Abhängigkeit von Schichtdicke und Temperatur unterschiedliche strukturelle Verhältnisse im System ‚Glycerin-Spülmittel-Wasser‘ sehr schön visualisieren. Bei -8 °C dürfen wir molekulares Wasser in deutlich geringerem Umfang als bei Raumtemperatur in der Glycerin-Spülmittel-Wasser-Mixtur vermuten. Der Grauteil ist in Bild 10 somit deutlich größer als in Bild 9 und die intensiv farbigen Bereiche haben erheblich abgenommen, wobei es zugleich deutliche Verschiebungen im Farbspektrum gibt.

### **Farben als Katalysatoren für seelische Vorgänge**

Die Fotorezeptoren des Auges werden in Abhängigkeit vom Brechungsindex – und damit von der (fehlenden) Wellenlänge – derart angeregt, dass die Anregung der freien Elektronenpaare am molekularen Wasser in ein elektrisches Signal umgewandelt wird, das dann in unserem Gehirn für mehr oder weniger willkommene Abwechslung sorgt. Die Wirkung im Gehirn hängt von mannigfaltigen Empfindungen ab, die jeder ganz persönlich auf Basis eigener Erfahrungswerte in einen Abgleich bringt. Somit können geeignete Farben oder Farbkompositionen seelische und schlussendlich auch körperliche Effekte ‚katalysieren‘.

Für die Augen bedeutet das alles fernerhin, dass UV-Licht das molekulare Wasser chemisch schädigen kann, da die Bindungselektronen im molekularen Wasser irreversibel beeinflusst werden können. Eine Änderung im Augeninnendruck, und damit im Anteil des molekularen Wassers bzw. des Hydratwassers, kann ein Indiz für ernsthafte Probleme darstellen.

### **Sichtbares Licht und die MOL<sup>®</sup>LIK-Technologie**

Für die MOL<sup>®</sup>LIK-Technologie bedeutet dies, dass das gelegentlich zugeführte sichtbare Licht in der Lage ist, das im umgebenden Wasser vorhandene molekulare Wasser selektiv zu aktivieren. Das UV-Licht dagegen zerstört diese bedeutsame Komponente des Wassers. Eine maximale Wirkung erhält man, wenn das gesamte sichtbare Spektrum wirkt.

Die Abhängigkeit der Wirkung der MOL<sup>®</sup>LIK-Technologie vom Wellenlängenspektrum des anregenden Lichtes konnten wir in Experimenten aufzeigen, einschließlich der destruktiven Wirkung der UV-Strahlung. Wir benötigen tatsächlich das gesamte sichtbare Spektrum, ohne UV-Anteil.

## OSTWALDsche Farbenlehre und Mineral-Metall-Katalysatoren

Im Zuge der Katalysatorherstellung wandelt sich der Farbton der Katalysatorfolien von silberhell, d.h. stark reflektierend, zu bronzefarben, d.h. hin zu Brauntönen.

**Braun** ist eine Tertiärfarbe. Brauntöne sind folglich dadurch gekennzeichnet, dass in ihnen mehrere Komplementärfarben fehlen, d.h. ein bräunlicher Körper absorbiert einen größeren Teil der einfallenden Strahlung als z.B. ein rein gelber Körper.

In Auswertung der OSTWALDschen Farbenlehre finden wir nunmehr auch bestätigt, dass nicht nur das molekulare Wasser im Umfeld der MOL<sup>®</sup>LIK-Einheit angeregt wird, sondern dass dies ganz besonders auf die Katalysatoroberfläche zutrifft. Losgelöst von diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass braun gehaltene Zeichnungen und Gemälde beruhigend auf unsere Augen wirken.

Anhand dieser Ansicht wird auch verständlich, warum die Schutzfolie im Erste-Hilfe-Kasten mit der silbernen Seite auf den Verunfallten gelegt wird, wenn dieser warm gehalten werden soll (Silber reflektiert die Körperwärme), und warum die goldene Seite auf den Verunfallten gelegt wird, wenn dieser gekühlt werden soll (Gold absorbiert Körperwärme).

### **Danksagung**

*Dr. Hartmut LAUSCH danke ich für den Hinweis darauf, dass es OSTWALD war, dem wir den MOL-Begriff zu verdanken haben, sowie für die Bereitstellung der dazu gehörenden Literatur [7].*

*Dr. Frank BAUMANN danke ich für die umfangreiche leihweise Bereitstellung von OSTWALDscher Originalliteratur namentlich zur Farbenlehre aus dem Bestand der Bibliothek der Hochschule Merseburg.*

*Professor Dr. Wladimir RESCHETILOWSKI danke ich für die großzügige Unterstützung mit Informationsmaterialien der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. sowie den Hinweis auf das Buch ‚Wilhelm Ostwald – Ostseebilder‘ [4].*

*Dr. Dieter SCHNURPFEIL danke ich für die kritische Durchsicht und hilfreichen Anmerkungen.*

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] [https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Ostwald](https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Ostwald), 7.1.2020
- [2] <https://wilhelm-ostwald.de/seiten>, 7.1.2020
- [3] <https://www.lshuttle.de/l/wog/gesbiogr.htm>, 7.1.2020
- [4] Wilhelm Ostwald: ‚Ostseebilder‘, Baltic Verlag Siegbert Bendt, Hrsg.: Ralf Zimmermann, Stralsund 1992, a) Frontispiz, b) S. 48, c) S.84 [ISBN 3-86139-000-0]
- [5] <https://home.uni-leipzig.de/kustodie/ausstellungsarchiv/ostwald/in...>, 7.1.2020
- [6] John Gage: ‚Kulturgeschichte der Farbe – Von der Antike bis zur Gegenwart‘, E.A. Seemann Verlag in der Seemann Henschel GmbH & Co. KG, Leipzig 2009, S. 247
- [7] Wilhelm OSTWALD: ‚Grundriss der Allgemeinen Chemie‘, 6. Auflage, Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1920, S. 180
- [8] Wilhelm Ostwald: ‚Große Männer‘, Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H., Leipzig 1910, S.217
- [9] Jürgen Koppe: ‚25 Jahre Sachzeugen der chemischen Industrie e.V. – Ein Orientierungspunkt in stürmischen Zeiten‘, in: ‚Merseburger Beiträge zur Geschichte der chemischen Industrie Mitteldeutschlands‘, Hrsg.: SCI, 23. Jg., Heft 38, Merseburg, 1/2018, S.98 ff.
- [10] Wilhelm Ostwald: Z. f. phys. Chem. 15 (1894), S. 705
- [11] Wilhelm Conrad Röntgen: ‚Über die Constitution des flüssigen Wassers‘, Ann. D. Phys. U. Chem. N.F. XLV, SD, 1891, S. 91
- [12] Wilhelm Ostwald: ‚Goethe, Schopenhauer und die Farbenlehre‘, Verlag Unesma G.m.b.H., Leipzig 1918, S. 38
- [13] ‚Einführung in die Farbenlehre‘, Druck und Verlag von Philipp Reclam jun., Leipzig 1919, S. 29
- [14] [http://www1.lsbu.ac.uk/water/water\\_vibrational\\_spectrum.html](http://www1.lsbu.ac.uk/water/water_vibrational_spectrum.html), 7.1.2020
- [15] <https://www.internetchemie.info/chemie-lexikon/daten/b/brechungsindex%20wasser.php>, 12.1.2020
- [16] Chemiker-Kalender, Hrsg.: H.U.v.VOGEL), Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956, S. 547
- [17] [https://www.mikroskopie-forum.de/index.php?topic=](https://www.mikroskopie-forum.de/index.php?topic=a)topic20802.msg155876#msg155876) a) topic 20802.msg155876#msg155876, b) topic=30904.msg229691#msg229691, 12.1.2020

## Autorenvorstellung



### Jürgen KOPPE

- 1954 geboren in Lutherstadt Wittenberg,  
1970-78 Technische Hochschule ‚Carl Schorlemmer‘ Merseburg mit Abitur (1972), Diplom (1975) und Promotion (1978),  
1978-90 Kombinat VEB Chemische Werke Buna als Mitarbeiter, Gruppenleiter und Abteilungsleiter,  
1990-93 Technische Hochschule ‚Carl Schorlemmer‘ als Oberassistent,  
seit 1993 selbständig und davon ab 1995 geschäftsführender Gesellschafter der MOL Katalysatortechnik GmbH,  
seit 2007 Mitglied des SCI.

Jürgen KOPPE:  
,Sonnenaufgang an  
der Saale bei  
Schkopau‘  
(Öl auf Leinwand,  
80 x 60 cm,  
Febr. 2020,  
vgl. Bilder auf den  
Umschlaginnen-  
seiten)



# Merseburger Ansichten zum Wasser...

## ... und ihre Bedeutung für Europa

von Jan Koppe

---

Wasser ist eine lebenswichtige Ressource, sowohl für menschliche Bedürfnisse als auch für das Funktionieren unseres Ökosystems. Süßwasserverfügbarkeit und Wassernutzung stellen seit Jahrhunderten eine wachsende Problematik dar [1]. Dieser Beitrag soll einen knappen Überblick über die aktuelle Entwicklung zum Wasserstress und Lösungswege zu seiner Umgehung aufzeigen. Neben einer differenzierten Betrachtung der verschiedenen Arten des Wasserstress, wird hierbei auf die besondere Bedeutung der Membrantechnik und der damit verbundenen Abläufe im Wasser genauer eingegangen. Die wirtschaftliche Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Wasser wird bei diesen Betrachtungen in den Mittelpunkt gerückt.

### Wasserstress – „Was ist das?“

Wasserstress ist ein Thema, das bereits vor über 2000 Jahren wissenschaftliche Bücher füllte [2-5]. Im nachfolgenden wird zwischen den drei Arten des Wasserstress differenziert (Bild 1).

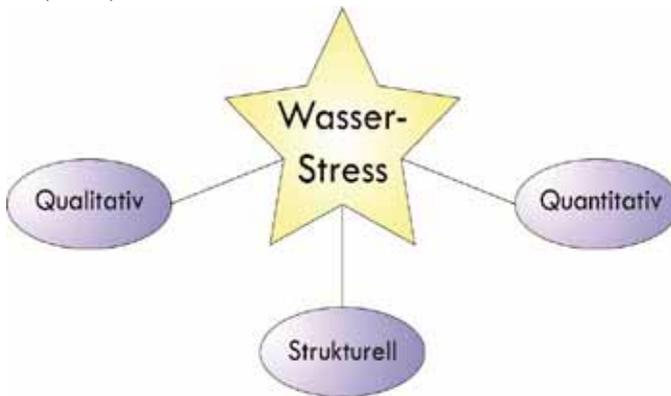


Bild 1 Arten des Wasserstress

### Quantitativer Wasserstress

Quantitativer Wasserstress ist ein Thema, mit dem sich unser Ökosystem seit seiner Entstehung auseinander zu setzen hat. Wasser bedeckt mehr als 70 % der Erdoberfläche. Aber weniger als 1 % der gesamten Wassermassen stellen nutzbares Süßwasser dar [6]. Somit ist nutzbares Süßwasser ein kostbares Gut [7].

Gemäß BATES liegt quantitativer Wasserstress vor, wenn die Wasserentnahme die vorhandenen Süßwasserressourcen übersteigt. Vor diesem Hintergrund wirken Niederschlagsrisiko, Verdunstung und Bevölkerungswachstum als direkte Faktoren auf den Wasserstress. Klimabedingte längere Trockenperioden, aber auch Starkregenereignisse mit flächendeckenden Überschwemmungen, haben seit jeher einen Anstieg im Salzgehalt und Trübung unserer Oberflächengewässer bewirkt, was mit nachgeschalteten ökologischen und ökonomischen Kettenreaktionen einhergeht [1a,8].

### **Struktureller Wasserstress**

Jeglicher Energieeintrag in das Wasser, welcher oberhalb des osmotischen Druckes liegt, bewirkt strukturelle Veränderungen. Trinkwasser, frisch gezapft von einer Quelle, wird einen anderen Geschmack aufweisen als Wasser, das durch kilometerlange Rohrleitungen gepumpt wurde. Beim Kreieren von Longdrinks gibt es geschmackliche Unterschiede zwischen ‚Schütteln‘ und ‚Rühren‘. Im Bereich der Pumpentechnik geht hoher Energieeintrag mit der Bildung von Kavitationsblasen einher. Derartige Vorgänge führen über Korrosionserscheinungen zu einer Verringerung der Lebensdauer der Technik. Das Lösen von Substanzen bewirkt, über die Bereitstellung notwendiger Hydrathüllen, ebenfalls strukturelle Veränderungen, die im Wasser temporärer Natur sind und über kinetische Gleichgewichtsreaktionen abgemindert werden.

### **Qualitativer Wasserstress**

Für Wasserstress qualitativer Natur gilt beim Blick in die Geschichte seit langem, dass marginale und weniger wohlhabende Gegenden weniger in der Lage sind, sich auf die mit dem qualitativen Wasserstress verbundenen Veränderungen anzupassen. Ohne effiziente Technologien in Verbindung mit geeigneten politischen Instrumenten, führen insbesondere klimatisch bedingte Veränderungen zu großer Ungleichheit [9a]. Hauptaugenmerk sei hierbei auf die ökonomische Bereitstellung qualitativ hochwertigen Wassers zusammen mit einer Optimierung von Nutzungskonzepten gelegt. Heute wie damals gilt, dass ein gedankenloser Umgang mit qualitativ hochwertigem Wasser in Gegenden mit Wassermangel die Lage weiter verschlimmert [10]. Aber auch ein gedankenloser Umgang mit Wasserreserven in eigentlich wasserreichen Gebieten kann zu verheerenden Umwelt- und Infrastrukturschäden führen.

## Wasserstress – „Wie schaut es aktuell aus?“

Der globale Wasserverbrauch verteilt sich auf folgende drei Kategorien [11]:

Landwirtschaft (70 %) - Industrie (22 %) - Privathaushalte (10 %).

Hinter diesen Zahlen zur Wasserverteilung und Wasserverfügbarkeit verbirgt sich ein vielfältiges Muster der Endnutzung, was sich erst beim genaueren Betrachten erschließt. Beispielsweise entfallen in den Niederlanden 61 % des Wasserbedarfs auf die Industrie und lediglich 34 % werden im landwirtschaftlichen Bereich genutzt [12]. Selbst innerhalb der Europäischen Union gibt es im regionalen Vergleich erhebliche Unterschiede im Nutzungsmuster der verfügbaren Wasserressourcen. Je nach Anwendungsbereich ergeben sich unterschiedliche Mindestanforderungen an die benötigte Wasserqualität. Gleichzeitig leiten sich hieraus vielfältige Möglichkeiten der Mehrfachnutzung ab (Bild 2) [1,13].

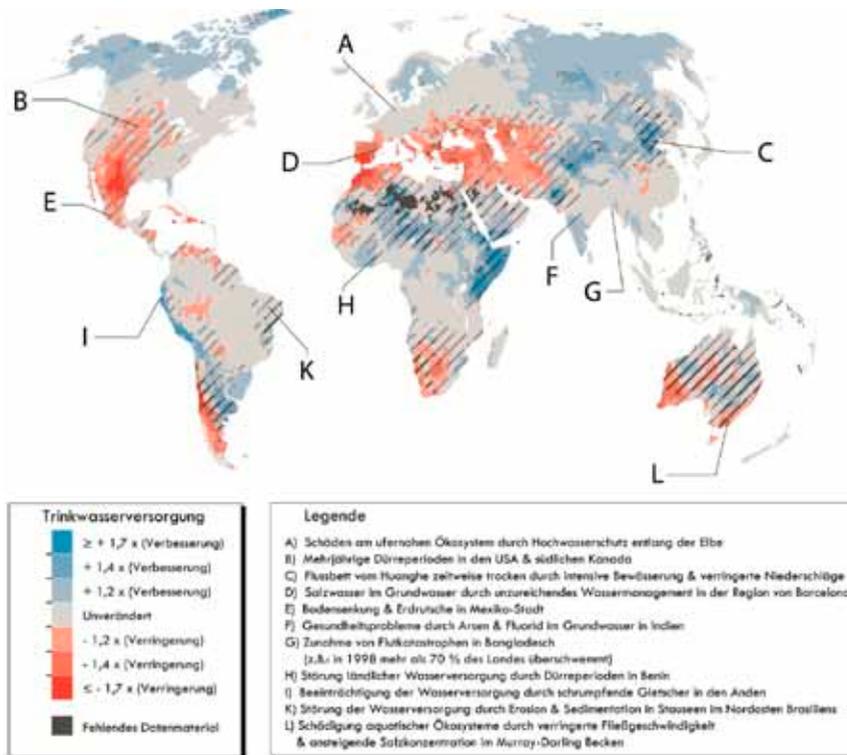


Bild 2 Prognose zur Entwicklung der globalen Trinkwasserversorgung (nach LUCK [13] und BATES [1] auf Basis der aktuellen Entwicklung von 1950 bis 2010 für den Zeitraum 2030-50)

Gemäß Bild 2 sind die natürlichen Wasserressourcen ungleich verteilt. Vor dem Hintergrund einer anthropogen verstärkten Klimaveränderung und unter dem gleichzeitigen Druck des Bevölkerungswachstums, erleben wir derzeit eine Welt des zunehmenden qualitativen und quantitativen Wasserstress. Daher erfolgt aktuell seitens Industrie und Landwirtschaft ein Ausbau der Möglichkeiten der Mehrfachnutzung von Wasser unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten [14]. Dies wird durch die Entwicklung der umweltpolitischen Rahmenbedingungen untersetzt.

Hierbei gilt, umso intensiver die Wassernutzung, desto eher wird es Bereiche geben, in denen es zu Ablagerungen, Verschmutzungen und Biobewuchs kommt. Dies geht mit einer Verringerung der Anlagenverfügbarkeit einher.

Der Wassermarkt hat somit ein großes Wachstumspotenzial der Zukunft, was sich nicht nur in den stetigen Weiterentwicklungen im Bereich technischer Membrananlagen zeigt. Effiziente und intelligente Lösungen, die das öffentliche Umweltbewusstsein befriedigen, werden bei dieser Entwicklung die Marktteilnehmer mit dem größten Wachstumspotenzial sein. Je mehr dieser neuen Technologien in den Markt drängen, desto schwieriger wird es für konventionelle Lösungsansätze, im Wettbewerb zu bestehen. Hierbei gilt: umso breiter die Einsatzmöglichkeiten, desto mehr haben sich solche neuen Lösungsansätze gegenüber etablierten Technologien zu behaupten [15a].

Da sich vor allem landwirtschaftlicher und industrieller Bereich sehr rational und faktenorientiert auf neue Technologien einlassen, ist hierbei eine klare Beschreibung der Vorgänge hinter solchen neuen Technologien für eine erfolgreiche Marktbearbeitung essentiell. Darüber hinaus ist das Erlangen der notwendigen Marktakzeptanz für neuartige Technologien, wie der katalytischen Wasserbehandlung mit MOL<sup>®</sup>LIK, eine große Herausforderung. Mit Fokus auf die Membrantechnik wird eine solche Entwicklung im Folgenden näher betrachtet.

### **Wasserstress – „Welche Lösungswege gibt es?“**

Folgende Fragen stellen sich:

*„Gibt es Möglichkeiten zur Vermeidung anthropogener [menschengemachter] Verunreinigungen im Wasser?“*

*„Wie können wir Salze bzw. unerwünschte Substanzen mit vertretbarem Aufwand vom Wasser abtrennen, um ausreichend Wasser gewünschter Qualität zu erhalten?“*

Zur Abtrennung unerwünschter Substanzen, haben sich im Zuge der Evaluation Filtersysteme und Biomembranen gebildet, ohne die ein Leben, so wie wir es kennen, nicht möglich wäre.

Quellen und Brunnen leben von natürlichen Filtersystemen. Werden derartige Trinkwasserressourcen entsprechend gepflegt, dann können diese über viele Jahre zur Bereitstellung qualitativ hochwertigen Wassers genutzt werden. Im Mittelalter wurden Hinweise gegeben, wie weit Misthaufen von Quellen entfernen sein müssen, um einen gewissen Qualitätsstandard des Trinkwassers sicherzustellen [16].

Jedoch bewirkte häufigeres Auftreten temporärer Peaks der Entnahmeleistung [17,18], sowie minderoptimierter Düngemiteleinsatz [19], der in der Vergangenheit eine nachhaltig negative Beeinflussung etlicher Trinkwasserressourcen brachte. Dies führte dazu, dass selbst in Europa einige ehemalige Grundwasserspeicher heute nur noch Brackwasser liefern.

