

# Von der Flachpfanne zum Vakuumkristallisator: Siedesalzproduktion im 19. und 20. Jahrhundert

Prof. Dr. Dr. Hans-Henning Walter, Waldenburger Straße 89, 09599 Freiberg (Sachsen)

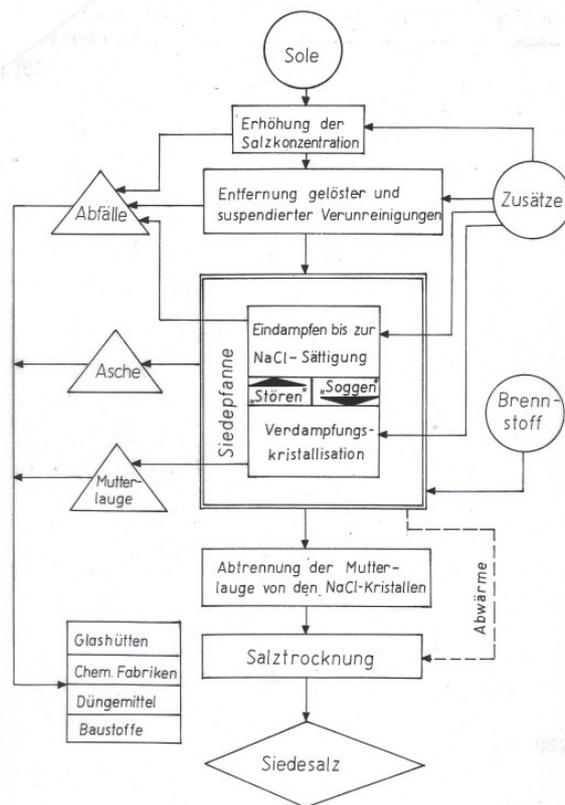
Zahlreiche bekannte, oft publizierte Abbildungen zeigen die Eckpunkte der technologischen Entwicklung, die im folgenden vorgestellt werden soll: Flachpfannen der unterschiedlichsten Gestalt und Größe von 1 bis fast 200 m<sup>2</sup> Grundfläche auf der einen Seite und die fast 20 m hohen Vakuumkristallisatoren modernen Salinen auf der anderen Seite.<sup>1</sup>

Mit den Experimenten von Evangelista Torricelli (1608-1647) Mitte des 17. Jahrhunderts war das Vakuum, „die Leere“, zum Gegenstand physikalischer Forschungen geworden und fand durch die eindrucksvollen Vorführungen des Magdeburger Bürgermeisters Otto von Guericke (1602-1686) mit seinen luftleer gepumpten „Magdeburger Halbkugeln“ im Jahre 1654 auch Eingang in das Alltagswissen.<sup>2</sup> Bereits Robert Boyle (1627-1691) beschäftigte sich daraufhin mit Fragen der Destillation bei vermindertem Druck und entwarf eine für Laborarbeiten geeignete Apparatur. Doch eine praktische Nutzung in der Verfahrenstechnik zeichnete sich erst 150 Jahre später in Frankreich ab. Der berühmte Chemiker Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) hatte gezeigt, dass Äther im Vakuum ohne Wärmezufuhr spontan verdampft. Daraufhin entwickelte der Erfinder Philippe Lebon (1760-1804) eine Apparatur zur Vakuumdestillation, die er sich 1796 patentieren ließ.

Im zweiten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts wurde solche Anlagen in England technisch weiterentwickelt und das noch heute übliche Prinzip der mehrstufigen Verdampfung eingeführt, um die Wärme optimal zu nutzen. Schon um 1812 fand die Vakuumverdampfung in der englischen Zuckerindustrie Eingang. Da beim Einkochen der zuckerhaltigen Lösungen große Wassermengen verdampft werden müssen, lässt sich beim Sieden unter vermindertem Druck viel Brennstoff einsparen. In Deutschland wurde eine erste derartige Anlage bereits 1816 in der Zuckerfabrik Althaldensleben von Johann Gottlob Nathusius (1760-1835) kurzzeitig erprobt. Seit den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts setzte sich die Vakuumver-

dampfung in der Zuckerindustrie allmählich durch.<sup>3</sup> Um 1900 waren mehrstufige Vakuumverdampfer in diesem Industriezweig bereits zu einer gewissen Vollkommenheit gelangt.<sup>4</sup>

Von diesen verfahrenstechnischen Entwicklungen blieb die Siedesalzproduktion in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts noch vollkommen unberührt. Siedesalz wurde zu dieser Zeit in offenen Metallpfannen erzeugt, die in den Jahrhunderten um die erste Jahrtausendwende n. Chr. in Mitteleuropa die Tontiegel der Briquetagetechnik abgelöst hatten. Wenn auch heute wie früher in weiten Kreisen die Vorstellung verbreitet ist, das Salzsieden sei ein recht primitives Verfahren, bei dem man einfach nur die Solen so lange kochen müsse, bis das Salz übrig bleibt, so ist dies jedoch keineswegs der Fall. Im Gegenteil, die Pfannensalzgewinnung ist eine relativ komplizierte Technologie, deren Erfolg in hohem Grade von den Fachkenntnissen, dem Geschick und dem Arbeitseifer der Siedemeister abhängt. Das technologische Schema (s. Abbildung) zeigt die wesentlichen Verfahrensschritte, wie sie im Prinzip für den Pfannensalzprozess bis heute gelten.