Für Wasserstress qualitativer Natur sollen die Seefahrer bereits zu Zeiten von ARISTOTELES ein Verfahren zur Trinkwassergewinnung über Umkehrosmose genutzt haben. Gemäß den Aufzeichnungen von ihm, wurde hierzu ein Tongefäß mit Harz beschichtet und in die See gegeben. Innerhalb weniger Stunden füllte sich das Gefäß mit salzfreiem Wasser [2a]. Eine genaue Beschreibung der technischen Umsetzung ist jedoch nicht überliefert. Daneben war bereits damals der energetisch aufwendigere Weg über die Verdampfung bekannt.

Vor dem Hintergrund, dass jeder Chemikalieneinsatz einen anthropogen verursachten qualitativen Wasserstress zur Folge hat, setzte insbesondere in den letzten 20 Jahren im Bereich der Wasserbehandlung ein Prozess des Umdenkens ein. Die damit einhergehende Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen bewirkte, dass heute der Umgang mit umweltgefährdenden Chemikalien immer restriktiver gehalten wird. Gleichzeitig steigt die Nachfrage nach einfach handhabbaren Technologien.

Zur Verminderung von Wasserstress struktureller Natur muss es im Bereich der Natur geeignete Biokatalysatoren geben. Im Bereich der Technik hat sich ein Zusammenspiel aus Pumpentechnik und Nutzung geeigneter heterogener Katalysatoren bewährt. Die ersten dokumentierten Einsatzfälle finden sich im Bereich der Wasserversorgung im römischen Reich. Hier wurde das Wasser strukturschonend gehoben und zugleich wurde beim Viaduktbau Vulkanasche als katalytisch wirksames Bindemittel eingesetzt. Heute wissen wir, dass über diese Vorgehensweise das Risiko

von Ablagerungen in den Verteilersystemen minimiert wird. Dieses Wissen bildete die Grundlage zur Erklärung von Effekten technischer Mineral-Metallkatalysatoren zur Wasserbehandlung, welche seit mehr als 20 Jahren in Merseburg gefertigt werden [20].

## **Gewinnung von qualitativ hochwertigem Wasser**

Die wirtschaftliche Gewinnung von qualitativ hochwertigem Wasser durch Abtrennung von Salzen erfolgt über den Einfluss von Druck, Temperatur und elektrischen Feldern.

## **Bedeutung der Membrantechnik**

Durch die heutigen Membrananlagen kann Süßwasser mit einem gegenüber der klassischen Verdampfung deutlich verminderten Energiebedarf auf ökonomische Weise bereitgestellt werden. Bereits heute beziehen mehr als 300 Millionen Menschen auf der ganzen Welt ihren täglichen Bedarf aus entsalztem Wasser. Hierfür sind aktuell mehr als 21.000 Membrananlagen in 120 Staaten dauerhaft im Einsatz [21].

Doch Druckverhältnisse von bis zu 80 bar beeinflussen Wasserstrukturen und führen zur Ausbildung von Ablagerungen, deren manuelle Beseitigung wiederum Aufwendungen verursacht. Daneben stehen diese Anlagen wegen ihrer Wirkung auf Meerestier- und Pflanzenwelt durch den Einsatz von Reinigungskemikalien im gesellschaftlichen Fokus. Durch Einsatz geeigneter heterogener Katalysatoren lassen sich negative Auswirkungen auf Wasserstrukturen zurückdrängen, zugleich Reinigungsintervalle verlängern und damit den Einsatz von Chemikalien vermindern. Hierdurch wird im Vergleich zur konventionellen Fahrweise die abgegebene Chemikalien-Fracht vermindert und unerwünschte Nebenwirkungen auf Tier und Pflanzenwelt minimiert. Um diesen Sichtweisen folgen zu können, schauen wir uns die Interaktion von Salzen und Wasser genauer an.

## **Wirkungsweise einer Membrananlage**

„Was macht die Vorgänge an Membranen so interessant?“ Beim genaueren Blick auf Membran-Vorgänge in wässrigen Systemen, sind folgende Punkte auffallend:

- Die Vorgänge unterliegen isothermen Bedingungen, lediglich Druckänderungen werden gefunden.
- Osmotische Vorgänge laufen in wässrigen Systemen ab, unterliegen jedoch den Gesetzmäßigkeiten der Gasphase.

- Die Osmose steht in Zusammenhang mit Ionen, die aus Festkörpern bestehen. Auf molekularer Ebene sind diese Ionen weit von der Gasphase entfernt.
- Die Osmose ist unabhängig von der Art der hydratisierten Substanzen, sie hängt nur von der Anzahl hydratisierter Ionen ab.

Um diese interessanten Aspekte besser verstehen zu können, werden im Folgenden die Vorgänge im Wasser genauer betrachtet.

### **Salze und Wasser**

„Was passiert bei der Salzauflösung?“ Über die Ausbildung von Hydrathüllen wird bei der Salzauflösung molekulares Wasser dem wässrigen System und der Atmosphäre entzogen, verbunden mit einer Volumenabnahme. Gleichzeitig entsteht ein Sog auf das wässrige System zur Bereitstellung von molekularem Wasser. Unter Bezug auf ARISTOTELES ergibt sich hieraus, dass wässrige Systeme, welche einen größeren Anteil an molekularem Wasser enthalten unter höherem Druck stehen und somit automatisch zum Bereich niederen Drucks (d.h. mit einem geringeren Anteil an molekularem Wasser) fließen. Der Hydratwasseranteil ist damit direkt proportional abhängig von der Anzahl gelöster Ionen. Da Hydratwasser gelöste Ionen umhüllt, spielt deren spezifische Natur praktisch keine Rolle.

Für die Osmose bedeutet dies, dass Membranen für größere Wasseragglomerate undurchlässig sind. Lediglich gasförmiges molekulares Wasser sowie niedermolekulare Gase wie Kohlenstoffdioxid und Chloramine können die Textur von Membranen passieren. Die Schriften des ARISTOTELES wurden in der Renaissance, d.h. gut 1800 Jahre später, intensiv studiert und waren wohl auch LEONARDO DA VINCI zugänglich [22]. Allerdings gingen dessen Schriften zunächst verloren, ehe sie gegen Ende des 20. Jahrhunderts so auftauchten, dass auch eine größere Öffentlichkeit hiervon erfuhr. Zwischendurch waren diese grundlegenden Sichtweisen nicht zugänglich und mussten somit in den letzten 250 Jahren neu erarbeitet werden. Mehr als 2000 Jahre nach der Dokumentation des osmotischen Effektes bei der Trinkwassergewinnung aus Meerwasser vergingen, bis Jean-Antoine NOLLET im Jahre 1748 Membran-Experimente im Bereich der Experimentalphysik am Collège in Paris beschrieb.

Vor reichlich 150 Jahren wurden durch TRAUBE die ersten synthetischen Membranen hergestellt. Seit nunmehr 60 Jahren sind Membrananlagen am Markt verfügbar, welche im technisch relevanten Bereich qualitativ hochwertiges Wasser bereitstellen können.

Ohne geeignetes theoretisches Modell wird keine neue Technologie Fuß fassen können. Im Bereich der Membrantechnik legte VAN'T HOFF den Grundstein, als es ihm zum Ende des 19. Jahrhunderts gelang, ein theoretisches Modell zu liefern, was zugleich auch eine Berechnung des Phänomens der Osmose zulässt. Die bemerkenswerte Idee war hierbei die Übertragung von Gesetzmäßigkeiten der Gase auf wässrige Systeme. Für seine richtungweisende Arbeit zur Analogie von Gasdruck und osmotischem Druck wurde er 1901, neben weiteren Leistungen, mit dem ersten Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Seine Berechnungen zur Osmose bilden noch heute die Grundlage für die Auslegung derartiger Anlagen. Mit VAN'T HOFF's Modell wurden zugleich weitere Effekte, wie die Siedepunkterhöhung, mathematisch erschlossen.

### Ionenbeweglichkeit und Wasserstrukturen

„Wie wandert das Wasser durch Filter und Membranen?“ Im Wasser laufen innerhalb der Wassercluster, die durch Wasserstoffbrückenbindungen gekennzeichnet sind, Protonenbewegungen mit einer Geschwindigkeit von über 10.000 km/h ab. Dem gegenüber stehen die langsamen Ionenwanderungsgeschwindigkeiten im Wasser mit wenigen Zentimetern pro Stunde. Beim ersten Blick erscheint zwischen beiden Vorgängen kein direkter Zusammenhang. Es sollte somit Vorgänge geben, welche in Ihrer Geschwindigkeit dazwischen liegen. Basierend auf den Ansichten zum Wasser, welche in früheren Arbeiten publiziert wurden, ergibt sich der ‚Kreislauf der Wasserstrukturen‘ (Bild 3) [23].

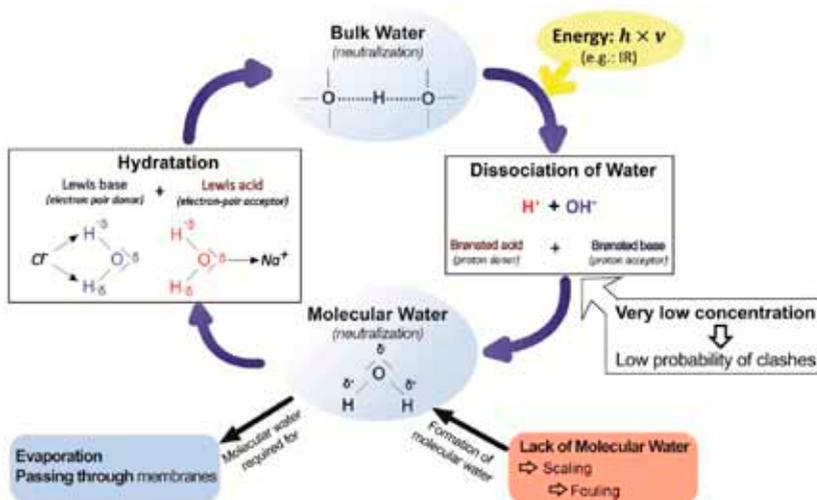


Bild 3 Der Kreislauf der Wasserstrukturen [23]

Im ‚Bulk‘-Wasser findet sich eine Eis-ähnliche Struktur mit den bekannten ‚Wasserstoffbrücken‘-Bindungen. Unter Zufuhr von Schmelz- und Dissoziationsenergie nehmen die asymmetrischen Schwingungen in den Wasserstoffbrückenbindungen zu und es kommt zur Dissoziation [20,24-26].

Im Ergebnis liegen ein saures Proton und ein basisches Hydroxidation vor. Im Sinne einer Säure-Base-Reaktion bildet sich das neutrale molekulare Wasser. Dieses muss man sich als ein gasförmiges Molekül vorstellen. In Gegenwart von Ionen kommt es zur Wechselwirkung mit dem molekularen Wasser, in dessen Folge Lewis-saure und Lewis-basische Wassermoleküle vorliegen. Diese reagieren ebenfalls wieder im Sinne einer Säure-Base-Reaktion und unter Ausbildung von Wasserstoffbrücken-Bindungen zum Bulk-Wasser. Ein Teil des molekularen Wassers verlässt in Abhängigkeit vom äußeren Dampfdruck das System in Form von Wasserdampf. Für wässrige Systeme gelten somit die in Tabelle 1 angegebenen Abhängigkeiten.

Tabelle 1 Nutzung zugeführter Energie in wässrigen Systemen in Abhängigkeit von der Temperatur

Temperaturbereich	Nutzung zugeführter Energie für
kleiner 0°C	Protonenschwingung innerhalb der Wasserstoffbrücken-Bindung
0 bis 100 °C	Dissoziation von Bulk-Wasser Rotationsschwingung $H_2O_{\text{molekular}}$ Protonenschwingung innerhalb der Wasserstoffbrückenbindung Teilverdunstung

Die Ionenbeweglichkeit sollte man sich gemäß nachfolgender Schrittfolge als Ergebnis der Hydrathüllenfluktuation vorstellen:

- Abgabe von  $H_2O_{\text{molekular}}$  aus der Hydrathülle durch Lewis-Säure-Base-Reaktion,
- Bildung von Wasserstoffbrücken-Bindungen infolge der Neutralisation,
- Bildung der Cluster-Struktur von  $H_2O_{\text{Bulk}}$ ,
- Dissoziation der Wasserstoffbrückenbindung,
- Wiedereinlagerung des neu gebildeten  $H_2O_{\text{molekular}}$  in die Hydrathülle.

Hierbei legt das Ion die Wegstrecke eines Wasserdipols im Millisekunden-Bereich zurück. Beim Anlegen eines äußeren Kraftfeldes (Druck/Temperatur/elektrisches Potenzial) erfolgt die Wanderung zielgerichtet. Während des Wechsels von  $H_2O_{\text{molekular}}$  in der Hydrathülle ist das Ion zeitweise nicht vollständig elektrisch abgeschirmt. Umso länger die Neubildung von  $H_2O_{\text{molekular}}$  dauert, desto größer ist die Gefahr von Fällungsprozessen. Bei diesem Gedanken wird deutlich, warum Salze aus

zweiwertigen Ionen eine geringere Löslichkeit aufweisen. Zur Ladungsabschirmung derartiger Ionen werden größere Hydrathüllen benötigt, deren Aufbau wiederum länger dauert.

### **Durchlässigkeit von Membranen**

„*Welche Moleküle passen eigentlich durch eine Membran?*“ Betrachtet man die Leistungsfähigkeit heutiger Membranen, dann kann man sich kaum vorstellen, dass Protonen oder Hydroxidationen mit ihren Hydrathüllen durch die Membran wandern. Die molekulare Durchlässigkeit heutiger Membranen liegt im Bereich zwischen 80 bis 150 g/mol. Damit wird es auch für gelöste Natrium- und Calcium-Ionen mit ihren Hydrathüllen zu eng. Was bleibt, ist das molekulare Wasser. Wie zuvor erläutert, handelt es sich beim molekularen Wasser um ein im wässrigen System gelöstes Gas, das bestrebt ist, entweder zu verdunsten oder zu hydratisieren.

Um  $\text{H}_2\text{O}_{\text{molekular}}$  bevorzugt durch Membranen zu lenken, wird ein Druck benötigt, der oberhalb des osmotischen Drucks liegt. Hierdurch wird neugebildetes  $\text{H}_2\text{O}_{\text{molekular}}$  von seiner natürlichen Wanderung zu den Ionen abgelenkt und stattdessen zu einer Membranoberfläche mit höherem Druckgradienten gesteuert. Somit ist  $\text{H}_2\text{O}_{\text{molekular}}$  aus dem System verschwunden und auf der anderen Membranseite gelandet. Derartige Mangelerscheinungen gehen einher mit dem Verlust von Hydratwasser. Fehlt Hydratwasser, dann lässt die Bildung von Ablagerungen nicht mehr lange auf sich warten.

Mögliche Alternativen bei Mangel an Hydratwasser:

- Beschleunigte Neubildung über Zuführung äußerer Energie (z.B. durch Temperaturerhöhung),
- Katalytische Beschleunigung der Bildung von Hydratwasser.

### **Wasserstress und Membranbereich - Technische Erfahrungen mit Katalyse**

Bild 4 zeigt eine Darstellung zum Effekt der katalytisch beschleunigten Bildung von Hydratwasser an Umkehrosiose-Membranen (RO-Membranen) an einer Pilotapparatur im Rahmen des CARVE-Projektes (Chemicaliënvrije Afvalwater Recuperatie in de VoEdingsindustrie, Chemikalienfreie Abwasserrückgewinnung in der Lebensmittelindustrie) [27]. Hierbei wurde über einen MembranBelebungsReaktor (MBR) gereinigtes Abwasser einer RO zugeführt. Bei einem Versuchszyklus wurde in

der Verrohrung zwischen MBR und RO ein Katalysator (MOL<sup>®</sup>LIK) installiert, im Vergleichszyklus nicht.

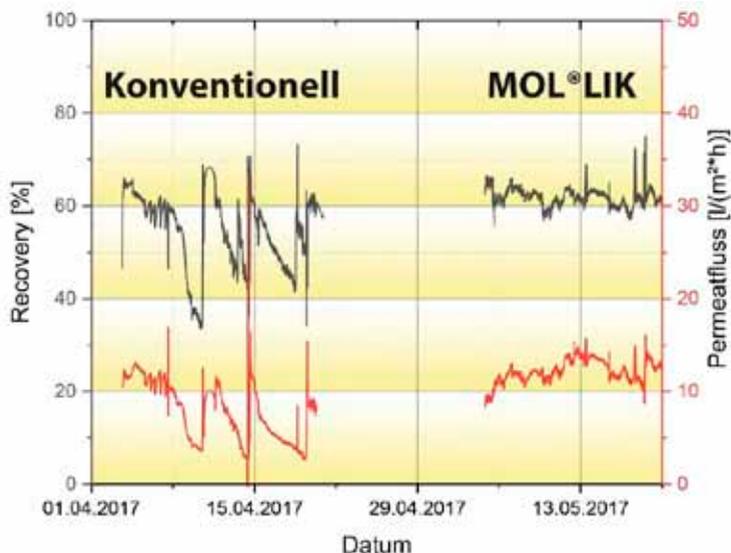


Bild 4 Wirkungen der katalytisch beschleunigten Hydratwasserbildung im Bereich der Aufbereitung von Industrieabwässern (Recovery/Rückgewinnung, Permeat-Ausbeute) [27]

Bereits wenige Tage nach Versuchsstart zeigten sich merkliche Unterschiede zwischen katalysiertem (MOL<sup>®</sup>LIK-behandeltem) und konventionell behandeltem Wasser. Durch das katalysierte Wasser stabilisiert sich die Durchflussrate auf einem gegenüber der konventionellen Fahrweise höheren Niveau. Zugleich sind im katalysierten Versuchszyklus weniger Reinigungszyklen notwendig gewesen. Diese Beobachtung passt zu dem beschriebenen Wassermodell.

Durch die langjährigen Applikationen mit katalytisch beschleunigter Hydratwasserbildung im Bereich der Aufbereitung von Oberflächenwasser mit Membrantechnik in der Bundesrepublik Deutschland und in Belgien konnte gezeigt werden, dass derartige katalytische Prozesse über Zeiträume von mehr als sechs Jahren mit stabiler Performance laufen [28].

Tabelle 2 zeigt den Effekt der katalytisch beschleunigten Hydratwasserbildung an 1µm-Filtereinheiten im Bereich der Oberflächenwasserbehandlung.

Tabelle 2 Performance-Entwicklung von Filtereinheiten in Abhängigkeit von der Fahrweise [28]

<b>Fahrweise</b>		<b>Konventionell</b>	<b>Katalytisch (MOL<sup>®</sup> LIK)</b>
Durchflussrate	[m <sup>3</sup> /h]	40 bis 90	65 bis 100
Differenzdruck	[bar]	0,1 bis 0,3	0,05 bis 0,1
Reinigungsintervall	[Tage]	2 bis 3	30

Neben der Darstellung der Entwicklung der Filtereinheiten werden an den nachgeschalteten RO-Membranen im langjährigen Einsatz mit Merseburger Katalysatorstechnik (Bild 5) folgende Effekte beobachtet [23]:

- Dauerhafte Sicherung der Durchflussrate,
- Keinerlei Fouling auf der Membranoberfläche,
- Minimierung der Aufwendungen der chemischen Reinigung um mehr als 50 %,
- Verbesserung der Wirkung eingesetzter Chemikalien,
- Steigerung der Membranlebensdauer um mehr als 50 %.

Bild 5 MOL<sup>®</sup> LIK-Katalysatormodul zur Durchlaufbehandlung von bis zu 2000 m<sup>3</sup>/h Wasser [29]

Ausgehend von diesen Punkten bewirkt der Einsatz der katalytisch beschleunigten Hydratwasserbildung eine Steigerung der Anlagenverfügbarkeit. Gleichzeitig bewirkt der damit einhergehende verminderte Chemikalieneinsatz eine Reguzierung im Bereich des qualitativen Wasserstress.

Aufbauend auf diesen Ansätzen gibt es aktuell europäische Projekte, wie ‚INSPIRE WATER‘, in welchen untersucht wird, wie weit eine Aufbereitung von

Industrieabwässern, bis hin zur Nutzung als Frischwasser, wirtschaftlich betrieben werden kann [30].

### Technische Erfahrung mit katalytischer Wasserbehandlung – Ein Überblick

Das Wissen hinter den Vorgängen im Wasser und die sich daraus ableitende Wirkung der in Merseburg entwickelten und produzierten MOL<sup>®</sup>LIK-Katalysatoren eröffnet eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten (Bilder 6 und 7) [29, 31-33].