Allgemeines Verfahrensschema der Pfannensalztechnologie

Der Rohstoff ist eine Sole, eine Kochsalzhaltige Lösung, die wegen ihrer Herkunft aus unterirdischen Salzlagern auch Nebenbestandteile enthält. Eine Erhöhung des Kochsalzgehaltes sowie die Abtrennung zahlreicher Verunreinigungen erfolgt sowohl durch das Gradieren vor dem Sieden als auch in der ersten Siedephase, dem Stören. Resultat ist eine gesättigte Kochsalzlösung, die bei 109 °C siedet und über 28 % NaCl enthält. Jedoch lässt sich das Salz aus dieser Lösung nicht durch einfaches Abkühlen gewinnen, wie das bei der Erzeugung von Gewerbesalzen wie Alaun oder Salpeter möglich ist. Da die Löslichkeit von Kochsalz kaum von der Temperatur abhängt, bleibt nur die Möglichkeit, ständig weiter Wasser zu verdampfen, um Salzkristalle zu erhalten. Lässt man jedoch die Sole einfach weiter kochen, so entstehen sehr kleine Salzkristalle, die teilweise auf dem heißen Pfannenboden festbrennen und im günstigsten Fall eine schlammartige Salzmasse bilden, die sich sehr schwer trocknen lässt und die von den Verbrauchern abgelehnt wird. Daher müssen die Salzsieder die Sole soggen lassen, d.h. auf einer Temperatur von 60 bis 80 °C halten und über mehrere Stunden hinweg die ausfallenden Salzkristalle aus der heißen Sole herausschaufeln.<sup>5</sup>

Die Pfannensalztechnologie ist also mit sehr viel manueller Arbeit verbunden. In der Störphase müssen die Verunreinigungen kontinuierlich aus der Pfanne herausgeholt werden, damit diese nicht am Pfannenboden festbrennen. In der Sogphase sind ständige Handgriffe erforderlich, um Störungen im Kristallisationsprozess, wie Hautbildung oder Überhitzung, zu beseitigen und ein schönes grobkörniges Salz zu erzielen.

Die technologischen Verbesserungen, die vor allem im 18. und 19. Jahrhundert der Pfannensalzprozess erfuhr, waren auf die Verbesserung der Feuerungsanlagen, auf die bessere Ausnutzung der Abwärme und wegen der sich abzeichnenden Holzverknappung auf den Übergang zu anderen Brennstoffen, vor allem Kohle, gerichtet. Bereits in den ersten Jahrzehnten nach dem Dreißigjährigen Krieg wurde in einigen Gegenden Deutschlands ein Holzmangel fühlbar. Um 1800 spielte die Sicherung der Brennstoffversorgung in den meisten deutschen Salinen eine sehr wichtige Rolle.

Der erste Salinist, der auf den Gedanken kam, die Vakuumverdampfung auch in der Siedesalzproduktion zur Brennstoffeinsparung einzusetzen, war Carl Johann Bernhard Karsten (1782-1853), der Verfasser des bekannten Lehrbuchs der Salinenkunde.<sup>6</sup> Karsten, der seit 1821 nicht nur das preußische Hüttenwesen, sondern auch die gesamte Salzerzeugung des Königreiches leitete, war von seiner Ausbildung her Chemiker<sup>7</sup> und informierte sich auch in seiner späteren Berufstätigkeit ständig über die neuen Entwicklungen auf seinem Fachgebiet. So war er gewiss auch mit der eingangs geschilderten Vakuumverdampfung vertraut. Erstmals ä-

Berte Karsten diese Idee in seinem 450seitigen Werk „Metallurgische Reise durch einen Theil von Baiern und durch die süddeutschen Provinzen Oesterreichs“, das 1821 in Halle erschien und in dem er seine Beobachtungen auf einer ausgedehnten Exkursion im Sommer 1820 festhielt. Bei der Beschreibung der Saline Reichenhall stellt Karsten allgemeine Betrachtungen über die Siedehüttenkunde an, die noch sehr im Dunkeln liege, verweist darauf, dass noch überaus wenig geschehen ist, den Siedeprozess über die gewöhnliche Empirie zu erheben, und stellt hinsichtlich der Wasserverdampfung fest:

Am schnellsten würde die Verdampfung also in einem luftleeren Raume, bei einer solchen Vorrichtung geschehen, durch welche die entstehenden Dämpfe schnell zu Wasser verdichtet werden können.<sup>8</sup> (...) Bei einigen andern Abdampfungsprozessen, die auch ziemlich im Großen ausgeübt werden, z.B. bei der Anfertigung abgezogener Wässer, beim Branntweinbrennen, beim Einkochen des Steinkohlentheerwassers u. s. w., hat die Erfahrung gelehrt, daß die Verdampfung der Flüssigkeiten in kürzerer Zeit und mit einem geringeren Aufwand von Brennmaterial erfolgt, wenn die zu verdampfende Flüssigkeit in ein verschlossenes ... Gefäß gebracht wird.<sup>9</sup>

Nachdem Karsten die umfangreichen Siedeversuche diskutiert hat, die kurz vor seinem Besuch in Reichenhall von dem begabten Ingenieur Georg Friedrich von Reichenbach (1772-1826), dem Erbauer der Soleleitung nach Rosenheim, ausgeführt worden waren,<sup>10</sup> schlägt er vor, in dieser Richtung weitere Experimente anzustellen.

Die überaus großen Probleme, die sich beim Salzsieden im Vakuum ergeben, müssen Karsten jedoch bereits zu dieser Zeit bewusst gewesen sein. Über 25 Jahre später diskutiert er in seiner „Salinenkunde“ erneut diese Verfahrensvariante:

Die Vortheile, welche aus einer solchen Einrichtung entspringen können, sind von denen, welche darin die wesentlichste Vervollkommnung des Salzsiedeprozesses finden wollen, immer sehr überschätzt worden.<sup>11</sup>

Nach der ausführlichen Erörterung physikalischer Probleme verweist Karsten darauf, dass es mit den in den Pfannen vorzunehmenden Arbeiten nicht verträglich wäre, geschlossene Siedepfannen anzuwenden.<sup>12</sup> Außerdem sei eine solche Vorrichtung bei den Arbeiten mit kleinen Quantitäten leicht, aber bei Prozessen, bei welchen es sich um viele tausende von Kubikfuß handelt, sehr schwer auszuführen. Die gewaltigen Kosten für Ventilatoren und Luftpumpen würden den Gewinn an Wärme wieder aufwiegen. Also, meint Karsten, dürfte die Siedung in geschlossenen, vom Druck der Atmosphäre unabhängigen Gefäßen, nicht so bald zur Ausführung kommen.<sup>12</sup>

Wenn Alexander von Humboldt einige Jahrzehnte zuvor etwas voreilig die baldige Abschaffung der Gradierwerke vorausgesagt hatte,<sup>13</sup> so unterschätzte Karsten nun den Erfindungsgeist der Ingenieure seiner Zeit. Nach zwei Patenten englischer Erfinder<sup>14</sup> in den 40er Jahren des 19. Jahrhunderts, die keine praktische Folgen hatten, erzeugte erstmals der österreichische Ingenieur Peter von Rittinger (1811-1872)<sup>15</sup> in der Saline Ebensee Vakuumsiedesalz mit einem von ihm konstruierten geschlossenen „Abdampfapparat“. Der Grundgedanke bestand darin, durch ständiges Absaugen der Wasserdämpfe über der siedenden Sole einen Unterdruck zu erzeugen und damit bei Siedetemperaturen deutlich unter 100 °C arbeiten zu können. Gleichzeitig wurde der abgesaugte Dampf mit Hilfe von Wasserkraft komprimiert, wodurch seine Temperatur steigt. Dieser Heißdampf diente als Wärmequelle für den Siedevorgang. Brennmaterial war nur nötig, um die unvermeidlichen Wärmeverluste auszugleichen. Damit hatte Rittinger das heute in großem Maßstab angewandte Thermokompressionsverfahren in das Salinenwesen eingeführt. Die Anlage arbeitete jedoch nur 1856 und 1857. Der Schönebecker Salinendirektor Franz Adolf Fürer fasst das Ergebnis der Versuche in seiner 1900 erschienenen umfangreichen „Salinenkunde“ in einem Satz zusammen:

Während der Apparat bei süßem Wasser zur Zufriedenheit arbeitete und die Theorie vollauf bestätigte, traten bei der Verdampfung von Soole doch so vielerlei Mißstände ein, daß er eine weitere Verwendung nicht finden konnte.<sup>16</sup>

Die Hauptprobleme ergaben sich daraus, dass beim Sieden von Sole zunächst ein feiner Schlamm aus Gips ausfiel, der auf allen Heizflächen festbrannte und den weiteren Wärmeübergang hemmte. Außerdem setzten sich Kochsalzkristalle an den Kesselwandungen fest und konnten nicht durch die dafür vorgesehene Austrageöffnung entfernt werden. Schließlich gab es Schwierigkeiten mit der Überhitzung des Wasserdampfes, die sich damals sehr schwer vermeiden ließ. Diese grundlegenden Probleme sollten die Verbreitung der Vakuumverdampfung noch viele Jahrzehnte verhindern.

Auf der Grundlage der Versuche von Rittinger entwickelte Prof. Piccard aus Lausanne einen verbesserten Vakuumsiedeapparat, der von der Genfer Firma Weibel, Briquet und Comp. produziert wurde und der jahrelang in den Salinen Bex in der Schweiz, Ebensee in Österreich und Schönebeck in Preußen in Betrieb stand. Zahlreiche Abbildungen in einem zeitgenössischen Bildatlas geben einen anschaulichen Eindruck von der recht komplizierten Anlage. Dieser Atlas gehört zu einer umfangreichen, vorzüglichen Preisschrift des österreichischen Bergrates und Direktors der Saline Ischl, Carl Baltz von Balzberg, in der die technischen Fortschritte in der Siedesalzerzeugung des 19. Jahrhunderts dargestellt werden.<sup>17</sup>

Dabei nimmt die Beschreibung der Piccard-Weibel-Anlage mehrere Druckseiten in Anspruch.<sup>18</sup>