Bild 6 Auswahl an Einsatzgebieten der Merseburger MOL<sup>®</sup>LIK-Katalysatoren [29]

**Legende:** 1\_Chemische Industrie (© Kadmy), 2\_Automobilbereich (© Sittinan), 3\_Stahlindustrie (© Zhao Jiankang), 4\_Kühlkreisläufe (© Wirot)

Bild 7  
Der Autor mit einer MOL<sup>®</sup>LIK-Einheit



Die kleinsten Einheiten befinden sich hierbei im Bereich von Kleintiertränken und privaten Geschirrspülmaschinen, um dort gegen unerwünschte Belags- und Geruchsbildung zu wirken. Mit den größten Einheiten werden

Kühlkreisläufe von Kraftwerken und Industrieanlagen auf biozidfreie Weise regelkonform betrieben. Bei Industrieprojekten, an denen der Katalysator beteiligt ist, liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung definierter Leistungsparameter. Solche Leistungsparameter sind als technische Messgrößen leicht zugänglich. Anhand der zeitlichen Entwicklung solcher Messgrößen lassen sich die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile der katalytischen Wasseraufbereitung mit Merseburger Katalysatoren klar darstellen. Zugleich werden damit eine bestmögliche Betriebssicherheit gewährleistet und lokale Wasserstresssituationen verringert. In Tabelle 3 sind Beispiele solcher Leistungsparameter aufgeführt.

Tabelle 3 Übersicht relevanter Leistungsparameter zur Überwachung der Leistungsfähigkeit der MOL<sup>®</sup>LIK-Technologie [15b]

<b>Einsatzfall</b>	<b>MOL<sup>®</sup>LIK-Effekt</b>	<b>Technische Messgröße</b>
Membranen	Verminderung des Differenzdruckes	$\Delta p$
Filtration	Verlängerung der Reinigungsintervalle	$\Delta p / \Delta t$
Löseprozesse	Steigerung der Löslichkeit von Substanzen	$\Delta m / \Delta t$
Verdampfung	Verringerung von Ablagerungen	Trübung
Wärmeaustauscher	Verbesserter Wärmeübergang	k-value / $\Delta T$
Konventioneller Chloreinsatz + MOL <sup>®</sup> LIK	Beschleunigte Disproportionierung von Chlor	$\Delta$ Redoxpotenzial Organochloride (AOX) Chloramine

## Fazit

Wasserstress ist eine Thematik, die unser Ökosystem seit seiner Entstehung zu bewältigen hat. Durch anthropogen verstärkte Klimaveränderung und unter dem gleichzeitigen Druck des Bevölkerungswachstums, erleben wir derzeit eine Welt des zunehmenden qualitativen und quantitativen Wasserstresses. Hierbei gilt, umso weniger man dem Wasser während seiner (Be-)Nutzung an Stoffen/Substanzen zuführt, desto geringer fallen die Aufwendungen in nachgeschalteten Prozessen aus. Effiziente und intelligente Lösungen, die das öffentliche Wachstum des Umweltbewusstseins befriedigen, werden die Marktteilnehmer mit dem größten Wachstumspotenzial sein. Die aktuelle Verschärfung der Rechtsvorschriften zu Chemikalienverbrauch, Wassernutzung und Energieeffizienz wird die Umstellung auf intelligente und neue Technologien unterstützen.

Mit den Merseburger Ansichten zum Wasser und der MOL<sup>®</sup>LIK-Technologie wird ein aktiver Beitrag zur Entschärfung dieses Spannungsfeldes geleistet. Aktuell wirtschaftlich entscheidend ist hierbei die Vermeidung anthropogener Verunreinigungen im Wasser mit biozidfreier MOL<sup>®</sup>LIK-Technologie im Bereich von Landwirtschaft, Industrie und im Haushalt. Daneben wirkt die Merseburger Katalysatortechnik leistungssteigernd auf Filtertechnik und Membrantechnologien. Damit werden die aktuellen Bestrebungen zur wirtschaftlichen und umweltökologischen Optimierung der Anlagentechnik in diesem wachsenden Marktbereich unterstützt.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P.: 'Climate Change and Water', Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, Eds., 2008, S.43 [ISBN: 978-92-9169-123-4]
- [2] Lee, H.D.P.: 'Aristotle – Meteorologica - with an English Translation', Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, William Heinemann Ltd, London, September 1951, S. 159
- [3] Kenneth, F.: 'Water Resources and Climate Change, The Management of Water Resources', University of Colorado, Boulder, USA, 2002 [ISBN: 9781840645002]
- [4] Reig, P, Schleifer, L.: 'Measuring, mapping and understanding water risks around the globe, Map of Europe', World Resources Institute, Washington, D.C., USA, 2020, online at: <http://www.wri.org/our-work/project/aqueduct/>
- [5] Spitz, G., Heintze, P.: 'Water – Bron van ontwikkeling, Macht en Conflict', NCDO GLOBALISERINGSREEKS 3; Zwaan Printmedia; Record nr. 1984045, Amsterdam, 8.1.2012
- [6] Chauhan, S., Gupta, K.C., Singh, J.: 'Purification of Drinking Water with Application of Natural Extracts', Journal of Global Biosciences, Volume 4, Special Issue 1, 2015, S. 1861 [ISSN 2320-1355]
- [7] Köbel, J., Strong, C., Noe, C., Reig, P.: 'Mapping public Water Management by Harmonizing and Sharing Corporate Water Risk Information', World Resources Institute, März 2018, online at: <https://www.wri.org/publication/mapping-public-water>
- [8] Menzel, L., Flörke, M., Matovelle, A., Alcamo, J.: 'Impact of socio-economic development and climate change on water resources and water stress', in: 'Proc. 1st International Conference on Adaptive and Integrative Water Management', CAIWA 2007, Basel, online at: <https://www.researchgate.net/publication/228765852/download>
- [9] Smit, B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R.J.T., Yohe, G., Adger, N., Downing, T., Harvey, E., Kane, S., Parry, M., Skinner, M., Smith, J.: 'Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability', 2001, S. 877ff., a) S. 905, online at: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/wg2TARchap18.pdf>.
- [10] Küffner, U.: 'Contested Waters: Dividing or Sharing?' in: 'Water in the Middle East: Potential for Conflicts and Prospects for Cooperation', ed. Waltina Scheumann and Manuel Schifferl, Springer, New York, 1998

- 
- [11] Postel, S., Vickers, A.: 'Boosting Water Productivity', in: State of the World, W.W. Norton and Company, New York, 2004, S. 46 ff.
- [12] Zeman, C., Rich, M., Rose, J.: 'World water resources: Trends, challenges, and solutions', *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 5, 2006, S. 337 ff.
- [13] Luck, M., Landis, M., Gassert, F.: 'Aqueduct Water Stress Projections: Decadal Projections of Water Supply and Demand Using', World Resources Institute, Washington, USA, 2015
- [14] Singh, V. P. et.al: 'Water Resources Management', Select Proceedings of ICWEES 2016, Texas A&M University, USA, 2016
- [15] Rastetter, N., van Dijk, L., Hubrich, M., Koppe, J., Kozariszczuk, M., Luning, L., Naves, A., Niewersch, C., Padilla Vivas, B., Patrut, C., Remmen, K., Vila, S., Wahlström, U.: 'Innovative Solutions in the Process Industry for next generation Resource Efficient Water Management, Collaborative project: Innovation roadmap for demonstrated technologies', *INSPIREWATER*, D2.4 GA723702, 2019, a) S. 51, b) S. 49, online at: <https://www.spire2030.eu/inspirewater>
- [16] Hoppenberg, M.: 'Wieviel Mittelalter haben wir noch in uns?' International MerWaterDays, Vortrag, Merseburg, September 2017
- [17] Navarro, A., Carbonell, M.: 'Evaluation of groundwater contamination beneath an urban environment: The Besòs river basin (Barcelona, Spain)', *Journal of Environmental Management*, Volume 85, Issue 2, October 2007, S. 259 ff., online at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.08.021>
- [18] Ortuño, F., Molinero, J., Custodio, E., Juárez, I., Garrido, T., Fraile, J.: 'Seawater intrusion barrier in the deltaic Llobregat aquifer (Barcelona, Spain): performance and pilot phase results', *SWIM21 - 21st Salt Water Intrusion Meeting June 21 - 26, Azoren/Portugal*, 2010
- [19] Ehlers, E.: 'Nitrat-Alarm: Trinkwasser droht teurer zu werden', *Ostseezeitung, MV-aktuell*, v. 4.6.2018, online: <http://classics.mit.edu/Aristotle/meteorology.html>
- [20] Koppe, J. R.: 'Kühlwasser-Handbuch', 1. Auflage, Merseburg 2018 [ISBN 978-3-942703-85-7]
- [21] IDA Desalination Yearbook 2016-2017: 'Water Desalination Report - Global Water Intelligence IDA', Oxford, UK, 2018
- [22] Schneider, M.: 'Leonardo da Vinci - Das Wasserbuch - Schriften und Zeichnungen - Ausgewählt und übersetzt', Schirmer/Mosel, München, 2011 [ISBN 978-3-8296-0592-2]
- [23] Koppe, J.: 'Limitations in water supply – strategies for solving a global issue', International MerWaterDays, Vortrag, Merseburg, 2018
- [24] Röntgen, W.C.: 'Über die Constitution des flüssigen Wassers', *Ann. Phys.* 45, Leipzig, 1892, S. 91 ff.
- [25] Samoilov, O.Y.: 'Coordination number in the structure of certain liquids', *Zh. Fiz. Khim.* 20, Sankt Petersburg, Russland, 1946, S. 1411 ff.
- [26] Vedamthi, M.V., Singh, S., Robinson, G.W.: 'Properties of liquid water: Origin of the density anomalies', *J. Phys. Chem.* 98, Washington D.C., USA, 1994, S. 2222 ff.
- [27] Reyniers, S., Depuydt, V.: 'Chemicaliënvrije Afvalwater Recuperatie in de VoEdingsindustrie', CARVE Projekt Meeting - Tussentijdse meeting, Kortrijk, Belgien, Juni 2017, online: [https://www.vlakwa.be/fileadmin/media/pdf/presentatie\\_Pantarein\\_hergebruik\\_bij\\_voedingsbedrijven\\_.pdf](https://www.vlakwa.be/fileadmin/media/pdf/presentatie_Pantarein_hergebruik_bij_voedingsbedrijven_.pdf)
- [28] Koppe, J., Battagello, G.: 'Water Structure & Membrane Systems- Rising Performance with Catalytic Water Treatment', International MerWaterDays, Vortrag, Merseburg, September 2017
- [29] Produktkatalog – MOL Katalysatortechnik GmbH, Merseburg, April 2018

- [30] Dambmann, D., Zorn, F.: ‚Integriertes Wassermanagement in der Prozessindustrie – Perspektiven für ökonomische und ökologische Effizienz aus Sicht von CLARIANT‘, Vortrag, DECHEMA-Veranstaltung, März 2018, Chemiepark Gendorf, Burgkirchen
- [31] J. Koppe, G. Battagello, J. Körner, J. R. Koppe, H. Lausch: ‘Conservation of Pipe Works and Membranes with Energy Efficient Water Treatment’, P-ESEM, Procedia Environmental Science, Engineering and Management 2, Cluj-Napoca, Rumänien, 2015 (4), S. 249 ff.
- [32] J.R. Koppe, P. Guttman, J. Koppe, H. Jentsch, M. Richter, K. List, K. Hagen. T. Meyerhoff: ‚RO-Anlagen - chemiefreie Antifouling Strategie‘, Vortrag, VGB München, 10/2011
- [33] M. Maurer, J. Koppe, K. Hagen: ‚Biofilme abbauen und Legionellen vorbeugen‘, BäderBau 4, Fachschriften-Verlag GmbH & Co. KG, Fellbach, 2013, S. 34

### **Danksagung**

*Besonders danken möchte an dieser Stelle Herrn Dr. Jürgen R. Koppe für die Motivation und den konstruktiven Gedankenaustausch während der Erarbeitung dieses Beitrages. Mein Dank gilt Herrn Dr. Jozef Kochan, Herrn Toon Sanczuk, Herrn Corné van der Westen und Herrn Friedhelm Zorn für den konstruktiv-kritischen Gedankenaustausch im Rahmen der Aufbereitung des Datenmaterials der im Bericht dargestellten Membran- und Filteranlagen. Ein Dank geht ebenso an Frau Dr. Nadja Rastetter für die im Rahmen von INSPIRE WATER gemeinsam erarbeitete Übersicht zur aktuellen Situation auf dem Wassermarkt und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten der katalytischen Wasserbehandlung.*

*Bei Herrn Dr. Lutz Hippe und Herrn Dr. Dieter Schnurpfeil danke ich für die Hinweise im Rahmen des Peer-Review. Das gilt natürlich ebenso für meine Familie, die mir stets den Rücken freihält und zugleich unterstützend motiviert.*

### **Autorenvorstellung**



#### **Jan Koppe**

Jahrgang 1982

- 1988-2000 Grundschule in Schkopau mit Abitur am Domgymnasium Merseburg,  
2000/01 Zivildienst bei Lebenshilfe Merseburg GmbH Wohnheim ‚Haus am Hügel‘,  
ab 2001 Studium der Chemie mit Bachelorarbeit über Vollmetallkatalysatoren im Bereich der Gasphasenkatalyse,  
2008 zusammen mit Dr. Jürgen R. Koppe, Christoph Koppe, Sylvia Koppe und Dr. Hartmut Lausch Erfinder der Lichtinduzierten Katalyse,  
2012-13 Studium des Facility Management (berufsbegleitend), Bachelorarbeit über die Effizienzsteigerung der adiabaten Luftbefeuchtung mit lichtinduzierter Katalyse,  
seit 2014 Prokurist der MOL Katalysatorernte GmbH,  
seit 2019 Leiter Vertrieb International der MOL Katalysatorernte GmbH.

# Merseburgs historische Wasserversorgung

von **Horst Wingrich**

---

*„Das Wasser ist weit fruchtbarer als die Erde.“*

Izaak WALTON (1653)

Über die Entwicklung der Stadt Merseburg und seine Herrscher liegt umfangreiches Quellenmaterial seit über 1000 Jahren vor, da der erste Chronist Bischof THIETMAR in seiner 1012-1018 geschriebenen Chronik bereits ältere Quellen verwendete [1]. Aussagen über die Wasserversorgung sind jedoch erst in der Chronik des Merseburger Bürgermeisters Ernst BROTHOFF von 1557 enthalten [2]. Der hier vorgelegte Text basiert auf dem Buch des Autors ‚Die historische Wasserversorgung von Merseburg‘, das auch weitere Quellen für die genannte Literatur und die Bilder enthält [3].

Die Standorte der heute bekannten historischen Anlagen zur Wasserversorgung sind als Punkte in einem Ausschnitt des Merseburger Stadtplans von 1924 eingetragen (Bild 1) [4] und hier im Text jeweils im Fettdruck (Nummer in Klammern) angegeben.

## **Wasserentnahme aus Flüssen und Quellen**

Hydrologisch gesehen war die Lage dieses schon früh besiedelten Hügels (Bild 2) [5] mit diversen Saalearmen im Osten und den kleinen Flüssen Geisel im Süden und Klia im Westen für die Versorgung mit Trink-, Betriebs- und Löschwasser sehr günstig. MOEBIUS erwähnt 1668 *„die Fürstlichen Fisch-Hälter, in welchen ein Arm von einem Wäßergen fällt, die Clie genannt, so aus dem Gotthards-Teiche herfließet;“* [6a]. OTTO RADEMACHER (1847-1918) vermutet, *„die Klia muß damals wasserreicher gewesen sein. Sie bildete am Hältertor einen Teich, an dem 1661 die Hoffischerei erbaut wurde.“* [7a] Nach GUTBIER (1882-1965) befanden sich an der Klia *„6 Fischhälter, in denen 250 Zentner Fische aufbewahrt werden konnten. Die Hälterstraße hat von ihnen den Namen.“* [8a]

Diese Gewässer dienten auch anderen Gewerben und natürlich der Körperpflege. Schließlich waren im 19./20. Jahrhundert (Jh.) öffentliche Badestellen an der Saale eingerichtet. Hierüber ist im Merseburger Kreiskalender von 1993 nachzulesen. Man kann davon ausgehen, dass die Wasserversorgung aus den Oberflächengewässern über die frühen Jahrhunderte sichergestellt war. Wasser stand außerdem seit alters her in drei noch heute zeitweise sprudelnden Quellen zur Verfügung.

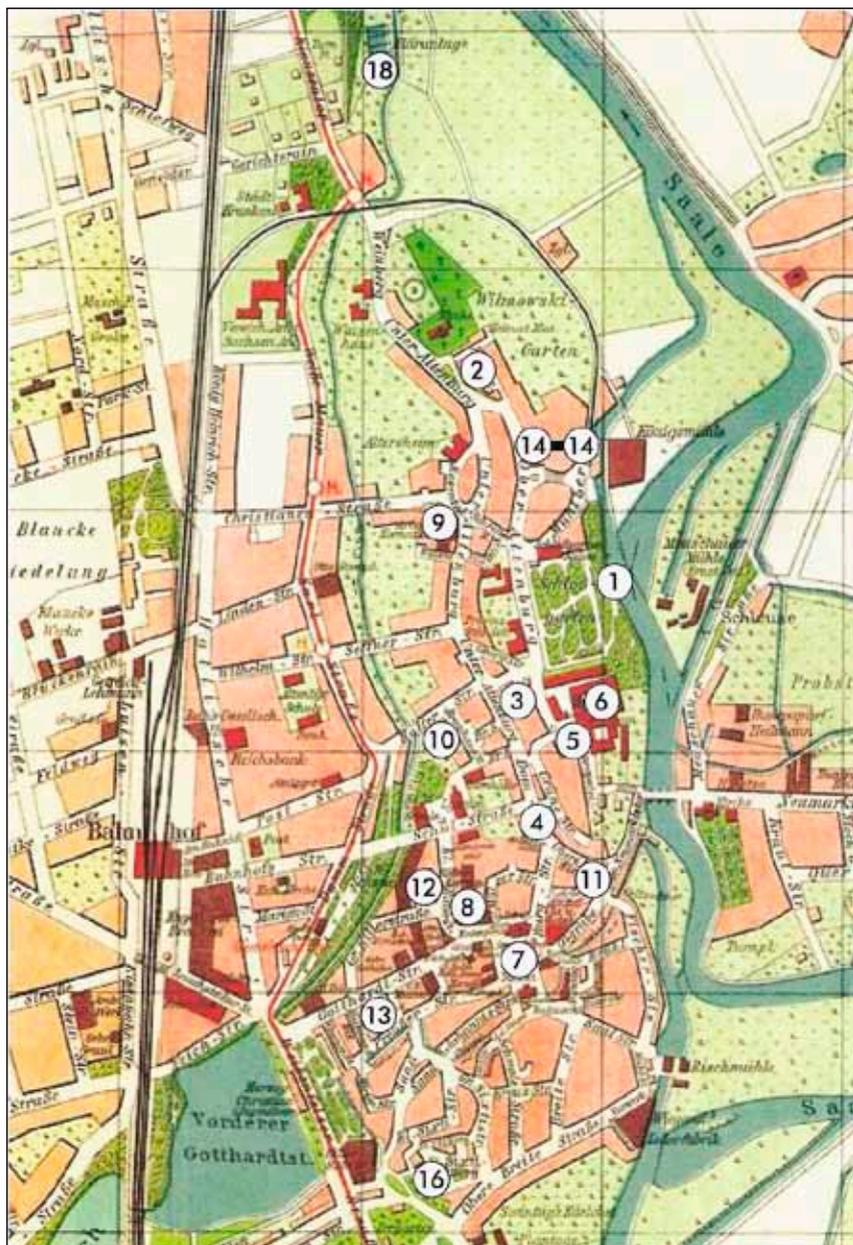
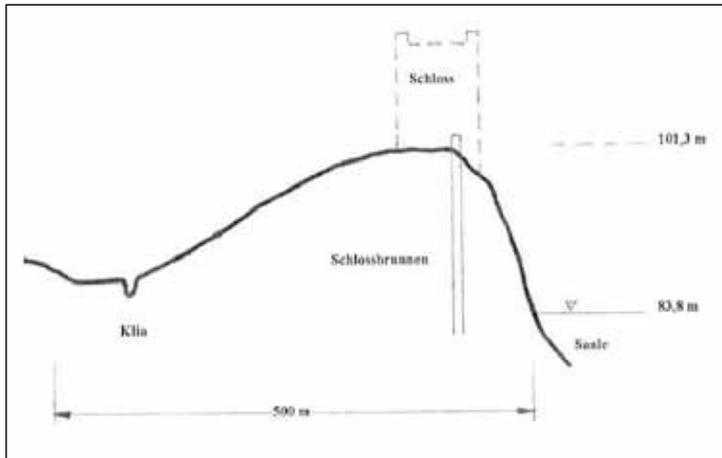


Bild 1 Die historischen Wasserversorgungsstellen Merseburgs (Kennzeichnung der historischen Wasserversorgungsstellen in einem Ausschnitt des Stadtplanes Merseburg von 1924) [3,4]

Bild 2  
Querschnitt  
durch die  
Altstadt von  
Merseburg  
(Längen:  
1:5000,  
Höhen:  
1:500) [6]



Die **Schlossquelle (1)** befindet sich direkt unterhalb des einstigen Wirtschaftshofes des Schlosses. *"Merseburger Schlossquelle sprudelt wieder"* überschrieb die *Mitteldeutsche Zeitung (MZ)* am 28.7.1994 ihren Bericht über die schrittweise Instandsetzung der Quellen am Saaleufer im Rahmen des Ausbaus des Saale-Radwanderwegs durch Mitarbeiter des Merseburger Grünflächenamtes. Die schöne Ansicht der Quellfassung zeigt Bild 3.



Bild 3 Die **Schlossquelle (1)** unterhalb des heutigen Schlossgartens (vgl. Bilder 1 und 2)

Die 1,5 km weiter nördlich im Stadtpark gelegene **Quelle Arnims Ruh** ist dem Merseburger Regierungspräsidenten von 1838 bis 1841 und Gründer des Merseburger Verschönerungsvereins Adolph Heinrich Graf VON ARNIM gewidmet [9]. Bei einem Hangrutsch 1929 wurde die 1878 geschaffene Quelfassung zerstört. 1930 wurde eine neue Fassung nach dem Entwurf des hiesigen Bildhauers Richard KOPP (1879-1961) errichtet. Beide Quellen lagen im üblichen Bereich für Wasserträger in früher Zeit. Weitere 1,5 km nördlich befindet sich im nach dem Stifter des Parks, dem ehemaligen Stadtrat Hugo EICHHORN (1847-1912), benannten Park eine Quelle mit stark eisenhaltigem Wasser. Ob diese, nun **Eichhornquelle** genannte, jemals der Trinkwassernutzung gedient hat, kann wegen der Wasserbeschaffenheit nicht mit Bestimmtheit gesagt werden.

### **Wassergewinnung aus Brunnen**

Brunnen sind Anlagen zur Gewinnung von Grundwasser. Nach den sehr frühen aus Holz gefertigten rechteckigen Kastenbrunnen [10] sind Schachtbrunnen die historisch häufigste Bauart: ein meist runder gemauerter Schacht wird bis zu Wasser führenden Schichten abgeteuft. Das Wasser tritt durch die offene Sohle und/oder seitliche Öffnungen der Brunnenwand ein. Die Förderung des Wassers nach oben geschieht im einfachsten Fall mit einem am Seil hängenden Gefäß. Wir sprechen von Schöpf- und Ziehbrunnen, die im Mittelalter noch sehr oft aus Holz erbaut waren.

Bis ins 16. Jh. war in Mitteleuropa die Nutzung an Oberflächengewässern dominierend. So zeigt die SCHEDELsche Weltchronik von 1493 [11] nur wenige Ziehbrunnen, wie wir sie aus der ungarischen Puszta kennen. Die Holzschnitte der zu LUTHERs Lebenszeit herausgegebenen Bibeln zeigen erste Darstellungen. Die Weiterentwicklung betraf sowohl die Konstruktion qualifizierter Steinbauwerke und der Schöpfgefäße als auch den Antrieb der Seile. Die verschiedensten Becherwerke und mechanischen Hebevorrichtungen wurden entwickelt. „*Die Einführung der wasser- radgetriebenen Kolbenpumpe kam einer technischen Revolution gleich. Sie änderte nachhaltig das Bild der Wasserversorgung in den Städten.*“ [12a]

Zwei Gewerke waren es, die sehr wesentlich zur Verbesserung der Wasserversorgungstechnik beitrugen: der Bergbau und die Brauereien. Im 19. Jh. traten schließlich zunehmend elektrisch angetriebene Kolben- und Kreiselpumpen an die Stelle der mechanischen Antriebe.

Eine weitere Form ist der so genannte Laufbrunnen. Hier wird natürlich oder künstlich aus einer höheren Lage zufließendes Wasser genutzt, um für meist öffentlich betriebene Wasserversorgung ständig bereit zu stehen. Die Laufbrunnen werden im Laufe der Zeit und in Abhängigkeit des Reichtums der Betreiber zunehmend mit künstlerischen Verzierungen gestaltet. Eine Übersicht früher Beispiele in Stadtzentren aufgestellter Laufbrunnen enthält Tabelle 1 [12b]. Außer zur städtischen Versorgung wird diese Bauart für Schmuckbrunnen genutzt, oft als Springbrunnen, wie sie in vielen Ländern die Städte und Parkanlagen noch heute zieren.

Tabelle 1 Übersicht früher Beispiele von in Stadtzentren aufgestellter Laufbrunnen (nach HOFFMANN) [12b]

Jahr der Fertigstellung	Name der Stadt	Bezeichnung des Brunnens	Lage des Brunnens
vor 1250	Goslar	Marktbrunnen	Markt
vor 1265	Basel	Leonhardsbrunnen	Nähe Barfüßerplatz
vor 1318	Freiburg im Breisgau	Rathausbrunnen	Rathausplatz
1370	Hamburg	Catharinenbrunnen	Katharinenstraße
1396	Nürnberg	Schöner Brunnen	Hauptmarkt
1408	Braunschweig	Schöner Brunnen	Altstadtmarkt
vor 1421	Zürich	Justitiabrunnen	Kirchgasse
1444	Kiel	Marktbrunnen	Markt
1478	Dresden	Marktbrunnen	Altmarkt
1488	Salzburg	Florianibrunnen	Markt
1496	Leipzig	Goldener Brunnen	Hauptmarkt

## Klosterbrunnen

In der Chronik von BROTUFF gibt es an drei Stellen die Erwähnung von Brunnen: „das alte Schloß vnd Castellum zu Marßburg ist / ...daruon noch ein alt Haus vnd etliche alte Ruinae, vnd ein schöner Cziheborn vorhanden/...“ [2a] sowie „Nach eröberung der angezeigten Aldenburg / hat Drusus auff demselbigen Berge /gegen Mittage ... /ein Castellum, ...Marßburg genant / zu bawen angefangen / welche Burg noch heutigen tages den namen behelt / vnd seynd allda noch die Hofestad / sammt einem alten Hause / welches Käyser Heinrich der erste / von newen widerumb renouiret vnd auffgebawet / deßgleichen ein tieffer Ziheborn / vnd etliche alte räume verhanden.“ [2b]

Als Standort dieses Brunnens wird das südliche Ende des Burgbergs im Bereich der ehemaligen Curia Martini angenommen [13]. Hier könnten nur umfangreiche Grabungen Genaueres ergeben.

In der Altenburg stand das 1091 an der Stelle einer früheren kirchlichen Anlage gestiftete Benediktinerkloster St. Petri und Pauli. Der Abt Caspar VON GRÖST hat den **Klosterbrunnen (2)** als „*tieffen Ziheborn im Viehhoffe vor der Aptey gebawet.*“ [2c]. In allen vorhandenen Stadtplänen des 18. und 19. Jh. ist dieser Klosterbrunnen eingezeichnet. Schließlich berichtet SCHMEKEL: „*da in neuerer Zeit dieser Brunnen bei dem Exercieren des Militärs im Wege war, so wurde er im Sommer 1852 überwölbt.*“ [14] Nach RADEMACHER wurde er als Ziehbrunnen etwa 1418 hergestellt: „*Er war 13 m tief und ist erst vor c. 50 Jahren zugedeckt. Wir kennen den Ort noch.*“ [15] In Bauplanunterlagen ab 1900 kommt er nicht mehr vor. Er ist also der älteste belegte Brunnen auf dem Burgberg und wurde über 400 Jahre genutzt. Man kann davon ausgehen, dass er zumindest teilweise im Untergrund der heutigen Straße ‚Kloster‘ etwa 7 m vor dem ehemaligen Winterrempel noch vorhanden ist.

## Kurienbrunnen

Mit dem Bau der Kuriengebäude durch die wohlhabender werdenden Domherren entstanden ab dem 12. Jh. Brunnen mit Trögen in ihren Höfen. Aus dem Lagerbuch des Domkapitels geht hervor, dass Ende des 19. Jh. von 13 dort aufgeführten Kurien noch in folgenden fünf Höfen Brunnen existierten: Curia Praepositurae, C. Martini, C. Sigismundi, C. Simonis et Judae, C. Procuraturae [8b]. Sie wurden genutzt, obwohl diese Kurien seit langem über die weiter unten beschriebene Wasserleitung versorgt wurden. Die Reste zweier solcher Kurienbrunnen sind noch zu besichtigen.

Der **Brunnen (3)** im so genannten Langen Hofe der ehemaligen Curia Praepositurae St. Sixti war spätestens seit dem 17. Jh. vorhanden, denn im Jahre 1640 beklagte sich der Inhaber VON MILTITZ, Dompropst zu Meißen, über seinen Mieter, „*er habe Vieh im Hause gehalten, aus dem schönen Gewölbe auf dem Hofe ein Dreckhaus gemacht, ... den schönen Brunnen mit greulichem Wust gefüllt, daß darum ein großer Gestank entsteht.*“ [16a] Er ist im Lageplan vom 22.7.1878 [17a] eingetragen und wurde von der am 7.11.1881 eingeweihten Turnhalle des neuen Domgymnasiums überbaut. 1910 wurde seine Weiternutzung überprüft und schließlich empfohlen, ihn stillzulegen. Wiederentdeckt wurde der Brunnen bei der Sanierung der Turnhalle 1995 [18]. Das Sandsteinmauerwerk im oberen Teil ist neu ausgefügt. Der Durchmesser beträgt oben 2,05 m. Der Brunnen hat eine Gesamttiefe ab Oberkante Turnhallenfußboden von 16,70 m. Am 21. September 2007 wurde ein Wasserstand von 2,70 m gemessen. Die Feuerwehr hat ihn gesichert, dank einer Panzerglasplatte im Boden des Turnhallenvorraumes und einer Innenbeleuchtung kann er besichtigt werden.

Der zweite Brunnen dieser Art befindet sich in der Domstraße am Durchgang zur Grünen Straße zwischen den ehemaligen Vikarienhäusern Curia vicariae trium regum und Curia Philippi et Jacobi. Seine Bekanntheit verdankt er einem außergewöhnlichen Ereignis: *„Merseburg, den 6. December 1757: Als acto Nachmittags um 4 Uhr der Zimmermann und Brunnenmacher ... Johann Christoph Dannewitz, ein anderes Ventil in den Capitulsbrunnen, in der grünen Gasse allhier bringen wollte, vermerkte er, ..., inwendig oben im Brunnen einen Huth und davor hinunter in Sohlen ... einen todten Menschen im Wasser; Er referierte solchen Umstand sogleich hiesigem Domfreyheitsgerichten und daß er davor halte, der im Brunnen liegende Körper müße ein Soldat gewesen seyn, denn der Huth und weiße Rock ... Waßer gebe zu solcher Muthmaßung Anlaß. ...“* [8c]

Die Entdeckung geschah einen Monat nach der von Preußen unter König Friedrich II. gewonnenen Schlacht bei Roßbach, in deren Folge viele Kriegsgefangene auch in Merseburg untergebracht waren. Nach Besichtigung und Obduktion wurde festgestellt, dass es sich bei dem Toten um den französischen Leutnant D'ARIVELLE vom Regiment Piemont handelte [17b]. Der Brunnen wurde schließlich sechs Stunden lang ausgepumpt, mit zwei Dresdner Maß Salz desinfiziert und anschließend wieder für die öffentliche Nutzung freigegeben. 1928 ist die nicht sehr attraktive Ansicht am unteren Zugang durch ein vom Merseburger Verschönerungsverein gestiftetes Kunstwerk für den historisch gewordenen Begriff **Fanzosenbrunnen (4)** mit dem toten französischen Offizier neben dem Merseburger Raben (Bild 4) neu gestaltet worden [17c].

Bild 4  
Der **Fanzosenbrunnen (4)**  
in der Merseburger Domstraße

Zu dieser Zeit existierten die hölzernen Steigrohre im aus Bruchsteinen gemauerten Schacht mit 1,90 m Innendurchmesser noch, allerdings nicht mehr in gebrauchsfähigem Zustand. Seine Tiefe unter der Straßenoberkante betrug 9,80 m einschließlich eines Wasserstands von 0,80 m. Der Brunnen ist danach mit Erde verfüllt wor-



den. Quellen über seine Verwendung finden wir seit 1733 in Berichten zu Reparaturen und dem Nachweis der Häuser, die sich anteilig an den Unterhaltungskosten beteiligen mussten, obwohl er die hier befindlichen Kurien wahrscheinlich seit Jahrhunderten vorher versorgte. Die Treppe zwischen den beiden Häusern „und die Wasserpumpe an ihrem Fuße sind vom Kapitel 1741 angelegt [worden], damit bei Feuersgefahr in der Burgstraße Wasser wäre. Die benachbarten Häuser mußten jährlich 13 Pf. Brunnen-geld bezahlen.“ [16b]

## Dombrunnen

Auf dem Platz vor dem Dom (Bild 5) steht unter zwei fast 200-jährigen Platanen der **Dombrunnen (5)**. Wir lesen wieder bei BROTUFF: „auch ist umb das jar Christi 1515 der tieffe Ziheborn bey der Thumbkirchen vor dem Creutzgang durch das Capitel gebawet worden. Es fiel ein Mäwerer oder Arbeiter darinnen Anno Christi 1514 zu tode / das habe ich gesehen.“ [2d]

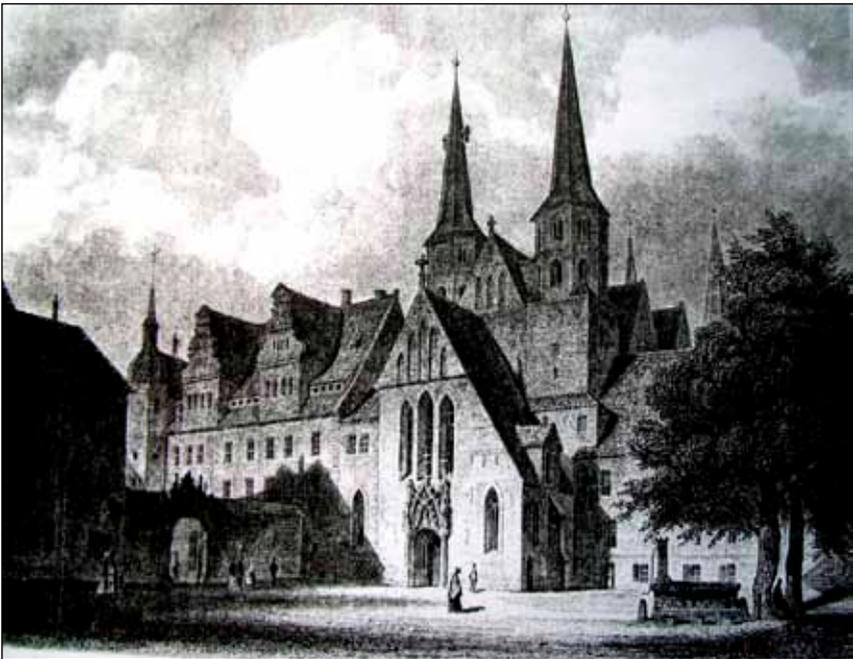


Bild 5 Der Domplatz mit Dom und **Dombrunnen (5)** (Lithografie von 1834)

Der **Dombrunnen (5)** stand vor dem 1575 auf der alten Domschule errichteten Stiftsgymnasium. Dieses wurde 1882/83 zugunsten des am 18. Oktober 1880 eingeweihten

Gymnasiums abgerissen. Der Brunnen war bis 1763 mit einem Haus umgeben, nun wurde er mit einer Sandstein-Einfassung versehen und einer hölzernen Decke belegt [19]. Er war 22 m tief, hatte einen Wasserstand von 2,00 m und besaß einen hölzernen Pumpenstock mit Pumpenschwengel, wie in Bild 5 zu sehen ist. Dazu KLINGELSTEIN 1889: *„Im Jahre 1883 ist der Dombrunnen mit einem neuen eisernen Pumpwerk versehen worden, welches mit den Nebenarbeiten 1036 M und 90 Pfg. gekostet hat. Die steinerne Einfassung des Brunnens ist gleichzeitig mit hergestellt und hat einen Kostenaufwand von 436 M und 04 Pfg. verursacht.“* [8b] Später wurde im Lagerbuch eingetragen: *„Das Schwungrad ist wegen des Unfugs, der daran getrieben wird, abgenommen worden und wird in der Baukammer aufbewahrt [ist dort allerdings nicht mehr vorhanden] ... Die hölzerne Brunnendecke ist im Jahre 1925 zur größeren Sicherheit durch eine Betondecke ersetzt worden.“* [8b]

Der Brunnenschacht hat einen Innendurchmesser von 2,60 m und ist mit einer 0,20 m starken Betonplatte abgedeckt. Ende der 1920er Jahre wurde um die Verschönerung dieses Brunnens gerungen. Die Neugestaltung des Brunnenabschlusses erfolgte anlässlich der 1000-Jahr-Feier der Gründung Merseburgs 1933. Die neue Dombrunnenkrone wurde neben dem König-Heinrich-Denkmal von Paul JUCKOFF (1874-1936) als schönster, bleibender Gewinn der Jahrtausendfeier für das Stadtbild Merseburgs gefeiert [19]. Die heutige Gestalt erhielt der Brunnen mit der Restaurierung der Schmuckelemente und Vergoldung des Kreuzes im Jahre 1992 (Bild 6).

Neuerdings wird darüber beraten, diesen Brunnen zu reaktivieren und ihn evtl. als Schmuckbrunnen zum belebenden Element des Domplatzes zu gestalten. Die dazu erfolgte Öffnung am 19.11.2019 zeigte einen sehr guten Erhaltungszustand des Brunnenschachtes.

### Schlossbrunnen

Der zweite ursprünglich überdachte Brunnen befindet sich in der Südostecke des Schlosshofes. Dieser **Schlossbrunnen (6)** wurde bei der durch Melchior BRENNER geleiteten Schlosserneuerung 1605 bis 1608 (wahrscheinlich anstelle eines älteren Brunnens) erbaut. Über der runden Einfassung des Renaissancebrunnens bilden durch Bögen verbundene Säulen einen dreieckigen Aufbau. Die Vollkommenheit soll in der Trinität demonstriert werden.



Bild 6 Der **Dombrunnen (5)** heute auf dem Merseburger Domplatz

Auf dem kräftigen Gesims ‚bewegt‘ sich eine barocke Freifigurengruppe: drei Seeferde springen über die Säulenkanten, dazwischen befinden sich drei Wappenkartuschen und darüber thront Neptun, der dem Brunnen seinen volkstümlichen Namen gab. Der Brunnen war als Schöpfbrunnen aus Sandstein mit einem Innendurchmesser von 2,40 m errichtet worden. Seine Tiefe beträgt heute 18,15 m vom Brunnenrand.



Dieser liegt 1,25 m über dem Schlosshofpflaster. Am Brunnengrund befindet sich eine geringe Schlammschicht. Ähnlich dem Dombrunnen wurde der Schwengel später durch ein Schwungrad ersetzt und schließlich mit einem Stahlgitter abgedeckt. Durch die 2018 erfolgte Wiederrichtung des im Krieg zerstörten balkonartigen Übergangs vom Schloss zum Dom ist auch der schon von Adolph MENZEL (1815-1905) im Jahre 1888 gezeichnete romantische Winkel im Schlosshof wieder entstanden (Bild 7).

Bild 7  
Der **Schlossbrunnen (6)**  
im Innenhof des Merseburger Schlosses

## Öffentliche Brunnen

Im gesamten Burg- und Stadtbereich von Merseburg war seit dem Mittelalter eine größere Zahl von Brunnen zur öffentlichen Nutzung vorhanden. Historisch belegt ist ihre Vielzahl durch Ausführungen bei VULPIUS [20], in dem er vom Winter 1599/1600 berichtet, dass *„von Advent an biß 1600. Reminiscere ist die Kälte so groß gewesen, das fast alle Brunnen ausgefroren/“* und in den Sommern 1590, 1616 und 1631 *„viel Brunnen und Teiche versiegten / die Saale so klein gewesen / dass man hin und wieder durchwaten können.“* [20a]

Die öffentlichen Brunnen erfreuten sich einer sorgfältigen Überwachung und Instandhaltung. Seit der preußischen Zeit sind genaue Verzeichnisse der technischen Ausrüstung dieser Brunnen aktenkundig. Die 1860 existierenden öffentlichen Brunnen zeigt die Übersicht in Bild 8 [17d]. Für die Brunnen 1 bis 26 sind ihre Einbauten (Ausrüstung) im Einzelnen genau aufgelistet. Alle diese Brunnen waren mit Pumpenstangen und Schwengel ausgestattet, sie hatten einen Brunnenkranz aus Sandstein- oder Bruchsteinmauerwerk. In den Magistratsakten sind weitere Verzeichnisse im Zusammenhang mit Verträgen über die technische Wartung und evtl. Stilllegungen der Brunnen enthalten. Die Nutzung der öffentlichen Brunnen war natürlich nicht kostenlos. In der Regel gehörte für jeden Grundstücksbesitzer ein Groschen Borngeld zu den jährlichen Abgaben. Zur Wasserbeschaffenheit sind keine Aufzeichnungen bekannt.