In Bex begann man im Jahre 1876 mit dem Piccard-Weibel-Apparat zu siedern, erhielt jedoch anfangs nur ein schmieriges, unbrauchbares Salz.<sup>19</sup> Erst nach mehreren Verbesserungen, vor allem dem Einsatz einer Zentrifuge zur Salztrocknung, konnte man ein sehr reines und trockenes Tafelsalz erzeugen. Produktionsmenge und Brennstoffeinsparung blieben jedoch weit hinter den Erwartungen zurück. In Schönebeck nahm man die Vakuumanlage 1889 wieder außer Betrieb. Der Salineninspektor resümierte:

Die ganze Einrichtung war zu umständlich, häufige Betriebsunterbrechungen waren unvermeidlich, das sehr feine Salz backte in festen Massen zusammen und war schwer verkäuflich.<sup>20</sup>

So kommt Fürer im Jahre 1900 nach der Besprechung zahlreicher weiterer Vakuumapparate und praktischer Versuche, unter anderem auch in der Saline Unna, zu folgendem Schluss: Für die Salzgewinnung im Großen haben alle Vakuumapparate bis jetzt keine Bedeutung erlangt.<sup>21</sup> Für den gewöhnlichen Salinenbetrieb seien solche komplizierten Apparate nicht geeignet.<sup>22</sup> Das Siedesalz als Massengut konnte eben nur in einfachen Siedeeinrichtungen mit Gewinn produziert werden, die im täglichen Betrieb kaum zu Störungen neigten und an denen auch ungelernete Arbeitskräfte beschäftigt werden konnten. Ohnehin hatte man bei der Salzsiedung mit verschiedenen Problemen zu kämpfen, wie der Hautbildung auf der Sole durch eingebrachte Fette und Öle. Nach Meinung des erwähnten Ingenieurs Balzberg

schritt man mit Anwendung der Compression des Dampfes und Anwendung von Vacuumpumpen über den Grenzpfahl hinaus, der nun einmal dem Salinenwesen gesteckt ist, und dessen Aufschrift lautet: „Alles zu vermeiden, was zu Complicationen führt, die nicht durch außerordentliche Verhältnisse gerechtfertigt sind.“ Gegen diesen Grundsatz wurde vielfach gesündigt, und so darf es nicht Wunder nehmen, wenn eine Menge äußerst sinnreich construirter Apparate und Einrichtungen den von ihnen erwarteten Vortheilen nicht entsprachen und nun brach liegen.<sup>23</sup>

Auch zahlreiche andere Neuerungen, die Balzberg in seinem Werk beschreibt, konnten sich im praktischen Salinenbetrieb nicht durchsetzen und standen meist nur kurzzeitig in wenigen Salinen in Betrieb. Eine wichtige Ausnahme stellt allerdings die Unterkesselpfanne dar, bei der sich der aus der heißen Sole ausfallende Gips nicht wie bei Flachpfannen als harter, schwer zu entfernender Pfannenstein absetzt, sondern als Schlamm auf den Rohren des Unterkessels liegen

bleibt. Die 1887 patentierten Unterkesselpfannen hatten sich bis 1935 in 60 % der deutschen Salinen durchgesetzt.<sup>24</sup>

Die Vakuumsalzsiedung fand auch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts kaum Eingang ins Salinenwesen. Es war keineswegs abzusehen, dass es sich dabei um eine zukunftssträchtige Technologie handeln könnte. Auch viele andere Verfahrensvorschläge wurden erprobt, so die Abkühlung der Solen auf minus 17°C, wobei ein wasserhaltiges Kochsalz ( $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) kristallisiert.<sup>25</sup> Dennoch kamen immer wieder einzelne Salinendirektoren auf das Sieden bei vermindertem Druck zurück.

Vor dem ersten Weltkrieg arbeitete in der Saline Lüneburg eine Vakuumverdampfungsanlage mit einer jährlichen Produktionskapazität von ungefähr 10 000 t, die seit 1901 in Betrieb war. Vorausgegangen waren umfangreiche Versuche unter der Leitung des Salinendirektors Otto Sachse.<sup>26</sup> Dabei war erkannt worden, dass die technischen Probleme der Salzgewinnung nur dann zu beherrschen sind, wenn aus den Solen insbesondere die Calcium- und Sulfationen entfernt werden. Diese treten bei der Eindampfung zu Calciumsulfat (Gips) zusammen, und selbst kleine Gipsmengen brennen in allen Röhren fest und verhindern eine kontinuierliche Siedung. Ein solcher ununterbrochener Betrieb ist jedoch die Voraussetzung dafür, um die auskristallisierenden großen Salzmengen beherrschen zu können, die anderenfalls ebenso wie der Gips in der Siedeapparatur zu harten Massen festbrennen. Zur wirtschaftlichen Verwertung ihrer Technologie gründeten die Salinen Lüneburg und Schweizerhalle gemeinsam mit der „Aktiengesellschaft für Apparate- und Kesselbau zu Aachen“ die Gesellschaft „Triplex“. Außer den beiden genannten Salinen arbeiteten noch die Salzwerke Eggestorffshall bei Linden, Ebensee in Österreich, Rotterdam in den Niederlanden und Tomblaine-Nancy in Frankreich nach diesem Verfahren.<sup>27</sup>

Im ersten Weltkrieg mussten vor allem in Deutschland viele Salinen aus Brennstoffmangel ihre Produktion einschränken, so dass sich zunehmend gemahlene Steinsalz auf dem Speisesalzmarkt durchsetzen konnte. In den 20er Jahren gelang es den Salinen nur unter großen Anstrengungen, die verloren gegangenen Marktanteile zurückzuerobern. Dabei ergaben sich als Nebeneffekt bessere Absatzmöglichkeiten für feinkörniges Siedesalz, wahrscheinlich weil die Verbraucher nun durch das gemahlene Steinsalz mit feineren Körnungen vertraut waren. In den Jahrhunderten zuvor hatte man dagegen fast ausschließlich grobe Salzkörnungen bevorzugt.<sup>28</sup> Diese Tatsache kam zwar dem Absatz des von Natur aus sehr feinkörnigen Vakuumsiedesalzes entgegen. Auf der anderen Seite aber verhinderte die geringe Gewinnspanne der Siedesalzproduktion die breite Einführung der immer noch recht komplizierten Technologie, die hohe Investitionen erforderte.