## Marktbrunnen

Der **Marktbrunnen** (7) als einziger im äußeren Erscheinungsbild der Stadt noch vorhandene öffentliche Brunnen befindet sich auf dem im Stadtkern gelegenen Marktplatz (Bild 9). Nach VULPIUS *„ist der Staupeborn A. 1545 auff dem Marckte zu Märseburg mit den steinern Seulen und der darbey stehenden Staupseule gebauet / da der erste / welcher von wegen Ehebruchs daran gestanden und A. 1546. den 10. Julii zur Staupe geschlagen worden / ist ein Todtengräber / Nahmens Augustin Hermann gewest / deßwegen hat Staupe hernachmahls den Nahmen bekommen / daß man sie Hermans Seule genennet. A. 1681 ist dieser Brunnen oben erneuert worden.“* [20b] Das Lexikon von 1841 führt aus: *„Staupenschlag war eine mit der Landesverweisung verbundene entehrende Strafe. Der Verbrecher wurde nämlich öffentlich von dem Henker ausgeführt, und an bestimmten Plätzen, an eigens zur Abhaltung dieser Exekution errichteten Säulen, Staupsäulen genannt, ausgepeitscht.“* [21]

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 1  | Der Brunnen am Sixtithore                         |  |
| 2  | Der Brunnen auf dem Sixtberg                      |  |
| 3  | Der Bettlerbrunnen auf dem Sande                  |  |
| 4  | Der Mälzerbrunnen auf dem Sande                   |  |
| 5  | Der Mälzerbrunnen in der Schmalengasse            |  |
| 6  | Der Brunnen in der Breitengasse                   |  |
| 7  | Der Brunnen in der Hütergasse                     |  |
| 8  | Der Brunnen in der Todtengräbergasse              |  |
| 9  | Der Brunnen am Schlachthofe                       |  |
| 10 | Der Brunnen auf dem Brühle                        |  |
| 11 | Der Marktbrunnen                                  |  |
| 12 | Der Brunnen auf dem Entenplane                    |  |
| 13 | Der Brunnen in der Rittergasse                    |  |
| 14 | Der Brunnen in der Mälzergasse                    |  |
| 15 | Der Brunnen auf dem Rathshofe                     |  |
| 16 | Der Brunnen auf dem tiefen Keller                 |  |
| 17 | Der Brunnen vor dem Hause des Kaufmanns Seidel    |  |
| 18 | Der Brunnen in der Oberaltenburg                  |  |
| 19 | Der Kirchbrunnen in der Altenburg                 |  |
| 20 | Der Brunnen vor dem Hause des Kaufmanns Teichmann |  |
| 21 | Der Brunnen vor dem Ritter                        |  |
| 22 | Der Brunnen in der Dammgasse                      |  |
| 23 | Der Brunnen vor der Neumarkts-Schule              |  |
| 24 | Der Brunnen vor dem Hause No. 933                 |  |
| 25 | Der Brunnen vor dem Hause Nr. 927                 |  |
| 26 | Der Brunnen vor dem Hause Nr. 918                 |  |
| 27 | Der Brunnen an der Stadtschule                    | ist nicht gangbar und ohne Inventar  |
| 28 | Der Brunnen am neuen Rathhause                    | dsgl.  |
| 29 | Der Brunnen am Hause Nr. 300                      | dsgl.  |
| 30 | Der Toepferbrunnen                                | ist eingegangen und das Inventarium dem<br>Zimmermeister Hetzer überlassen |

Daß vorstehendes Inventarium nach einer am 26<sup>ten</sup> Juni d. J. stattgefundenen Revision der sämtlichen Communal-Brunnen aufgestellt ist und der augenblickliche Bestand desselben so, wie hier angegeben, sich vorgefunden, bescheinigt

Merseburg, den 1<sup>ten</sup> Julio 1860

Die Deputation für Überwachung der ordentlichen Zustandhaltung der öffentlichen Brunnen der Commune Merseburg.

gez. Sobbe                      Mascher                      Schönberger

Die Richtigkeit des vorstehenden Inventariums wird hierdurch anerkannt

Merseburg am 12<sup>ten</sup> October 1860

gez. (Unterschrift)

Auf der seit der Erneuerung 1861 runden Fassung aus rotem Sandstein (Brüstungshöhe 1,05 m, Wanddicke 0,25 m) des einstmals etwa 6 m tiefen Brunnens mit einem Innendurchmesser von 2,10 m wurden sechs toskanische Säulen mit einem oberen Ring errichtet, auf dem drei Gesichter und drei Früchte den Betrachter erfreuen (Bild 9). Sechs palmettengeschmückte Bögen bilden einen kuppelförmigen Abschluss. Darauf steht eine rolandartige Figur mit dem Stadtwappenschild und einer Hellebarde, vom Volksmund Marktbrunnemännchen genannt und 2018 im Auftrag des Merseburger Altstadtvereins völlig erneuert. Der Brunnen wurde noch bis in die 1930er Jahre mit einer Schwengelpumpe insbesondere an Markttagen genutzt. Später wurde der eigentliche Brunnen abgedeckt, neuere Sanierungen erfolgten 1968, 1996 und 2018.



Bild 9  
Der Marktbrunnen (7)

### Weitere öffentliche Brunnen

Der an der ehemaligen Ecke Entenplan/Kleine Ritterstraße stehende öffentliche Brunnen schmückt eine alte Stadtansicht [8d]. GUTBIER erwähnt noch den **Brunnen am ‚Windberger Maltzhause‘** beim Rossmarkt. Er stand vor der im 2. Weltkrieg zerstörten Berufsschule. „Die Aufsicht über ihn und die dabei befindlichen ‚Sturmfässer‘ - für Feuersgefahr angeschafft - führten um 1750 Johann Fischer (Rossmarkt 23) und Gregor Wagner (Rossmarkt 19).“ [8d] Derartige Festlegungen resultierten aus der ‚Neurevidierten Feuerordnung‘ des Jahres 1698, die mit 70 Seiten recht detaillierte Anweisungen enthielt.

Wie die Situation bei vielen Bürgern bis 1890 im Alltag aussah, schildert ein Bericht unter der Überschrift ‚Gute alte Zeit?‘: ... *Da stand die Wasserbank hübsch frostgeschützt an einer Küchenwand mit ihren beiden Wassereimern und dem Ständer darauf, dessen Innenseite mit Weißblech ausgeschlagen war. Daneben lehnte das Wasserholz, das man auf Schultern und Nacken legte, um an Stricken oder Ketten die gefüllten Eimer in gewichtigem, gleichmäßigem Schritt vom Brunnen zu holen. ... Jeder Platz hatte seinen Wasserspender, manch Plumpe stand fast mitten im engen Fahrdamm. Jeder Brunnen hatte seine eigene Geschichte, seinen eigenen Charakter, seine eigenen Vorzüge und Mucken. Es gab besonders tiefe und flache, mit Eisen- oder mit Holzrohr, mit bitterem, hartem oder weichem Wasser. Wer Linsen kochen wollte, mußte schon bis zum Mälzerbrunnen gehen. ... Auch das Wasser der Brunnen in Geisel- oder Klianähe war nicht immer einwandfrei. Die modernen kleinen Eisenrohre wirkten recht nachteilig auf den Geschmack des Wassers. Die guten großen alten Holzpumpen spendeten entschieden das köstlichste Naß. Natürlich mußte jede Plumpe besonders behandelt werden. Die eine ließ sich erst lange nötigen und erforderte anstrengende Arbeit, ehe sie ihr Wasser hergab. Die andere aber sprudelte beim ersten Schwengeldrücken unvermutet ihr liebes Gut über die Schuhe und Strümpfe hinweg. Zu starke Benutzung brachte trübes Wasser. Wer sich aber vernachlässigt fühlte, versiegte. Brunnenrecht, Brunnenbenutzung und vor allem Brunnenerhaltung waren oft recht strittige Punkte und machten böses Blut in der Nachbarschaft. Im Winter hatten alle Rohre ein dickes Strohkleid an. Ringsherum aber, in weitem Kreise, baute sich bei strengem Frost ein Gletscher auf, ...“ [17e]*

Der Verfasser geht dann auf den Vorteil derer ein, die an den städtischen Flösschen wohnten und dort auch in Trockenzeiten ihre Wäsche waschen konnten. Aber „*alle Anwohner und auch Leute aus entfernteren Gegenden hielten es nämlich für ihr gutes Recht, in die Bäche alles hinein zu werfen, ... überzählige Kätzlein, krepierete Hunde und Ferkel, alte Töpfe und allerlei Schutt und Asche. Natürlich gab es auch Ratten in großer Menge, hieß doch sogar ein Haus an der Klia ‚die Rattenburg‘. Uebler noch aber waren die Abfälle aus den bewußten, kleinen Vogelbauern, mit darunter liegender Kanalspülung, die man an allen Häusern, von der Geiselbrücke am Brühl aus besonders gut beobachten konnte ... Und neben diesen Käfigen führten aus jedem Haus durch eine kleine Hinterpforte ein paar Stufen ins Wasser hinein auf einen Steg, von dem aus die weiße Wäsche gespült wurde!“ [17e]*

Diese Zustände wurden im 20. Jh. überwunden. Öffentliche Trinkwasserbrunnen sind neuerdings nach dem Muster südlicher Länder wieder in neuer Art modern geworden. Tatsächlich handelt es sich hierbei um an die städtische Trinkwasserleitung angeschlossene Entnahmestellen.

## Hausbrunnen

Außer den öffentlichen Brunnen wurden im Mittelalter und in der Neuzeit je nach Vermögen der Bürger auch Brunnen in den Höfen der städtischen Grundstücke errichtet. Man kann davon ausgehen, dass für die meisten Grundstücke bzw. für jeweils zwei Grundstücke gemeinsam ein Brunnen existierte. Die so entstandenen vielen **Hausbrunnen (9)** bis **(13)** sind dank der zentralen Wasserversorgung ab Ende des 19. Jh. immer weniger genutzt worden. Der Nutzen der noch vorhandenen Brunnen zeigte sich im Dezember 1944, als nach den Bombardements auf Merseburg auch die öffentliche Wasserversorgung immer wieder zusammenbrach. Infolge der großen Zerstörungen der Stadt im 2. Weltkrieg und der umfassenden Neubebauung ab den 1960er Jahren sind die Hausbrunnen heute nur noch bei Tiefbauarbeiten oder gezielten archäologischen Grabungen zu finden, wovon folgende Beispiele zeugen.

Der **Hausbrunnen (9)** im Hof des Grundstücks Unteraltenburg 24 wurde nach der Anfang 1999 erfolgten Grabung verfüllt [22a]. Sein Grundriss ist heute nur durch die andere Betonfarbe in der Hofbefestigung zu erkennen. In der alten Handelsstadt dienten viele, z.T. mehrgeschossige Kelleranlagen, zur Lagerung von Handelsgütern. SCHAUER berichtet 1967: *„Der Rückgang des Weinbaus infolge des Temperaturrückgangs um 1550 ... brachte der Bierbrauerei im 16. Jahrhundert einen großen Aufschwung.“* [23]

Der **Brunnen (11)** unter dem Gasthaus ‚Zum Güldenen Ring‘ wurde 2007 bei Untersuchungen in dem großen Kellerbereich des so genannten Tiefen Keller in der dritten Kellerebene wieder gefunden [24]. Ein weiterer Brunnen wurde 2015 (jetzt oberirdisch) historisch nachgebildet. Sehr gut ist der **Brunnenfund (12)** auf dem Grundstück Große/Ecke Kleine Ritterstraße von Matthias BECKER dokumentiert [25]. Der **Brunnen (13)** im Hof Gotthardstraße 28 (neben dem Stännergässchen) wurde bei der Sanierung des Gebäudes entdeckt und könnte mit dem nach der Inschrift 1499 errichteten Wohngebäude entstanden sein. Der heutige rekonstruierte Brunnen befindet sich in der Hausecke des als Biergarten genutzten Hofes eines Restaurants, wo er aber nur noch der Freiraumgestaltung dient. Er hat einen Innendurchmesser von 0,85 m und

eine Tiefe vom Brunnenrand von 3,90 m, dieser liegt 0,75 m über dem Geländeniveau. Der Wasserstand ist gering, er betrug am 24. Juni 2010 nur 0,10 m.

Schließlich sei kurz auf die Gegenseite, nämlich die **Abwasserentsorgung**, eingegangen. RADEMACHER hat die vor 100 Jahren noch ermittelbaren Informationen „über die einzelnen Häuser und Grundstücke der Domfreiheit“ zusammengestellt [16c]. Dabei erwähnt er Anfang des 14. Jh. existierende Häuser mit in der Literatur seltenen Hinweisen auf in die Saale abfließende Abwässer und ein südlich des Hauses Dompropstei 5 befindliches Spritzenhaus des Domkapitels. Auch Beispiele für Abfallgruben werden angeführt.

## **Wasserversorgung mit der Wasserkunst**

Die städtische Versorgung aus Quellen, Flüssen und Brunnen war mit großen Mühen verbunden und genügte den Anforderungen im 16. Jh. nicht mehr. Während die SCHEDELSche Weltchronik von 1493 nur auf einem Blatt Wasserräder als Antrieb zeigt [11], setzte in der Renaissance eine stürmische Entwicklung der Maschinen bzw. der Künste ein, wie man damals dazu sagte. Diese Künste wurden dringend zur Förderung von Materialien und Wasser im Bergbau, für die Deckung des Bedarfs an Lös- und Brauwasser der wachsenden Städte und schließlich für den Luxusbedarf zur Erzeugung künstlicher Fontänen und Wasserspiele benötigt. Die entstehenden Wasserkünste als Einheit aus Wasserförderanlage, Speicherbehälter und Leitungssystem bestanden zunächst aus Holz, sowohl für die Hebemaschinen, als auch Gebäude, Wasserbottiche und Rohrleitungen. Letztere stellte man aus ausgehöhlten Baumstämmen (sehr häufig Kiefer) her. Erstmals seit der Antike finden wir hierzu wieder umfangreiche Veröffentlichungen. Natürlich blieben die Brunnen weiter in Benutzung, sowohl für ärmere Bürger als auch zur Sicherheit bei plötzlich auftretendem erhöhtem Bedarf, z. B. im Brandfall.

## **Die Wasserkunst**

*„Die Waßer Kunst in der Altenburg, ohne welche das Schloß nebst dem Dome kein Röhr-Waßer haben würde, ist bey dem Stifts-Tage de ao: 1573 in Erinnerung gebracht, von dem Ober Bergmeister zu Freyberg, Martin Planer, ein Vorschlag gefertigt, auch von dem Dom Capitul die Helfte der Bau- und Erhaltungs-Kosten übernommen, so dann auch Churfürst Augusti A. d. 13. Jan. 1577 ertheiltes Rescript, der Bau selbst durch ermeldeten Ober Bergmeister Planer geführt, die Helfte der Kosten von dem Dom Capitul, die andere aber von dem Amte Merseburg getragen, auch der*

*Röhrmeister anfänglich von dem Dom Capitul bestellet, und vermöge eines sub A: Petri Pauli 1609 dem Kunstmeister Peter Hammern ausgefertigten Bestallungs-Briefes, demselben wöchentlich 27 gr zum Lohn gereicht, ...“* So beginnt ein zusammenfassender Bericht in den *„Nachrichten wegen der hiesigen Fürstl. Waßer-Kunst und Röhrengelage auch was vor Häuser aufm Dome und in der Altenburg daran participiren, a. 1715/1789“* [26a].

Zu ergänzen ist, dass die Bauausführung erst 1593-95 erfolgte und die **Wasserkunst (14)** aus zwei Holztürmen bestand. Am unteren Turm wurde der Mühlgraben der Königsmühle nach dem großen, heute noch bestehenden Saalewehr genutzt. Von diesem Mühlgraben wurde das Wasser, angetrieben durch ein Wasserrad, über ein *„hölzernes Ziehwerk“* in ein im oberen Turm befindliches hölzernes Wasserbecken geleitet. Die beiden Holzgebäude sind in der bekannten Merseburger Stadtansicht von DILICH (1629) zu erkennen [27]. Leider sind uns keine Bilder und andere Informationen zur ursprünglichen Wassergewinnungs- und -förderanlage der Merseburger Wasserkunst überliefert.

Die Wasserkunst wurde mit großem Aufwand zum Gefallen der Nutzer betrieben. Widerwärtigkeiten gab es sowohl durch die nicht einfache Unterhaltung, immer wieder auftretende Brände als auch Streit der Betreiber [8e, 26a]. Die 1662 abgebrannte Wasserkunst wurde unter Herzog CHRISTIAN I. von Sachsen-Merseburg wieder aufgebaut und 1677 mit einer Hauptreparatur verbessert [26a]. Er löste auch die Streitigkeiten wegen der hälftigen Unterhaltung und verpflichtete sich in der Urkunde vom 12. Juli 1690 gegen vier Gulden Jahreskosten auch den Anteil des Domkapitels zu übernehmen [8e].

Schließlich ließ Herzog Heinrich 1735-38 unter Leitung des seit 1712 mit verschiedenen Bauten und Ausbauten des herzoglichen Schlosses beschäftigten kursächsischen Landbaumeisters Johann Michael HOPPENHAUPT (1685-1751) *„die Gebäude der Obern- und Untern-Wasserkunst mit großen Kosten“* neu in Stein errichten und *„das Waßer, statt des ehemaligen Gestänges, durch ein doppeltes Druckwerk mit Meßingenen Stiefeln in bleyernen Röhren auf den Berg, in ein großes eichenes Reservoir“* fördern [26a].

Die äußere Hülle der **Oberen Wasserkunst** ist noch heute ein architektonisches Kleinod (Bild 10). Dem Inventarium vom 12.9.1840 sind die Gebäudeabmessungen zu

entnehmen [28a]. Der Oberkunstturm hat einen Grundriss von 28 Fuß und 10 Zoll, d.h. 9,04 m im Quadrat und eine Traufhöhe von 34 Fuß  $\approx$  10,67 m. Er ist „aus Sandsteinquadern in Kalk erbauet“, hatte ein schiefergedecktes Dach und eine Spitze von  $18\frac{1}{2}$  Fuß  $\approx$  5,81 m, worauf sich ein steinerner Schornsteinaufsatz befand. Die Außenwanddicken betragen im Erdgeschoss 0,89 m, im ersten Obergeschoss 0,84 m und im zweiten Obergeschoss 0,73 m. In 5,45 m über Oberkante Erdgeschoss-Fußboden befand sich der Wasserbehälter. Ursprünglich ein Holzbottich, war er im 19. Jh. aus Stahl und



schließlich aus Beton und fasste nach Berechnung des Verfassers etwa 20 m<sup>3</sup>. Nach verschiedenen Teilnutzungen ist 2005 eine komplette Umgestaltung der Innenräume erfolgt, um das Gebäude als Wohnhaus für private Besitzer zu nutzen.

Bild 10  
Die **Obere Wasserkunst (14)**

Das Gebäude der **Unteren Wasserkunst** ist  $30\frac{1}{2}$  Fuß lang,  $21\frac{1}{2}$  Fuß tief, hatte also eine Grundfläche von 9,57 m x 6,75 m. Die Höhe von Oberkante Terrain bis Unterseite Gesims betrug  $33\frac{1}{4}$  Fuß (10,44 m). Es hatte 3 Etagen, „in beiden ersten Etagen aus Bruchsteinmauerwerk in Kalk und in der dritten ausgemauert“ [28a]. Die Wand-

dicken betruhen nach oben abnehmend von 0,89 m bis 0,42 m. Das Mansardendach war mit Ziegeln versehen. Am 12.5.1905 wurde durch die Fa. Herrich & Co. Merseburg eine Francis-Turbinenanlage in die Königliche Schlosswasserkunst eingebaut. Für den Hochwasserfall diente ein zusätzlicher Rohölmotor. Für die jetzt entstandene Anlage zur Entnahme und Förderung des Saalewassers in der Unteren Wasserkunst sind die Betriebs-Vorschriften noch in den Akten vorhanden [28b-d]. Beanstandungen und Reparaturen begleiteten auch den Betrieb der neuen Technik. Schließlich hatte sich die Beschaffenheit des Saalewassers so verschlechtert, dass Bemühungen um eine Verbesserung am 12.8.1916 zur Genehmigung des königlichen Regierungspräsidenten von Merseburg für den Einbau einer Filteranlage führten [28e]. Am 21.2.1917 lieferte die Fa. Hans Reichert GmbH, Zweigniederlassung Leipzig, Sandfilter in geschlossener Ausführung, System Reisert, für einen Durchfluss von 35-40 m<sup>3</sup>/h einschließlich einer recht modernen Betriebsanleitung zur Filterspülung. Die neue Ansicht der Wasserkunst mit daneben stehendem Wasseraufbereitungsgebäude ist sehr schön in Bild 11 zu sehen. Der Betrieb endete zwangsweise mit der Teilerstörung der Anlage beim Bombenangriff auf Merseburg im Dezember 1944.



Bild 11 Historische Ansicht der **Unteren Wasserkunst (14)** (1944)

Interessant ist, dass das Gebäude der Unteren Wasserkunst danach wieder saniert und einige Jahre bewohnt wurde. Bild 12 zeigt die seit 1856 zu einer Zellstoff- und Papierfabrik umgebaute Königsmühle und die Untere Wasserkunst vom rechten Saaleufer aus. Letztere wurde schließlich 1951 zum Zwecke der Erweiterung dieser Papierfabrik abgebrochen. Der Antrag hierzu ist ein Beispiel für das Unverständnis von Industrieverwaltern zur Erhaltung kulturhistorischer Gebäude. Es stimmt nicht, dass dieser Abriss in Unkenntnis des historischen Wertes erfolgte, denn 1949/50 gab es erhebliche Einsprüche der Fachleute und der Domstiftsverwaltung. Der Landeskonservator schrieb am 15.12.1949 an das damals zuständige Liegenschaftsamt u. a.: „...*Im ganzen betrachtet stellt die „Wasserkunst“, - d.h. die beiden Gebäude nebst allen maschinellen Zubehör, sowie dem unter dem Pumpenhaus hindurchführenden Wassergraben, - ein technisches Denkmal dar, dessen möglichst ungeschmälerte Erhaltung anzustreben ist. ...*“ [22c]



Bild 12 Blick über die Saale zur Dietrich'schen Zellstoff- und Papierfabrik und der **Unteren Wasserkunst (14)** vor 1945

### **Wasserleitungsnetz (Röhrenlege)**

Der Bau von Wasserleitungen für das Schloss und anrainende Grundstücke wurde 1593 begonnen. Mit der Übernahme der gesamten Wasserversorgung durch Herzog CHRISTIAN I. ließ dieser die bestehenden Anlagen großzügig erweitern. Zur Hofhaltung wichtige Grundstücke und selbst Privatgebäude auf dem Burgberg erhielten einen

Wasseranschluss, nicht zuletzt aus der Erkenntnis, noch immer häufige Brände wirksamer bekämpfen zu können. So entstand ein für die damalige Zeit recht umfangreiches System von Wasserleitungen, hier mit Röhrengelege bezeichnet.

Der wahrscheinlich älteste erhaltene Lageplan vom 19. April 1768 zeigt von der Wasserkunst abgehend nach Norden das Kloster-Gelege und nach Süden drei Gelege (Schloss- und Dombrauhausgelege, Schlossgelege und Schlossgarten-Gelege) [26a]. Im Gebäude der Oberen Wasserkunst waren 2005 die beiden Abgänge der einstigen Röhrengelege noch einwandfrei festzustellen. Von dem Bottich in der Oberen Wasserkunst als Hochbehälter führten die Leitungen zu größeren Gefäßen, z. B. im Schloss, und zu den Wasserständen und „*Waßertrogen*“. Eine weitere Nutzungsmöglichkeit der vorhandenen Wasserleitungen bezog der Merseburger Stadtphysicus Carl Christian HERZOG in seine Vorbereitungen für die Einrichtung einer Badeanstalt am Saalehang unterhalb des Schlossgartens ein. Er schrieb 1823: „*Eine vorzügliche Berücksichtigung ... verdient die Zuleitung des Wassers. Dicht an dem Hause [Schlossgartensalon] geht eine Röhrenfahrt hin, und es kann aus derselben ... eine hinlängliche Menge Wasser in das Bad abgegeben werden.*“ Ausführlich wird die öffentliche Badewasserversorgung von ENDLER beschrieben [29].

Für die Unterhaltung der **Wasserkunst** und des **Röhrengeleges** mit allen Hausanschlüssen waren der Rührmeister und die Röhrknechte bis Anfang des 20. Jh. zuständig. Der Bauschreiber FOCHTMANN berichtet 1768, dass „*die allhiesige Waßerkunst ... iederzeit in gangbaren Stand erhalten und mit Beobachtung richtiger Stellung derer Hähne versehen werden. ... Daß ich aber sehr offt die Hähne nicht in richtiger Stellung getroffen ist an dem, ... so versichern diese Läuthe, daß ein ieder sich an die Hähne ohne ihren Vorbewußt vergreifen könnte weilen die Hahnlöcher wegen Feuersgefahr nicht verschlossen werden können, ... so ist solches leicht geschehen, sich selbst das Wasser mehr zu geben als abgetheilet dadurch entstehet lauter Schaden, die Röhren leiden durch den Druck, Gewalt und müßen springen, dann vergehen wieder einige Tage ehe die Röhren aufgegraben und wieder neue eingelegt werden können, ...*“ [26a].

Die von den Rührmeistern auszuführenden Arbeiten sind in jüngeren Quellen dokumentiert [26b]. Dienstinstruktionen der königlichen Regierung aus den Jahren 1876 und 1912 können nachgelesen werden. Der § 5 von 1876 schreibt vor: „*Der Rührmeister hat sich vor allem der fortwährenden Beaufsichtigung und Beobachtung*

*der Wasserkunst-Zugehörigkeiten zu befließigen und den Zustand der Gebäude, des Rades der Pumpen, der Röhrfahrten (ob Senkungen oder Undichtheiten daran zu bemerken sind), der Bottiche und Reservoirs, Springbrunnen, Ausgußständer, Hydranten, und verschiedenen Hähne und Krähne im Auge zu behalten. Ebenso hat er ...“* [28d]. Seine Arbeitszeit war täglich von 6 bis 21 Uhr bei einem Lohn von vier Mark pro Tag. Mit Rohrleitungsfunden in größerer Länge ist bei Grabungen nicht zu rechnen, da die alten Leitungen in der Neuzeit durch Baumaßnahmen zerstört wurden.

Über die Beschaffenheit des Wassers wird in den erhaltenen Unterlagen ebenso wenig berichtet wie über seine Verwendung. Die Brunnenbesitzer (Schloss und Kurien) hätten seit Anfang des 17. Jh. ihr Trinkwasser weiter aus den vorhandenen Brunnen und das Betriebswasser für den Wirtschaftsbedarf aus der Saale entnehmen können. Wahrscheinlicher ist die Verwendung des Saalewassers über Jahrhunderte auch als Trinkwasser, da die Gefahren der Nutzung von Oberflächenwasser unbekannt waren und die mit dem Anschluss an die Wasserkunst verbundene Zuführung von Wasser bis ans Haus als Fortschritt angesehen wurde. Das brachte natürlich auch Bequemlichkeiten mit sich. Da die Abwässer des Schlosses oberhalb der Wasserentnahme in die Saale eingeleitet wurden, vermutete schon SAAL 1993, dass *„die Kindersterblichkeit des Merseburger Herzogshauses auch auf die sorglose Saalewasserbenutzung zurückzuführen“* ist. Auch die schrecklichen Cholera-Epidemien 1832 (130 Tote), 1849/50 (ca. 500 Tote) und 1866 dürften hier eine Ursache haben [17f-h].

1891-93 wurden die meisten Kurien an die städtische Wasserleitung und 1901 an das städtische Kanalisationsnetz angeschlossen [8b]. Unabhängig davon nutzten sie das Saalewasser weiterhin als Betriebswasser. Wie die Leistungsfähigkeit einzuschätzen war, zeigt eine Bemerkung im Erläuterungsbericht zur Umgestaltung des Schlosshofes vom 26.11.1916: *„... Da die zum Schlosse gehörige eigene fiskalische Wasserkunst Wasser in reichlicher Menge und kostenlos zur Verfügung stellt, soll zur Schaffung eines belebenden Momentes im Schlosshofe ... ein ... Brunnenbecken mit fallendem oder steigendem Wasserstrahl in breiter Grüneinfassung vorgesehen werden.“* [22b]

1916 übermittelte das Königliche Bauamt dem Domstiftsprokurator einen aktualisierten *„Plan der fiskalischen Saalewasserleitung zu Merseburg.“* In den Begleitschreiben ist zu lesen: *„Das Saalewasser wird durch die Pumpstation in 2 Leitungen in Hochbehälter gedrückt, in den Hochbehälter der Oberaltenburg und in die Sammelbottiche des Schlosses. Diese speisen die Zapfstellen und Anschlüsse im Schloss selbst, wäh-*

*rend der Hochbehälter der Oberaltenburg in 2 Leitungen die Kurien, das Landratsamt und die Superintendentur mit Wasser versorgt.“ ... „Etwaige Aenderungen an der Leitung bitte ich einzutragen und mir mitzuteilen. Dabei ist dann auch anzugeben, ob die Aenderung Blei oder Eisenrohre bei Angabe des inneren lichten Rohrdurchmessers betrifft. ... Johl. Königlicher Baurat.“ [8e]*

Mit Erlass des Preußischen Finanzministers vom 6.10.1922 sollte *„die Versorgung der Regierungsgebäude mit Saalewasser durch die fiskalische Wasserkunst aufgegeben, ihr Anschluss an die städt. Wasserleitung angeordnet und damit auch die Lieferung mit Saalewasser an die Domkurien in Wegfall kommen.“* [30] Hierauf kam es zu längerem Streit mit Domherren und privaten Nutzern, die sich auf ihr in der o. a. Urkunde von 1690 verbrieftes Recht des Erhalts von Saalewasser beriefen. Wir sprechen vom ‚Merseburger Saalewasserkrieg‘, in dem es auch um nicht unbedeutende Entschädigungsforderungen ging [30]. Schließlich wird die Versorgung fortgesetzt. Erst die Kriegszerstörungen sowie ökonomische und hygienische Einsichten führten zur heute einheitlichen Wasserversorgung von Burg und Stadt Merseburg.

### **Kommunale Wasserversorgung**

Die Versorgung der Stadt Merseburg mit Betriebswasser erfolgte im 19. Jh. noch meist aus der durch die Stadt fließenden Geisel und mit Trinkwasser aus gegrabenen Brunnen von 6,00 bis 7,00 m Tiefe. Nach GRAHN (1898) *„waren davon 35 öffentliche und ca. 500 private vorhanden. Der wiederholt durch Untersuchungen festgestellte, schlechte Zustand dieser Brunnen führte schon im Jahre 1880 die Stadtvertretung vor die Frage der Herstellung einer allgemeinen Wasserversorgung.“* [31] Die nun folgenden Erwägungen zur Standortfrage der Wassergewinnung waren allerdings nicht so neu, denn bereits Anfang des 18. Jh. war die Möglichkeit der Nutzung von Uferfiltrat aus der Saaleaue südöstlich von Merseburg erkannt worden.

### **Wasserwerke in Rössen**

Nachdem 1880 in 9 von 12 öffentlichen Brunnen gesundheitsschädliches Wasser festgestellt worden war, wurden 1882 vom *„Magistrat bei den Stadtverordneten die Mittel für die Ausarbeitung eines Projektes für eine Wasserleitung beantragt, aber von diesen abgelehnt. 1883 und 1884 hatte sich der Vorgang wiederholt.“* [17i] Schließlich taucht in den Verwaltungsberichten der Stadt Merseburg im Berichtsjahr 1885/86 die *„Wasserversorgungs-Commission zur Standortentscheidung“* auf [17j]. Wir lesen, dass der

Zivil-Ingenieur Walter PFEFFER in Halle/Saale auf ihre Veranlassung hin Gutachten und grobe Kostenüberschläge für zwei Varianten vorgelegt hat:

- Wassergewinnung in den Höhenzügen Schafstädt-Mücheln und Zuleitung im freien Gefälle zur Stadt für ca. 405.000 Mark und
- Wassergewinnung in Stadtnähe in dem Raum Leuna und Zuleitung über ein ständig zu betreibendes Pumpwerk für ca. 130.000 Mark.

*„Herr Pfeffer empfahl die Entnahme des Wassers aus der Nähe der Stadt, indem er zugleich die Überzeugung aussprach, daß hier solches in ausreichender Menge und in guter Beschaffenheit vorhanden sei.“* [17j] Nach eingehenden Beratungen folgte die Kommission dem Vorschlag, die Stadtverordneten-Versammlung genehmigte am 15.6.1885 die Beschlüsse, bewilligte bis zu 3.000 Mark für die Vorarbeiten aus den Überschüssen der Sparkasse und beauftragte PFEFFER mit den Vorarbeiten. Daraufhin wurde ein Versuchsbrunnen zwischen Leuna und Rössen mit einem Innendurchmesser von 1,50 m und 7,00 m Tiefe gebohrt. Die Pumpversuche ergaben bei einer Absenkung des Brunnenwasserspiegels bis 1,50 m eine mittlere Wassermenge von 70 m<sup>3</sup>/h.

Die chemischen und bakteriologischen Untersuchungen wurden von drei verschiedenen Stellen durchgeführt und ergaben *„ein ganz vorzügliches Trink- und Wirtschaftswasser, welches als wohlgeeignet zur Wasserversorgung der Stadt Merseburg erscheint.“* [17j] Auf Grund dieser Ergebnisse konnte PFEFFER das Projekt für die Gesamtmaßnahme erarbeiten. Die Kommission übertrug ihm mit Vertrag vom 1.12.1887 die Bauleitung. Der Fortgang der Verhandlungen und Baumaßnahmen ist aktenkundig und noch heute interessant nachzulesen [17j,32]. Zwei Änderungen des PFEFFERschen Projekts durch die Kommission wurden gleich am Anfang wirksam. Das betraf zum einen das vorgeschlagene Grundstück für das Pumpwerk auf Leunaer Gebiet. Da hierzu die Stadt Leuna unannehmbare Forderungen stellte, wurde ein Angebot auf Rössener Flur gewählt. Zum anderen wurde die auf dem Nulandplatz vorgesehene Errichtung eines Hochreservoirs zunächst verworfen, dann aber die Nutzung des **Turmes der Sixti-Kirchenruine (16)** als Alternative erkannt. Nachdem gutachterlich die Eignung für den zusätzlichen Aufbau eines Wasserbehälters und die entsprechende Wasserlast festgestellt war, kaufte die Stadt die Kirchenruine für 1.250 Mark von der St. Maximi-Gemeinde und ließ den durch einen Blitzschlag zerstörten oberen Teil nach dem Entwurf des Baumeisters Hugo WREDE (1845-1901) zum Wasserturm ausbauen (Bild 13). Hier wurde der genietete Stahlbehälter auf einen Betonkranz aufge-

setzt und darauf die neue Turmhaube errichtet. Der Wasserhochbehälter wurde 1889 mit einem Nutzinhalt von 750 m<sup>3</sup> in Betrieb genommen, 1897 erfolgte ein neuer Schutzanstrich im Innenraum. 1927 wurde das Fassungsvermögen auf 1.000 m<sup>3</sup> vergrößert.

Bild 13  
Die Ruine der Sixti-Kirche mit dem Wasserbehälter im Turmkopf



Der Bau der Gesamtanlage schritt zügig voran. Alle städtischen und eine Vielzahl der anderen öffentlichen Gebäude, wurden an die neue Wasserleitung angeschlossen. Auch die bisher in privilegierter Stellung be-

findlichen Nutzer der Wasserkunst auf dem Burgberg entschieden sich jetzt für dieses bessere Trinkwasser: „Am Schlusse des Berichtsjahres waren überhaupt 680 Privat- und 31 öffentliche Grundstücke angemeldet. ... Im April 1889 fand die Druckprobe des gesamten Rohrnetzes statt und noch in demselben Monat wurde mit der Ausführung der Anschlüsse begonnen.“ [17j]

Am 4. Juni 1889 wurden die ersten Teilstrecken der Wasserleitung in der Weißenfelder und der Gotthardstraße in Betrieb genommen [6b].

Schließlich erfolgte am 21. Januar 1890 die Abnahme des gesamten Werkes durch den Bauleiter PFEFFER und einige Mitglieder der Wasserwerks-Kommission. Die Leitung des Wasserwerks wurde ab 1. Juli 1890 an den Stadtrat KOPS übertragen, dem noch ein Maschinen- und ein Rohrmeister unterstanden. Die entstandenen Gebäude dieses **Wasserwerks Rössen I** in Klinkerbauweise sind heute noch stattlich anzusehen.

Die Wasseruntersuchungen ergaben ein sehr gutes, allerdings recht hartes Wasser. Die projektierte Tagesleistung des Wasserwerkes betrug 3.960 m<sup>3</sup>, was bei damals ca. 18.000 Einwohnern eine sehr progressive Entwicklung berücksichtigte. Die Wasserabnahme betrug im 1. Betriebsjahr 1889/90 insgesamt 133.899 m<sup>3</sup> und nahm mit der Bevölkerung und Industrie ständig zu, wie aus Bild 14 zu ersehen ist.

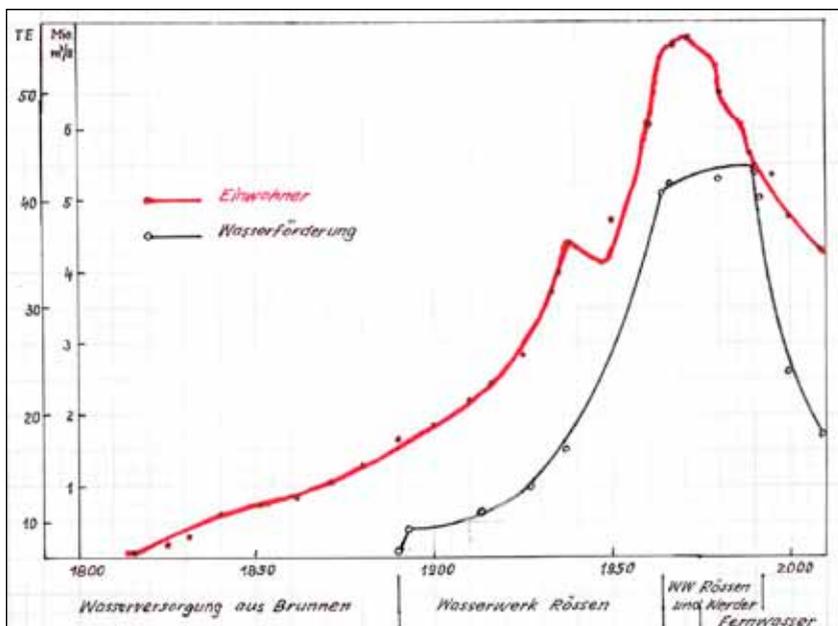


Bild 14 Entwicklung der Einwohnerzahl der Stadt Merseburg und der Wasserförderung in den Pumpenanlagen der Merseburger Wasserwerke im Zeitraum 1800 bis 2010

Im Jahre 1930 wurde berichtet „Die Wassergiebigkeit der Brunnen ist selbst in den trockensten Jahren voll ausreichend gewesen, und Merseburg hat in all den Jahren niemals einen Wassermangel zu fühlen brauchen, obwohl in den letzten Jahren ganz beträchtliche Mehrleistungen des Werkes in Frage kamen.“ [17k] Auch die Deutsche Reichsbahn zählte zu den frühzeitigen Nutzern des Wasserangebots. Auf dem Personenbahnhof Merseburg wurde 1906 ein kugelförmiger Wasserturm mit einem Nenn-

inhalt von 50 m<sup>3</sup> und einer installierten Enthärtungsanlage errichtet [33]. An dieser Stelle ist noch darauf hinzuweisen, dass für die entstehenden Anlagen der Großindustrie ein eigenes Wasserwerk in Leuna-Daspig diente.