In den 30er Jahren standen in 6 deutschen Salinen Vakuumapparate in Betrieb, also immerhin in rund 15 % aller Salinen.<sup>29</sup> Jedoch wurden in allen diesen Salzwerken gleichzeitig noch offene Siedepfannen betrieben, die überdies den Hauptanteil der Produktion lieferten.

Die Tabelle 1 zeigt Salinen mit gleichzeitigem Betrieb von Siedepfannen und Vakuumverdampfungsanlagen, geordnet nach dem Jahr der Einführung der Vakuumtechnologie.

<u>Saline</u>	<u>Pfannensalzproduktion</u>	<u>Vakuumsalzerzeugung</u>
Schönebeck	12. Jahrhundert bis 1967	um 1870 bis 1889
Bex (Schweiz)	15. Jh. bis vor 1980	1876 bis heute
Lüneburg	10. Jh. bis 1980	um 1901, später demontiert
Linden bei Hannover	1831 bis 1962	um 1901, später stillgelegt
Ebensee (Österreich)	1607 bis um 1970	1904 mit 6000 t/a 1979 Groß-Saline Steinkogel bis heute
Bad Friedrichshall-Jagstfeld	1818 bis 1969	1914 bis 1926, Großanlage Kochendorf bis heute
Bad Reichenhall	vor 7. Jh. bis 1974	1924 bis heute
Schöningen	10. Jh. bis 1970	1928 bis 1970
Oberilm	1905 bis 1999	kurzzeitig 1930er Jahre
Teutschenthal bei Halle	1912 bis 1947	um 1938 bis um 1990
Hall in Tirol	13. Jh. bis 1951	1951 bis 1967
Stade	1873 bis 1965	1964 bis heute
Bad Kreuznach	1728 bis 1974	1975 bis heute (Erzeugung von Mutterlauge für Solebä- der)
Bernburg	1856 bis 1873	um 1998 bis heute

**Tabelle 1:** Salinen mit Siedepfannen und Vakuumverdampfungsanlagen

Wie schon im ersten Weltkrieg, so wurde auch im zweiten Weltkrieg die deutsche Siedesalzproduktion stark durch Kohlebewirtschaftung und Arbeitskräftemangel beeinträchtigt. An technische Weiterentwicklungen war nicht zu denken, sogar die 1936 auf dem Höhepunkt des wirtschaftlichen Aufschwunges im Dritten Reich gegründete Zeitschrift *Saline*<sup>30</sup>, das Organ des „Vereins Deutscher Salinen“, musste ihr Erscheinen einstellen. Im letzten Heft 1941 liest sich das so:

Alle technischen Herren sind kriegswirtschaftlich auf das äußerste angespannt. Sie haben wenig oder keine Zeit für größere technische Abhandlungen.<sup>31</sup>

In der Schweiz dagegen konnte die „Schweizerische Rheinsalinen AG“ ausgedehnte Modernisierungen vornehmen. 1942 und 1943 erfolgte eine grundlegende Umgestaltung des Siedebetriebs in den Salinen Riburg und Schweizerhalle, nachdem schon in den Jahren zuvor Vakuumverdampfungsaggregate errichtet worden waren. Die Pfannensalztechnologie wurde fast vollständig durch Vakuumanlagen ersetzt, die nach dem Thermokompressionsverfahren arbeiteten. Damit konnte die in der Schweiz billig verfügbare Elektroenergie auch zur Salzproduktion eingesetzt werden. Nur in der Saline Riburg blieb für die Erzeugung von Grobsalz eine Unterkesselpfanne in Betrieb, die bis 1971 arbeitete.

In Deutschland war die Siedesalzproduktion, also die Summe von Pfannensalz und Vakuumsalz, die 1930 bei 500 000 Jahrestonnen gelegen hatte, im Jahre 1950 auf 360 000 t gesunken und hatte 1960 mit 400 000 t noch nicht wieder das Vorkriegsniveau erreicht.<sup>32</sup> In den 50er Jahren wurden einzelne Vakuumsiedeanlagen hoher Kapazität errichtet, so in der Saline Schöningen eine Anlage für 80 000 Jahrestonnen. Doch 1960 wurden immer noch 50 % der deutschen Siedesalzproduktion in offenen Pfannen erzeugt. Jedoch im Zeitraum der folgenden 10 Jahre führten die gewachsenen Möglichkeiten des chemischen Apparatebaues im Verein mit einer in der Geschichte ungewöhnlich hohen Investitionskraft der großen Salzfirmen zur Errichtung moderner Vakuumanlagen mit einer Jahreskapazität von weit über 100 000 t. Das spiegelt sich auch in der technischen Literatur wider. Während in der 3. Auflage von Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie 1960 die Pfannensalztechnologie noch ausführlich behandelt wird,<sup>33</sup> beschreibt die 4. Auflage 1979 ausschließlich die Methoden der Vakuumsalzproduktion.<sup>34</sup>

Zwischen 1960 und 1971 stellten 17 deutsche Pfannensalinen ihre Produktion ein. Danach gab es nur noch in Bad Kreuznach, Lüneburg, Göttingen und Oberilm sowie in Aussee in Österreich Siedepfannen. Die Tabelle 2 zeigt die letzten mitteleuropäischen Pfannensalinen. Diese Entwicklung wurde auch von der Seite des Salzabsatzes stark gefördert. Die chemische Industrie, insbesondere die So-

daproduktion und die Alkalichlorid-Elektrolyse, benötigte für ihre neuen Technologien zunehmend Siedesalz sehr hoher Reinheit von über 99,5 % NaCl, das nur in Vakuumkristallisatoren kostengünstig herstellbar ist. So kommt es, dass heutzutage auch das Speisesalz fast ausschließlich hochreines Siedesalz ist. Vor hundert Jahren schrieb der erwähnte Ingenieur BALZBERG:

Instinctiv zieht das Volk schärfer schmeckendes, also mehr mit Nebensalzen gemengtes Kochsalz vor. Würden uns mit dem Chlornatrium nicht auch Nebensalze gereicht, müßten wir dieselben vielleicht um den hundertfachen Preis in Form von Medikamenten aus der Apotheke holen.<sup>35</sup>

<u>Saline</u>	<u>Beginn der Salzproduktion</u>	<u>Kaltlegung der Pfannen</u>
Dürrheim	1822	1971
Rappenu	1823	1971
Riburg (Schweiz)	1837	1971
Bad Kreuznach	1607	1974
Lüneburg	10. Jahrhundert	1980
Aussee (Österreich)	10. Jahrhundert	1983
Oberilm	1905	1999
Göttingen	1854	drei Pfannen in Betrieb (Stand März 2005)

**Tabelle 2:** Nach 1970 eingestellte Pfannensalinen

So ahnte der österreichische Ingenieur Balzberg im Jahre 1897 einen Zustand voraus, von dem sich exakt 100 Jahre später jedermann in Deutschland in jeder Apotheke überzeugen konnte. Es gibt für jedes chemische Element, das wir auch im Pfannensiedesalz finden, zum hundertfachen Preis des Speisesalzes ein besonderes Präparat: Kalium, Magnesium, Jod, Calcium, Fluor, Selen, Zink, Eisen und Kupfer, um nur einige zu nennen und von den Spurenelementen ganz zu schweigen.<sup>36</sup>

Nach der Kaltlegung der Saline Lüneburg am 6. September 1980<sup>37</sup> beschränkte sich die deutsche Pfannensalzproduktion auf Oberilm mit ca. 15 000 Jahrestonnen und Göttingen mit 3000 t. Im Januar 1999 wurde auch in Oberilm die Salz-

produktion eingestellt. Die Eigentümer der Saline Oberilm GmbH hatten die technischen Anlagen an die Kali + Salz AG Kassel verkauft.<sup>38</sup> Seitdem bemüht sich der Traditionsverein Saline Oberilm „Ilmhall“ e.V. um eine museale Nutzung der Gebäude. Nunmehr ist die Saline Luisenhall in Göttingen die letzte verbliebene Pfannensaline im mitteleuropäischen Raum, wenn man von kleineren Pfannen in einigen deutschen Salz Museen einmal absieht.

Die Tabelle 3 fasst noch einmal die Entwicklung der letzten 200 Jahre zusammen: Die Zahl der Salinen sinkt stetig, während die deutsche Salzproduktion von jährlich 100 000 t auf über 12 Millionen Tonnen gestiegen ist.

<u>Jahr</u>	<u>Zahl der Salinen</u>	<u>Zahl der Salzbergwerke</u>	<u>Gesamte Salzproduktion</u>
1800	100	0	100 000 t
1875	80	14	600 000 t
1900	70	20	1 280 000 t
1925	46	20	2 270 000 t
1950	31	20	4 100 000 t
1975	8	10	12 500 000 t
2000	6	7	12 500 000 t

**Tabelle 3:** Salzproduktion in Deutschland (Angaben gerundet)

- 1 Zu den eindrucksvollsten künstlerischen Darstellungen des Salinenbetriebs in Siedepfannen gehört die Sammlung von 73 Ölgemälden, die der Maler Benedict Werkstötter 1757/58 im Auftrag des Salzburger Erzbischofs schuf. Die Bilder, die die Arbeitsweise der Saline Hallein zeigen, befinden sich heute im Keltenmuseum der Stadt Hallein. Vgl. K. W. Zeller: „Die Fürstenzimmer“, *Salz: Begleitband der Salzburger Landesausstellung 1994* (Salzburg 1994), S. 175-238.
- 2 *Allgemeine Geschichte der Technik von den Anfängen bis 1870* (Leipzig 1981), S. 153.
- 3 H. W. Prinzler, *Summa destillationis: Von der Destillation, den gebrannten Wassern und mancherlei Laboratoriumskünsten* (Leipzig 1983). S. 295-298; *Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie* (München 1923), Bd. 12, S. 324, 354.
- 4 *Ullmanns Encyclopädie* (München 1914), Bd. 1, S. 18.