## Neuere Entwicklungen

Inzwischen war die Leistungsgrenze des Pumpwerkes jedoch erreicht. Ab 1928 wurde es saniert und in Bauabschnitten erweitert. Ca. 200 m nordwestlich entstand ein neues Maschinenhaus (**Wasserwerk Rössen II**). Die alten Dampfmaschinen und Dampfpumpen wurden durch moderne Dieselmotoren und Kreiselpumpen ersetzt. In einem Anbau an das neue Maschinenhaus wurde 1930 u.a. eine Chlorgasdosieranlage installiert. Der weiter wachsende Wasserbedarf führte zu Überlegungen für ein neues Fassungsgebiet. Der Oberbürgermeister von Merseburg, Dr. Herbert MOSEBACH, entschied mit der EntschlieÙung Nr. 814/75 vom 19.10.1943, *„die Vorarbeiten zur Errichtung eines neuen Wasserwerks aufzunehmen, und das in dem Thiem'schen Gutachten vom 25. August 1943 näher bezeichnete Grundwasserfeld, südlich Trebnitz gelegen, ... Die Durchführung der Grundwasserfelduntersuchungen ist im Wirtschaftsplan 1943/44 mit 18.000 RM nachzutragen. Die Stadtwerke zeigen an, daß die Finanzierung des Vorhabens rechtlich und tatsächlich gesichert ist.“* [28f]

Der totalisierte 2. Weltkrieg und die nachfolgende Notzeit unterbrachen dieses Vorhaben. Stattdessen wurde in den Jahren 1959 bis 1963 das Wasserwerk Rössen II rekonstruiert, eine zweite Filterhalle mit acht geschlossenen Schnellfiltern von 3,00 m Durchmesser angebaut und das Fassungsgebiet erweitert. Jetzt wurden Förderleistungen bis 16.500 m<sup>3</sup>/d erreicht.

Eine Studie des damaligen Betreibers VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Halle/Saale beschreibt die prekäre Versorgungssituation: *„Die Maximalleistung lieÙen sich jedoch nur durch Sondermaßnahmen ... erreichen. Im Wasserwerk wird zu einem großen Teil uferfiltriertes Saalewasser gehoben. Durch das Überpumpen von Saalewasser auf das Fassungs Gelände verschlechterte sich die bereits mangelhafte Qualität weiter. Es kam durch die Versetzung der Brunnenfilter zu Störungen im Heberbetrieb.“* [34]

Vom zuständigen Bezirks-Hygieneinstitut Halle/Saale wurden seit langem Qualitätsmängel beanstandet. AuÙer zu hohen Gehalten an Eisen, Mangan, Chlorid und organischen Inhaltsstoffen traten immer wieder überhöhte Werte an Stickstoffverbindungen

auf, weshalb dieses Wasser nicht mehr zur Herstellung von Säuglingsnahrung verwendet werden durfte.

Merseburg hatte 1967 ca. 55.000 Einwohner und man rechnete mit einem Anstieg auf 65.000 bis zum Jahre 1980. Das neue **Wasserwerk Merseburg-Werder** wurde für eine Kapazität von 13.000 m<sup>3</sup>/d ausgelegt und ging am 15. August 1964 in Betrieb. Das jetzt geförderte Rohwasser hatte eine etwas bessere Beschaffenheit, da in den neuen Fassungen der Anteil an echtem Grundwasser gegenüber dem uferfiltrierten Wasser wesentlich höher war als in Rössen. Die Aufbereitung zu Trinkwasser erfolgte in einer Filterhalle mit sechs offenen Schnellfiltern einer Filterfläche von je 3 m x 10 m und einer Filtersand-Schichthöhe von 1,50 m. Vor den Filtern konnte dem Rohwasser in einer Mischrinne Kaliumpermanganat zur Oxidation zugegeben werden. Um 1985 wurde die Chemikaliendosierung für diesen Aufbereitungsschritt durch eingebaute Belüftungs-Injektoren der Merseburger Fa. Wiegand ersetzt. Abschließend wurde das Wasser mit Chlorgas desinfiziert. Der Behandlung des Filterschlammes dienen Absetzbecken und Schlamm-trockenbeete.

1971 erfolgte der Anschluss Merseburgs an das **Fernwasserversorgungssystem Elbaue-Ostharz** [35]. Damit konnte die Wassergewinnung in Rössen stillgelegt werden. Das Werk wurde schrittweise zum Pumpwerk umgerüstet und die Filterhalle II 1977 abgerissen. Am Standort wurden zwei Trinkwasserbehälter mit einem Inhalt von je 5.100 m<sup>3</sup> errichtet. Der Behälter auf dem Sixti-Kirchturm wurde 1985 vom Versorgungsunternehmen an die Stadt Merseburg zurück verkauft. Die im Wasserwerk Werder bestehende Wasserförderanlage wurde 1992 um einen Speicherbehälter mit 5.000 m<sup>3</sup> Inhalt ergänzt.

Das **Wasserleitungsnetz** war ständig erweitert worden. Trotz bedeutender Schäden im 2. Weltkrieg war es bald wieder voll funktionsfähig, wobei zur schnellen Bedarfsdeckung nach dem Krieg z.T. auch weniger geeignetes Rohmaterial eingebaut werden musste. Die Ende des 19. Jh. verlegten Rohrleitungen sind in unterschiedlichem Zustand erhalten. Beispielsweise wurde im Oktober 1970 die erste 1889 verlegte Hauptleitung von Rössen nach Merseburg für eine Probesanierung mit dem Verfahren der Zementausschleuderung ausgewählt. Zum Staunen der Fachleute zeigte das angeschnittene Gussrohr DN 350 in der Weißenfelder Straße (nahe dem Dienstsitz des Merseburger Betriebsbereichs) keinerlei Korrosions- oder Inkrustationserscheinungen.

Andererseits wurde am 18. August 2010 in der Geusaer Straße ein völlig korrodiertes Rohr in einer Leitung vom Anfang des 20. Jahrhunderts gefunden.

Auch die **Abwasserentsorgung** hielt Schritt mit der städtischen Wasserversorgung. Die Kanalisation wurde 1899 geplant und 1901/02 mit einem Kostenaufwand von 665.000 Mark gebaut. Der Hauptsammler der Stadt Merseburg führte das Abwasser in die **Kläranlage (18)** am Stadtpark, die nach dem Neubau von 10 Absetzbecken bis 1966 betrieben wurde. Aufgrund der großen Stadterweiterungen und verbesserter Technologien zur Abwasserbehandlung wurde in den Jahren 1957/58 eine Zentralkläranlage in Schkopau projektiert. Ihr Bau begann 1958, 1966 ging die mechanische und 1969 die biologische Reinigungsstufe in Betrieb. Die alte Kläranlage Merseburg dient der Stadt weiterhin als Regenrückhaltebecken.

### **Heutige Wasserversorgung**

Die dem Versorgungsgebiet zu liefernde Trinkwassermenge war Ende der 1960er Jahre auf über 5 Millionen (Mio.) m<sup>3</sup>/a angestiegen (Bild 14). Davon lieferte das Wasserwerk Werder 2/3, der Rest wurde mit Fernwasser abgedeckt. 1989 bis 1992 wurde das Wasserwerk in seiner gesamten Substanz saniert. Der jetzt aber in der Region stark zurückgehende Wasserbedarf führte zu steigenden verfügbaren Kapazitäten des eine wesentlich bessere Beschaffenheit besitzenden Fernwassers. Man entschloss sich, die Aufbereitungsanlagen 1992 außer Betrieb zu nehmen und auch das Wasserwerk Werder nur noch als Pumpenanlage zu betreiben. Zum Jahreswechsel 1999/2000, als große Befürchtungen bestanden, die Computertechnik könnte den Jahrtausendwechsel nicht bewältigen, wurde dieses Wasserwerk noch einmal mit Erfolg angefahren, danach aber samt Gewinnungsanlagen endgültig stillgelegt.

Seit 1993 wird das gesamte Versorgungsgebiet mit Trinkwasser der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH beliefert, das in allen Parametern der deutschen Trinkwasser-Verordnung von 2011 entspricht. Die 1996 gegründete **Mitteldeutsche Wasserversorgungsgesellschaft mbH (MIDEWA)** versorgte im Jahr 2018 über ihre Niederlassung Saale-Weiße Elster, zu der auch die Trinkwasserversorgung der Dom- und Hochschulstadt Merseburg gehört, 112.000 Einwohner in 19 Kommunen mit 4,9 Mio. m<sup>3</sup>/a Trinkwasser. Davon erhielt die Stadt Merseburg 1.680.000 m<sup>3</sup>/a Trinkwasser, das über ca. 200 km Haupt- und Versorgungsleitungen in der Stadt verteilt wird.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Thietmarus Merseburgensis: ‚Chronik 1012-18, neu übertragen und erläutert von W. Trillmich‘, Darmstadt 1957, in neu bearbeiteter Übertragung herausgegeben von F. Huf, Phaidon Verlag, Kettwig 1990
- [2] E. Brotuff: ‚Chronica vnd Antiquitates ... der ... Stadt Marßburg „*Jetz auffß new gedruckt zu Leipzig / Anno 1606*“‘, Leipzig 1557, a) Teil I, Blatt 14, b) Blatt 16, c) Teil II, Blatt 31, d) Teil II, Blatt 20
- [3] Horst Wingrich: ‚Die historische Wasserversorgung von Merseburg‘, Sax-Verlag Beucha Markkleeberg 2012
- [4] Stadtplan Merseburg, 1924 (Stadtarchiv Merseburg)
- [5] Basis Topograph. Karte 1:10000 des Landesamtes für Landesvermessung und Geoinformation, Sachsen-Anhalt 2003, Kartenblatt 4638 - NW Merseburg O
- [6] G. Moebius: ‚Neue Merseburgische Chronika 1668. Nebst der Fortsetzung von G. L. Präger bis 1760‘, Hrg.: Verein für Heimatkunde in Merseburg 1914, a) 1. Buch, 8. Cap. S. 22, b) Fortsetzung bis 1914, S. 235
- [7] O. Rademacher: ‚Aus Merseburgs alter Geschichte, Heft III, S. 3, Druck bei F. Stollberg 1907
- [8] **Domstiftsarchiv Merseburg**: a) K. Gutbier, Gu E Nr. 2, S. 103, um 1600, b) M. Klingelstein: ‚Übersicht der Kurien‘, Lagerbuch des Dom-Capitels zu Merseburg ab 1889, c) Acta E Lit B Nr. 20, d) K. Gutbier, Gu E Nr. 2, S. 98-99, 130 und 138, e) Acta, das Röhrwasser auf hiesiger Domfreiheit betreffend, Acta F Rep. I Abt. IV Lit R Nr. 1
- [9] M. Ranneberg: ‚Über den Merseburger Regierungspräsidenten Adolf Heinrich Graf von Arnim-Boitzburg‘, Merseburger Kreiskalender 2000, S. 40
- [10] ‚Ein tiefer Blick, Archäologen entdecken 7100 Jahre alten Brunnen‘, Mitteldeutsche Zeitung (MZ) v. 7.2.2011
- [11] H. Schedel: ‚Weltchronik‘, kolorierte Gesamtausgabe, A. Koberger, Nürnberg 1493 (Anna Amalia Bibliothek Weimar, Sign. Inc. 119), Nachdruck Taschen GmbH Köln 2001
- [12] A. Hoffmann: ‚Zum Stand der städtischen Wasserversorgung in Mitteleuropa vor dem 30-jährigen Krieg‘, in: ‚Geschichte der Wasserversorgung‘, Bd. 5: ‚Die Wasserversorgung der Renaissancezeit‘, Verlag Philipp von Zabern, Mainz 2000, a) S. 116, b) S. 114
- [13] P. Ramm: ‚Pfalz und Schloss zu Merseburg‘, Verlag J. Stekovics, Merseburg 1997, S. 6
- [14] A. Schmekel: ‚Historisch-topographische Beschreibung des Hochstiftes Merseburg‘, in Commission bei Hermann Berner, Halle, 1858, S. 56
- [15] O. Rademacher: ‚Das Kloster St. Petri in Merseburg‘, Festschrift zur Einweihung der restaurierten Klosterräume und des Heimatmuseums am 30. April 1913, Druck von F. Stollberg, Merseburg 1913
- [16] O. Rademacher: ‚Aus Merseburgs alter Geschichte‘, Heft V, Druck bei F. Stollberg Merseburg, 1909, a) S. 14, b) S. 17/18, c) S. 3-25
- [17] **Historisches Stadtarchiv Merseburg**: a) Situation des ‚langen Hofes‘ und Rectorates zu Merseburg, Lageplan vom 22.7.1878, Acta DG 44, b) ‚Warum Franzosenbrunnen?‘ Merseburger Tageblatt v. 22.1.1929 (ZAS 2834), c) ‚Der alte Franzosenbrunnen‘, Merseburger Korrespondent v. 21.9.1928 (ZAS 2834), d) Magistrats-Acta VII/C/8 und /33 bis 76, e) ‚Gute alte Zeit? Wasserfreude und -Nöte in Merseburg von einst‘, Merseburger Tageblatt v. 6.2.1933, f) ‚Cholera in Merseburg‘, Merseburger Korrespondent, 27.8.1933 (ZAS 2835), g) ‚Bekanntmachungen‘, Merseburger Kreis-Blatt v. 3.10.1866, h) ‚Die 1000-jährige Geschichte Merseburgs in Schriftdenkmälern‘, Deutsches Zentralarchiv Merseburg, 1957, i) ‚Im Mai vor fünfzig Jahren‘, Merseburger Zeitung v. 8.5.1937, j) Magistrats-Acta V II 5, Bericht über die Verwaltung und den Stand der Gemeinde-Angelegenheiten der Stadt Merseburg für das Jahr 1885/86 und Folgejahre, k) ‚Merseburgs städtische Werke‘, Merseburger Korrespondent v. 14.5.1930,

- [18] H. Landes: ‚Sensationeller Fund am Domgymnasium‘, MZ v. 21.1.1995 (Reaktionen: B. Zöllner: ‚Die Sensation ist lange bekannt‘, MZ v. 27.1.1995 und ‚Zeichnung von 1878 stellt Brunnen am Gymnasium dar‘, MZ v. 3.2.1995
- [19] S. Berger: ‚Die Dombrunnenkrönung‘, Merseburger Kreiskalender 1934, S. 31
- [20] J. Vulpius: ‚Megalurgia Martisburgica‘, Struntz Quedlinburg und Aschersleben 1700, a) Kap. XIV, Abs. 150 und 153, b) Kap. VI, Abs. 61
- [21] Bilder-Conversations-Lexikon für das deutsche Volk, F. A. Brockhaus Leipzig, 1837-41
- [22] **Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Halle/Saale:** a) T. Fladung, Grabungsberichte 23.1.1998, 21.5.1999 und 29.1.2001, b) Ortsakte AA 276, Merseburg 1909-34,
- [23] H.-H. Schauer: ‚Merseburg – Untersuchungen des Baubestandes, namentlich der Keller- und Gewölbeanlagen, zur städtebaulichen Entwicklung der Altstadt‘, Dissertation HAB Weimar 1967
- [24] H.-E. Gringer: ‚Riesen-Labyrinth unter Tage‘, MZ v. 8.2.2007
- [25] M. Becker: ‚Archäologie und Stadtgeschichte‘, in: ‚Archäologie in Sachsen-Anhalt‘, Sonder-Band 8, Halle 2008, S. 120
- [26] **Landesarchiv Sachsen-Anhalt (LASA),** Abt. Magdeburg, a) ‚Nachricht wegen der hiesigen fürstl. Wasser-Kunst und Röhrengelage‘, Rep A 30a II, I Nr.50, Blatt 23, 30-33, 34-36, b) Rep A 30a II,I Nr. 481 und 598
- [27] W. Dilich: ‚Federzeichnungen kursächsischer und Meissnischer Ortschaften aus den Jahren 1626-1629‘, Dresden 1907
- [28] **Landesarchiv Sachsen-Anhalt (LASA),** Abt. Merseburg: a) Gebäude-Inventarium der Wasserkunst zu Merseburg 12.9.1840, C 48 Ic Nr. 1560, b) Unterhaltung der fiskalischen Wasserkunst 1889-1905, C 42 Nr. 9 I, c) Unterhaltung der fiskalischen Wasserkunst 1905-1906, C 55 Nr. 9 II, d) Unterhaltung der fiskalischen Wasserkunst C 48 Ic Nr. 1557, e) Unterhaltung der fiskalischen Wasserkunst 1914-1917, C 48 Ic Nr. 1551, f) Erweiterung der Wassergewinnungsanlagen der Stadt Merseburg, C 48 Ih Nr. 864 V
- [29] R. Endler: ‚Die Badeanstalt im Schlossgarten zu Merseburg‘, in: ‚Merseburg einst und jetzt‘, Beiträge zur Heimatgeschichte, Seniorenbüro Merseburg, Heft 23/2009, S. 37
- [30] Domstiftsarchiv Naumburg: Acta DV I Nr. 144
- [31] E. Grah: ‚Die städtische Wasserversorgung im deutschen Reiche sowie in einigen Nachbarländern‘, Erster Band: ‚Königreich Preussen‘, Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München und Leipzig. 1898, S. 157
- [32] R. Endler: ‚Das Sixtviertel – ein verschwundener Teil der Stadt Merseburg‘, in: ‚Merseburg einst und jetzt‘, Beiträge zur Heimatgeschichte, Seniorenbüro Merseburg, Heft 16/2006, S. 4
- [33] J. Krause: ‚Reminiszenzen und Kuriositäten aus dem Bahngeschehen in und um Merseburg‘, Merseburger Kreiskalender, 1998, S. 33
- [34] F. Kahle: ‚Wasserversorgung Merseburg‘, Studie, VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Halle/S., 18.1.1967, Archiv der MIDEWA GmbH
- [35] G. Malyska: ‚Die Trinkwasserversorgung des mitteleuropäischen Trockengebietes‘, Druckerei & Verlag Storbeck, Gerbstedt 2003

## Autorenvorstellung



### Horst WINGRICH

- 1940 geboren in Leipzig,  
1956-58 Lehre als Technischer Zeichner und Stahlbauschlossler,  
1958-60 Technischer Zeichner im VEB Stahlbau Leipzig (vorm. Mannesmann),  
1957-60 Volkshochschule Leipzig (Abschluss: Abitur),  
1960-66 Studium an der Technischen Universität (TU) Dresden, Fakultäten für Bauwesen und Berufspädagogik,  
1966-70 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Gruppenleiter Wasserversorgung im Wissenschaftlich Technischen Zentrum (WTZ) Leipzig der VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Potsdam,  
1970-75 Gruppenleiter Neue Technik im VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung (WAB) Halle/Saale,  
1973 Promotion zum Dr.-Ing. an der TU Dresden,  
1975-83 Abt.-Ltr. Wasserversorgung bei PROWA Halle/Saale,  
1983-90 Chefingenieur Wasserversorgung im Kombinat Wassertechnik Halle/Saale,  
1990-96 Geschäftsführer Leipzig und Leiter der Niederlassung Plauen und Meiningen der Mitteldeutschen Wasser- und Umwelttechnik AG (UTAG), Halle/Saale,  
1982-93 Lehraufträge an der Hochschule für Architektur und Bauwesen (HAB) Weimar, TU Dresden und TH Leipzig,  
1997-04 Professor für Wasserversorgung an der TU Dresden,  
2003-09 Lehraufträge im Bildungswerk des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.).

### Der ‚Merseburger Zauberwürfel‘ - MOL<sup>®</sup> LIK in Haushalten



#### Probleme in Waschmaschinen

Es gibt für vielseitige Zwecke Maschinen zum Reinigen von Medien. Die meisten Haushalte wollen auf Geräte wie die Waschmaschine für die Haushaltswäsche oder den Geschirrspüler nicht mehr verzichten. In der Industrie sind solche Waschmaschinen für Flaschen oder Autos unerlässlich. Egal, wie groß oder klein die Maschinen sind, die Problemlagen sind sehr ähnlich und unterscheiden sich vorrangig in der Häufigkeit der Nutzung und in den Anlagendimensionen.

**Gerüche** werden primär von biologischen Ablagerungen verursacht. In Waschmaschinen hat man zwangsweise eine hohe **Schmutz- und Keimfracht**, welche durch unterschiedliche Temperatur- und pH-Bereiche sowie **Ablagerungen** (z.B. Eisen, Kalk u.a., Bild 1) optimale Lebensbedingungen vorfinden. Die Ablagerungen blockieren Oberflächen und rauhen diese auf. Durch Fehlbeladung kommt es immer wieder zu Rückanschmutzungen. Dieses unschöne Reinigungsbild bringt den Anwender gern dazu, die Zusatzmittel stärker zu dosieren bis hin zu nahezu gesättigten Lösungen. In der Folge kommt es zum Gegenteil: zu einer nachlassenden Reinigungswirkung.

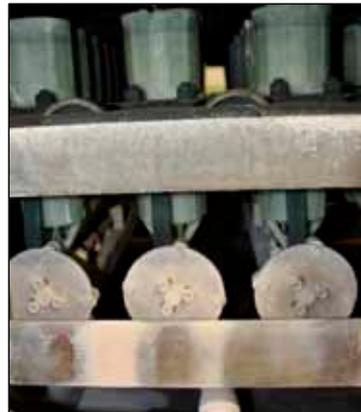


Bild 1  
Ablagerungen im Inneren eines  
Flaschenwäschers der Landsberger Brauerei

Verstärkt kann **Korrosion** auftreten, verursacht durch Mischverrohung, mechanische Beschädigungen oder eben ungeeignete Fahrweise. Im Grunde verstärkt ein jedes Problem alle anderen Probleme.