- 5 Eine ausführliche Darstellung der physikalisch-chemischen Grundlagen der Kochsalzkristallisation in offenen Siedegefäßen findet sich in: H.-H. Walter, *Zur Entwicklung der Siedesalzgewinnung von 1500 bis 1900 unter besonderer Berücksichtigung chemisch-technologischer Probleme* (Freiberg 1985).
- 6 C. J. Karsten, *Lehrbuch der Salinenkunde* (Berlin 1846/47); Reprint mit einem Nachwort von H.-H. Walter (Hildesheim 1999).
- 7 Am 12.10.1802 promovierte er in Rostock mit der Schrift „De affinitate chemica“. In einem Anfang 1803 verfassten Lebenslauf schreibt Karsten u.a.: „Ich bin im Jahre 1782 zu Bützow in Mecklenburg geboren. Mein Vater, der jetzige Professor der Cameral- und Policeywissenschaften auf der Universität zu Rostock ... übernahm selbst die Sorge meines ersten Unterrichtes, und wußte schon von meiner frühesten Jugend an, eine herrschende Vorliebe zu Naturwissenschaften in mir zu erregen. Die erste Anleitung in der Mathematik, in der lateinischen, französischen und englischen Sprache erhielt ich gleichfalls durch ihn, und in der Folge suchte ich mich hierin, theils durch Privatunterricht, theils durch den Besuch des Rostocker Gymnasiums, so viel es in meinen Kräften stand zu vervollkommen. Die genaue Bekanntschaft mit dem Professor Link in Rostock, dessen Güte ich einen ganz besonderen Privatunterricht in Physik, Chemie und Mineralogie, mit praktischen Arbeiten im Laboratorio verknüpft, verdanke, gab meinen Neigungen eine ganz bestimmte Richtung, und alle Zeit die ich mir erübrigen konnte, ward diesen Wissenschaften gewidmet. Im Jahre 1798 betrat ich die Universität zu Rostock, ohne mich indeß einem bestimmten Fach ausschließlich zu widmen ... besuchte ich ... die logischen, metaphysischen, mathematischen, historischen, statistischen, physikalischen, chemischen, mineralogischen, technologischen und oekonomischen Vorlesungen, und suchte das, was beim Unterrichte nur kurz, und oft gar nicht berührt werden kann, durch Selbststudium, so viel ich konnte, zu ersetzen. Durch einige chemische Aufsätze, die ich durch besondere Veranlassungen dem Druck übergeben hatte, erhielt ich die literarische Bekanntschaft des Herrn Bergraths Scherer, der sich damals in Berlin aufhielt, und mir den nicht unvortheilhaft scheinenden Antrag machte, ihm bei der Herausgabe seines chemischen Journals behilflich zu sein; einen Antrag, den ich im Jahre 1800 um so lieber annahm, weil ich mich meinem Lieblingsstudio so ganz ungetheilt widmen zu können hoffte....“

(Quelle: *Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz Berlin-Dahlem, Bestand Ministerium für Handel und Gewerbe, Abteilung für Bergwerks-, Hütten- und Salinenwesen, Signatur: I. HA Rep. 121 Abt. A Tit. X Sekt. 10 Nr. 5, Blatt 4 v,r, 5 v*).

Einen Überblick über die vielseitige Tätigkeit Karstens gab eine Tagung im August 2003, deren 26 Vorträge publiziert sind: *Carl Johann Bernhard Karsten (1782-1853) - Chemiker, Metallurge, Salinist und preußischer Bergbeamter. Vorträge der Tagung vom 22. bis 24. August 2003 in der Saigerhütte Olbernhau-Grünthal*, hg. v. H.-H. Walter (Freiberg 2004).

- 8 C. J. B. Karsten, *Metallurgische Reise durch einen Theil von Baiern und durch die süd-deutschen Provinzen Oesterreichs* (Halle 1821), S. 61.
- 9 Karsten, *Metallurgische Reise*, S. 64.
- 10 H. Klaiber, „Die bayerischen Salinen“, *Saline* 5 (1940), S. 33-100.

- 11 Karsten, *Salinenkunde*, Bd. 2, S. 633.
- 12 Karsten, *Salinenkunde*, Bd. 2, S. 636.
- 13 A. v. Humboldt, „Versuch über einige physikalische und chemische Grundsätze der Salzwerkskunde“, *Bergmännisches Journal*, 5. Jahrgang (1792) Bd. 1, S. 1-46, 97-141. Dort heißt es auf Seite 44: „Vielleicht nähert sich Deutschland einer Periode, in welcher alle Gradirung auf Dornwänden aufhören kann. Sollte es glücken, auch in dem nördlichen Theile unseres Vaterlandes einen Salzstock zu entdecken, so würde man sich des Steinsalzes zum Anreichern der Soole bedienen.“
- 14 F. A. Fürer, *Salzbergbau- und Salinenkunde* (Braunschweig 1900). Reprint mit einem Nachwort von Hans-Henning Walter. (Hildesheim 1998), S. 894.
- P. Piasecki, “The Salt Industry in Europe at the Threshold to the Industrial Era (1780-1880)”, *8th World Salt Symposium. Elsevier, 2000*, hg. v. R. M. Geertmann, Bd. 2, S. 1133-1138.
- 15 Peter Ritter von Rittinger (1811-1872) war Sektionsrat im k. u. k. Ministerium für Landeskultur und Bergwesen in Wien (G. Treffer, *Weißes Gold: 3000 Jahre Salz in Österreich* (Wien 1981), S. 103, 143).
- 16 F. A. Fürer, *Salinenkunde*, S. 897.
- 17 Im Jahre 1881 hatte der Verein Deutscher Salinen und Salzbergwerke eine Preisaufgabe ausgeschrieben für die beste „kritische Beleuchtung aller seit 1860 für den Salinenbetrieb vorgeschlagenen ... technischen Neuerungen“. Nachdem nur zwei unzureichende Arbeiten eingegangen waren, schrieb man den Preis 1887 erneut aus: „Der darauf seitens des K. K. Oberingenieurs der alpinen Salinen, des Directors der Saline Ischl, jetzigen Bergrathes Herrn Carl Baltz, Edlen von Balzberg, Ritter des Kaiser Franz Josef-Ordens u. s. w. eingeleferteten Bearbeitung wurde der ausgesetzte Preis im August 1890 zuerkannt.“ Nach nochmaliger Überarbeitung erfolgte dann die Veröffentlichung: C. Baltz von Balzberg, *Die Siedesalz-Erzeugung von ihren Anfängen bis auf ihren gegenwärtigen Stand nebst einem Anhang über Seesalinen* (Berlin 1896), S. 159, 4 Abb. und 1 Atlas mit 19 Tafeln. Die Zitate stammen aus der „Vorrede“.
- 18 C. Baltz von Balzberg, *Die Siedesalzerzeugung von ihren Anfängen*, S. 101-118.
- 19 H. Cramer, „Mittheilungen von einer Reise nach dem Waadtlande in der Schweiz und dem Salzwerk zu Bex daselbst“ *Zeitschrift für Naturwissenschaften* 68 (Leipzig 1895), S. 161-231. Zitat: S. 226.
- 20 Goebel/Fricke/Schulte: *Das Königliche Solbad zu Elmen - Festschrift zur Hundertjahresfeier seines Bestehens: 1802-1902* (Leipzig 1902), S. 207.
- 21 F. A. Fürer, *Salinenkunde*, S. 926.
- 22 F. A. Fürer, *Salinenkunde*, S. 912.

- 23 C. Baltz von Balzberg, *Die Siedesalzerzeugung von ihren Anfängen*, S. 48 f.
- 24 W. Mentzel, „Über die Entwicklung der deutschen Salinentchnik seit 1900“, *Saline* 1 (1936) S. 8-49.
- 25 F. A. Fürer, *Salinenkunde*, S. 882.
- 26 Bergrat Sachse informierte sich offenbar im Gegensatz zu vielen seiner Amtskollegen auch über die ausländische Salzgewinnung. So unternahm er im Jahre 1904 eine ausgedehnte Besichtigungsreise durch die USA und gab darüber auf der Generalversammlung des Vereins Deutscher Salinen im September 1905 in Straßburg einen sehr interessanten Reisebericht, der auch gedruckt vorliegt (*Die Salinenindustrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika*. (Lüneburg 1905).
- 27 J. O. v. Buschman, *Das Salz* (Leipzig 1909), Bd. 1, S. 110 f.
- 28 *Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie* (1920), Bd. 8, S. 435.
- 29 W. Mentzel, „Über die Entwicklung der deutschen Salinentchnik seit 1900“, *Saline* 1 (1936), S. 23.
- 30 Diese Jahresschrift des Vereins Deutscher Salinen erschien von 1936 bis 1941 in insgesamt 6 Heften und ist nur noch in wenigen Bibliotheken vorhanden. Ein Reprint mit einem Vorwort des Verfassers ist geplant.
- 31 Ebenda, Band 6 (1941), Vorwort.
- 32 125 Jahre Verein Deutsche Salzindustrie. Bonn 2000. Bei den Nachkriegszahlen wurden die Produktionsziffern von DDR und BRD addiert.
- 33 *Ullmanns Enzyklopädie*, 3 (München 1960), Bd. 12, S. 674 - 677.
- 34 *Ullmanns Enzyklopädie*, 4 (München 1979), Bd. 17, S. 194-196.
- 35 C. Baltz v. Balzberg, *Die Siedesalzerzeugung von ihren Anfängen*, S. 101.
- 36 So sind mehrere Kombinationspräparate erhältlich, die folgende Elemente gleichzeitig enthalten: Calcium, Phosphor, Eisen, Magnesium, Jod, Magnesium, Kalium, Kupfer, Mangan, Chrom, Molybdän, Selen, Silizium, Zink. Für fast alle dieser Mineralstoffe existieren darüber hinaus Einzelpräparate (freundliche Auskunft der Apotheke Am Mühlteich, Freiberg, vom Juli 2000).
- 37 U. Reinhardt, „Saline Lüneburg 956-1980“, *Der Anschnitt* 33 (1981), S. 59.
- 38 Schreiben des ehemaligen Geschäftsführers der Saline Oberilm, Detlef Poppendieck, vom 2.7.2000. Die Kali + Salz AG war an einer weiteren Salzproduktion in Oberilm nicht interessiert.