## Herkömmliche Lösungen

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, kann man zu zweierlei Werkzeugen greifen: der chemischen oder der physikalischen Reinigung. Bei der chemischen Reinigung wird gern auf Säuren oder Phosphonate zurückgegriffen. Da dies nichts am biologischen Problem ändert, werden dann Duftstoffe zugegeben, getreu dem Motto *„Was ich nicht rieche, ist auch nicht da!“*.

Bei der physikalischen Reinigung werden Leitungen und Oberflächen durch Hochdruck und/oder Dampf gereinigt. Diese Maßnahmen helfen jedoch nur kurzfristig, da hiermit nur die Symptome, nicht jedoch deren Ursachen behoben werden.

## Lösungen für den Haushaltsbereich als Blaupause für die Industrie

Im April 2017 begannen die MitarbeiterInnen der MOL Katalysatortechnik GmbH mit ersten Vorversuchen, wie sich das MOL<sup>®</sup>LIK-Verfahren in ihren wasserführenden Haushaltsgeräten auswirkt. Im Juni 2017 entstand daraus ein erster Prototyp. Hierfür wurden 120 Würfel im 3D-Druckverfahren hergestellt und an Testpersonen ausgegeben.

## Vom Prototyp in den Markt

Im September 2017 gab es dann so viele positive Resonanzen (aus dem anonymen Fragebogen) wie zum Beispiel *„mein DDR-Plastegeschirr sieht aus wie neu!“*, dass das Produkt auf den Markt gebracht werden konnte (Bild 2). Als die Medien anfangen, über den ‚Merseburger Zauberwürfel‘ zu berichten (z.B. die Mitteldeutsche Zeitung),



wurde klar, dass viele mit diesen Problemen kämpfen. Die ersten Erfahrungen durch die Benutzer wurden frühzeitig und schnell genutzt, um Schwachstellen im Design auszumerzen.

Bild 2 Würfel im Besteckkasten des Geschirrspülers (vgl. Bild oben ohne Nummer)

Mittlerweile ist der MOL<sup>®</sup>LIK Cube im Online- und Einzelhandel positioniert. Die Idee des kleinen Würfels wurde im nächsten Schritt auf große Flaschenwäscher übertragen. Der große Würfel konnte dort die Oberflächen von Ablagerungen befreien, für

weniger verlaufenen Etiketten-Kleber und am Ende für ein deutlich besseres Spülergebnis sorgen.

In Zusammenarbeit mit der Hochschule Merseburg, insbesondere mit Professorin Doreen PICK (Bild 3), wurde im Anschluss das Marketing-Konzept präzisiert und der Markt seitdem konsequent weiterentwickelt. Anfang November 2019 waren wir mit diesem Produkt auf der Saale-Hausmesse mit einem eigenen Stand vertreten.

Am 21. November 2019 wurden wir für diese Produktentwicklung als ‚Unternehmen des Jahres‘ auf dem 23. Unternehmerkonvent der Ostdeutschen Sparkassen mit dem Sonderpreis der ‚SuperIllu‘ geehrt, verbunden mit entsprechender Medienpräsenz.



Bild 3 Professorin Doreen PICK (untere Reihe, 2.v.r. ) mit Studierenden und Mitarbeitern der MOL Katalysator-technik GmbH (u.a. die Autoren Christoph KOPPE, 2.v.l. und Michael LANDECK, 4.v.l.)

### **Vorteile**

Die Vorteile werden von privaten Haushalten und der Industrie immer mehr erkannt. Durch Behebung der Ursachen, das Wasser wird aus dem Gleichgewicht gebracht, minimiert sich der Reinigungsaufwand. Dass ein Katalysator dafür genutzt wird, das Wasser wieder in sein natürliches Strukturgleichgewicht zu bringen, macht das Verfahren absolut umweltverträglich. Neben der geringeren Umweltbelastung durch Minimierung der Reinigungsmittel stellt sich auch ein positiver Kosteneffekt ein.

Michael LANDECK (\*1987) und Christoph KOPPE (\*1989)  
(beide Mitarbeiter der MOL Katalysator-technik GmbH)

Sachzeugen vorgestellt

## Das Wasserspiel im Technikpark des Deutschen Chemie-Museums in Merseburg

Ein attraktives Exponat im Technikpark des **Deutschen Chemie-Museums (DChM)** in Merseburg ist die Läuferwelle einer Dampfturbine aus den ehemaligen Leuna-



Werken, die von 1962 bis 1994 im Kraftwerk Bau 990 als Antrieb für einen 25 MW Drehstromgenerator diente (Bild 1). Bild 2 zeigt den Mittelteil der Läuferwelle in seiner ganzen Schönheit.

Bild 1  
Wasserspiel im Technikpark des DChM (im Mittelpunkt die Läuferwelle einer Dampfturbine aus den Leuna-Werken)

Bild 2  
Mittelteil  
der Läuferwelle  
(vgl. Bild 1,  
siehe auf Seite 137)



Verfremdet als Wasserspiel und versehen mit aufgesetzten stilisierten Wasser-nippenden Vögeln aus Edelstahl erfreut die vom Designer Ronald KOBE aus Halle gestaltete (s.a. Heft 36, 2016, S. 83) und von der Firma PLINGEL GmbH geplante (s.a. Heft 38, 2018, S. 57) Installation von Frühjahr bis Herbst die Museumsbesucher. Der Turbinenläufer ist senkrecht in einem Becken aufgestellt und wird von oben über einen Verteilerteller mit Wasser berieselt. Die drei Wasserspeier bestehen aus neuen, gebogenen Edelstahlrohren. Durch die unterschiedlich breiten Laufräder mit ihren filigranen Turbinenschaufeln entsteht so ein feiner Wasservorhang zwischen den Rädern bis hin zum Becken (Bilder 1,2 und 4).

Um die sich im Laufe der Zeit bildenden Biofilme auf dem Exponat zu vermeiden, wurde die von der Firma MOL-Katalysator-technik Merseburg entwickelte Reinhaltungstechnologie zum Einsatz gebracht, worauf der Besucher auch in dem Erläuterungsschild aufmerksam gemacht wird (Bild 3).

**Wasserspiel mit kontinuierlicher Reinigung des Kreislaufwassers nach dem MOL®CLEAN-Verfahren** 0310

Zentraler Bestandteil des Wasserspiels ist die Läuferwelle einer Dampfturbine. Die Dampfturbine war von 1962 bis 1994 im Kraftwerk der Leuna-Werke, Bau 990, eingesetzt und trieb dort einen 25 MW-Drehstromgenerator an. Sie wurde in den 1950er Jahren vom VEB Turbinen und Generatoren (später VEB Bergmann-Borsig, Berlin) entwickelt und hergestellt.

Das MOL®CLEAN-Verfahren ist eine von der ThyssenKrupp VDM GmbH und der MOL Katalysator-technik GmbH (Merseburg) gemeinsam entwickelte Technologie zur Eliminierung von Biofilmen und zur katalytischen Wasserentkeimung, die sich u. a. in Rückkühlanlagen bewährt hat.

Das Verfahren beruht auf einer partiellen Oxidation der im Kreislaufwasser befindlichen Keime durch Wasserstoffperoxid an einem MOL®ox-Vollmetallkatalysator. In diesem Wasserspiel ist der Katalysator im Wasserkreislauf in einem unterirdischen Sammelbehälter angeordnet. An dieser Stelle erfolgt auch die gezielte Zudosierung der 30%igen Lösung von Wasserstoffperoxid.

deutsches chemiemuseum merseburg

Die Turbinen Läuferwelle wurde von der Leuna-Werke GmbH bereitgestellt. Das Brunnen-Design wurde von R. Kobe entworfen. Der Brunnen wurde vom Verein Sachzeugen der chemischen Industrie e. V. aufgestellt mit Unterstützung des Landes Sachsen-Anhalt und der Bundesanstalt für Arbeit.

Bild 3 Erläuterungsschild am Wasserspiel im Technikpark des DChM

2017 wurde bei einer erforderlich gewordenen Erneuerung der Förderpumpe für den Wasserkreislauf bereits das weiterentwickelte MOL®LIK-Verfahren mit Katalysatoren der zweiten Generation zur Anwendung gebracht. Hierbei ist der Einsatz von Chemikalien (Wasserstoffperoxid) nicht mehr erforderlich. Die von der Firma MOL Katalysa-

tortechnik GmbH dankenswerter Weise gesponserte Anlage hat sich bisher bestens bewährt. Bei den Museumsnächten ist das ‚Wasserspiel bei Nacht‘ immer ein besonderer Blickfang (Bild 4).



Bild 4 Das Wasserspiel im Technikpark des DChM in der ‚Langen Nacht der Chemie‘ (Mai 2003, vgl. Bilder 1 und 2)

Prof. Dr. habil. Hans Joachim HÖRIG  
Dipl.-Ing. Martin THOß  
Dipl.-Ing. (FH) Uwe BLECH

## Rückblick auf das Jahr 2019

(Kurzbericht von der Jahreshauptversammlung des SCI am 20. Februar 2020)

Nach Begrüßung und Wahl des Versammlungsleiters Prof. Dr. Hans Joachim HÖRIG, gab der Vorsitzende des SCI, Prof. Dr. Thomas MARTIN, den Bericht des Vorstandes über das abgelaufene Jahr 2019.

Besonders hob er die Aktivitäten zum weiteren Ausbau des Technikparks hervor:

- Aufbau der Absticheinrichtung eines Karbidofens (Bilder 1a+b) und
- Umsetzung eines Kühlturms von der gegenüberliegenden, inzwischen bereits abgerissenen Halle 2 der Hochschule Merseburg in den Technikpark (Bilder 2a-c).



Bilder 1a+b  
Abstich-  
vorrichtung  
Karbidofen

Bilder 2a-c  
Umsetzung eines  
Kühlturms in den  
Technikpark  
des DChM



Weitere Aktivitäten des Jahres 2019 waren:

- die 6. Merseburger Museumsnacht am 13.4.2019,
- der 12. Tag der Industriekultur am 28.4.2019,
- das BASF-Familienfest am 16.8.2019,
- die Teilnahme am Zollinger Siedlungsfest ‚Die Klausur‘ am 21.9.2019,
- der Maus-Türöffner-Tag am 3.10.2019 mit über 200 Besuchern (Bilder 3a+b),
- die Abendöffnung des Technikparks mit einem Schauschmieden zum Saisonabschluss am 6.11.2019 (Bilder 4a+b),
- die Teilnahme am ‚Kulturschatz Merseburg‘, u.a. an der Kulturschatz-Keller-Weihnacht am 8.12.2019.

Die Öffentlichkeitsarbeit wurde gewürdigt:

- Herausgabe der Hefte 39 und 40 der **‚Merseburger Beiträge...‘** (Heft 39: ‚PVC‘ mit dem Hauptbeitrag von Heinz REHMANN, Heft 40: ‚Die Leuna-Werke - gestern und heute‘, Interview mit Dr. Christof GÜNTHER und Beiträgen von Werner POPP und Alexandra KITZING)
- die aktive Pressearbeit zu den laufenden Aktivitäten von Lothar TESCHNER (Bilder 3 und 4).

Bilder 3a+b Ausschnitte aus Zeitungsartikeln zum Maus- Türöffner-Tag an der Hochschule Merseburg und im Technikpark des DChM (oben\_MZ, unten\_Wochenspiegel v. 9.10.2019)



**IN KÜRZE**

**Blick mit der Maus in die Hochschule**

**MERSEBURG/MZ** - Anlässlich des Maustür-Öffner-Tages öffnet die Hochschule Merseburg am 3. Oktober von 10 bis circa 14 Uhr gemeinsam mit dem Deutschen Chemie-Museum für alle Maus-Fans ihre Türen. Dabei dreht sich alles um Mischprozesse und Stoffgemische. Im Anschluss finden für kleine und große Maus-Fans verschiedene Mitmachaktionen und Bastelworkshops im Chemie-Museum statt. Die Veranstaltung ist kostenfrei. Die Anmeldung ist ab sofort möglich. FOTO: HOCHSCHULE MERSEBURG

» Anmeldung bei Ute Schlubat unter Tel.: 03461/46 21 31 oder per Mail: [ute.schlubat@hs-merseburg.de](mailto:ute.schlubat@hs-merseburg.de).



**Kleine „Mäuse“ auf Entdeckertour**

**Spannende Experimente beim Maus-Türöffner-Tag**

Unser großer Begegnungstisch am Freitag am 3. Oktober der ‚Maustür-Öffner-Tag‘ an der Hochschule Merseburg und im Deutschen Chemie-Museum statt. Mehr als 200 Besuchern, ganz zu sich das Event, welches an Kindern und Familien einmal im Jahr wiederholt immer – vorzuziehen, spannende Turen zu erleben. Der Maus-Türöffner-Tag geht auf die Kinder-Fernsehsendung mit der Maus zurück. Es gibt ihn seit 2011 und Klausurzeit – in angelegten Plastikflaschen und Tetrapack – fand schließlich im bewährten Chemie-Museum große Resonanz.

Erlaubt unterseits waren die Kids beim Maus-Guch-Gewinnspiel. Es war nicht ganz einfach alle „Mäuse“ zu finden, aber zum Glück haben die Eltern geholfen. Außerdem gibt es wieder zu entdecken mit dem großen Mausturnierfeld. „Brennender“

Im Kontakt: Ute Schlubat zur Leiterin-Veranstaltung im Professor Martin heißt bei Foto: Lothar Teschner



tungsort der Chemie-Olympiade. Der Fortbestand des Schülerlabors ist derzeit vor allem finanziell und dadurch personell nicht gesichert.

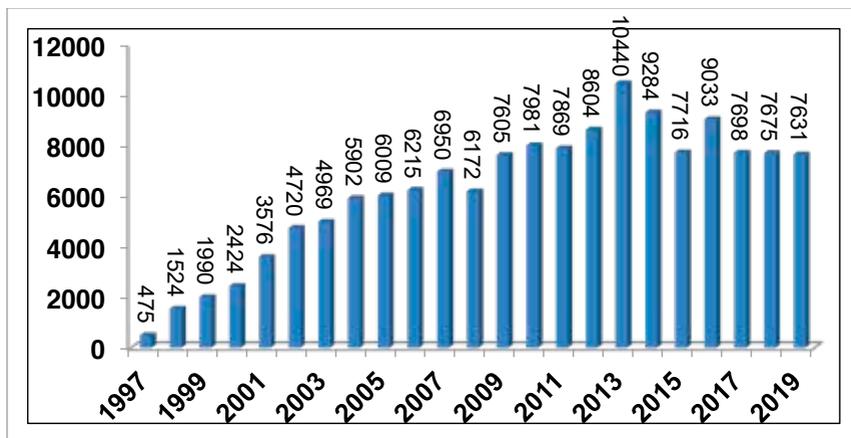


Bild 5 Schülerzahlen von 1997-2019 im Schülerlabor ‚Chemie zum Anfassen‘

## Vereinsarbeit

2019 stieg die Zahl der individuellen Mitglieder von 162 auf 167. Durch bestimmte Umstände sank aber leider die Zahl der korporativen Mitglieder von 43 auf 38. Trotz der sich ständig verändernden Randbedingungen konnte Vieles realisiert und durchgeführt werden, so u.a.:

- 9 Kolloquien (Organisation: Prof. Dr. Hans Joachim HÖRIG),
- 4 Exkursionen (Organisation: Udo HEILEMANN),
- 2 Hefte ‚Merseburger Beiträge...‘ (Organisation: Dr. Dieter SCHNURPFEIL).

Dr. Rudolf KIND gab den Bericht der Kassenprüfer, der keinerlei Beanstandungen enthielt. In seinem Schlusswort hob Prof. MARTIN noch einmal hervor, dass eine der dringlichsten Aufgaben nach wie vor darin besteht, die Einrichtung einer Trägerschaft für das **Deutsche Chemie-Museum (DChM) Merseburg** in absehbarer Zeit zum Erfolg zu führen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass das Museum geschlossen werden muss und die darin enthaltenen Zeugnisse mitteldeutscher (und sachsen-anhaltischer) Industriekultur verloren gehen können.

Als bereits feststehende Termine für das Jahr 2020 wurden genannt:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| <b>19. April 2020</b>  | 13. Tag der Industriekultur             |
| <b>25. April 2020</b>  | 7. Merseburger Museumsnacht (17-23 Uhr) |
| <b>3. Oktober 2020</b> | Maus-Türöffner-Tag                      |

Das DChM ist von April bis Oktober jeweils von montags bis donnerstags von 10.00 -15.00 geöffnet.

Die Kolloquien des SCI finden von Januar bis Juni und von September bis November jeweils am 3. Donnerstag (Ausnahme: im Mai am 2. Donnerstag) im Hörsaal 9 der Hochschule Merseburg statt. Beginn jeweils 17 Uhr.

---

## Quellenverzeichnis der Bilder

Die Quellen der Umschlagbilder sind vorn im Impressum angegeben.

### „Über das Wasser“ – Ein Vorwort (Dieter Schnurpfeil)

- Bild auf Seite 3 (ohne Nummer) <https://stock.adobe.com/de/images/fresh-morning-dew-and-ladybird/30860001>, Autor: Vencav, erworben durch MOL Katalysatortechnik GmbH
- Bilder 1, 5, 9-11 <https://de.wikipedia.org/wiki/Stichwort>, siehe Literaturverzeichnis Vorwort
- Bilder 2 und 6 Fotos: Dr. Dieter Schnurpfeil
- Bilder 3, 4b und 12 durch Literaturzitate im Text belegt
- Bild 4a MZ (Foto: Peter Wölk)
- Bilder 7, 8, 13, 14a-c Jan und Jürgen Koppe
- Bild auf Seite 18 (ohne Nummer) <https://stock.adobe.com/de/images/water-background-design3/8660355>, Autor: 2jenn, erworben durch MOL Katalysatortechnik GmbH

### Beitrag Klaus Krug

- Bilder 1-6, 9, 11-18 <https://de.wikipedia.org/wiki/Stichwort>, siehe Literaturverzeichnis Beitrag
- Bilder 7+8 Autor
- Bilder 10a+b durch Literaturzitate im Text belegt

### Beitrag Thomas Martin

- Bilder 1-7, 9, 10, 13, 14, 16-27 <https://de.wikipedia.org/wiki/Stichwort>, siehe Literaturverzeichnis Beitrag
- Bilder 8+15 durch Literaturzitate im Text belegt
- Bilder 11a+b <https://www.hampel-auctions.com/a/Doebereiner-Feuerzeug.html>, 16.2.2020
- Bild 12 [https://colnect.com/de/stamps/stamp/119311-Johann\\_Wolfgang\\_Doebereiner\\_1780-1849-Berühmte\\_Persönlichkeiten-Deutschland\\_DDR](https://colnect.com/de/stamps/stamp/119311-Johann_Wolfgang_Doebereiner_1780-1849-Berühmte_Persönlichkeiten-Deutschland_DDR), 16.2.2020

### Beitrag Jürgen Koppe

- Bilder 1, 4a-c, 6a, 8-16 Autor (+ ohne Nummer auf Seite 83)
- Bilder 2, 6b, 7 durch Literaturzitate im Text belegt
- Bilder 3+5 <https://home.uni-leipzig.de/kustodie/ausstellungsarchiv/ostwald/in...>, 7.1.2020
- Bild 17 <https://www.internetchemie.info/chemie-lexikon/daten/b/brechungsindex...php>,
- Bilder 18+19 <https://www.mikroskopie-forum.de/index.php?topic=20802+30904>, Fotograf Jürgen SCHRODT (mit freundlicher Genehmigung), 12.1.2020

### Beitrag Jan Koppe

- Bilder 1, 3+7 Autor
- Bilder 2-4 durch Literaturzitate im Text belegt
- Bilder 5+6 Produktkatalog – MOL Katalysatortechnik GmbH, Merseburg, April 2018
- Bilder 6a-d stock.adobe.com (© Kadmy, © Sittinan, © Zhao Jiankang, © Wirot)

### Beitrag Horst Wingrich

- Bild 1 Historisches Stadtarchiv Merseburg
- Bilder 5,11,12 Kulturhistorisches Museum Schloss Merseburg
- Bild 8 durch Literaturzitate belegt
- Bilder 2-4,6,7,9,10,13,14 Autor

### Sachzeugen vorgestellt: Der Merseburger Zauberwürfel...

- Bilder 1-3 MOL Katalysatortechnik GmbH, Merseburg (+ ohne Nummer auf Seite 133)

### Sachzeugen vorgestellt: Das Wasserspiel im Technikpark des DChM

- Bilder 1-4 Fotos: Martin Thoß

### Mitteilungen aus dem Verein

- Bilder 1-5 SCI, Fotos: Lothar Teschner



