

Quarks & Co



SCRIPT ZUR WDR-SENDEREIHE „QUARKS & CO“

**KOSTBARES  
SALZ**



Kostbares Salz

## Inhalt

Steckbrief Salz	4
Das Salz in der Suppe	8
Salz ist nicht gleich Salz	12
Salz im Körper	15
Salz und der Bluthochdruck	18
Geheimnisvoller Salzspeicher	22
Salz – der Stoff, der Geschichte macht	25
Wie das Salz auf die Erde kam	28
Endlager Salzstock	30
Salz – ein Problem in der Landwirtschaft	34
Lesetipps	37
Linktipps	38

## Impressum

### Text:

Axel Bach,  
Hilmar Liebsch,  
Anke Rau,  
Corinna Sachs,  
Michael Tekath

Redaktion und Koordination: Claudia Heiss

Copyright: WDR Mai 2005

Weitere Informationen erhalten sie unter: [www.quarks.de](http://www.quarks.de)

Gestaltung: Designbureau Kremer & Mahler, Köln

Diese Broschüre wurde auf 100% chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Bildnachweise – alle Abbildungen WDR

ausser:

NaCl-Kristall\_8\_(c)\_Axel-Bach-2005-klein.jpg – Rechte: Axel Bach

Ohne Schwerkraft wird's nicht leichter, Trinken im Weltraum – Rechte: ESA

Ein Castor Behälter wird im Zwischenlager abgeladen

Footage „Gorleben Castor“ 2003, BLG GmbH, Öffentlichkeitsarbeit: Jürgen Auer, Freigabe zur Nutzung durch BLG

„Hitzetest im Forschungsbergwerk Asse“ und „Im Forschungsbergwerk Asse werden die Kammern mit Salz verfüllt“ – Rechte: Film "Forschungsbergwerk Asse", Filmmaterial des GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit / Forschungsbergwerk Asse, Produktionsfirma: Ahrens Film, Laatzen



# Steckbrief Salz

## Kochsalz – ein unglaublicher Stoff

Natriumchlorid ist das wohl bekannteste Salz – es wird auch Kochsalz genannt. In der Chemie wird es mit NaCl abgekürzt.

### Physikalische Eigenschaften

- Schmelzpunkt: 801 °C
- Siedepunkt: 1440 °C
- Dichte: 2,164 g/cm<sup>3</sup>
- Molmasse: 58,45 g/mol
- Löslichkeit in Wasser: 358 g/l (bei 20 °C)  
392 g/l (bei 100 °C)

(Quelle: Römpp Chemie-Lexikon)

### Regelmäßig und quadratisch – das Kristallgitter

Kochsalz besteht aus zwei entgegengesetzt geladenen Teilchen: dem positiven Natrium und dem negativen Chlor. Chemiker nennen solche geladenen Teilchen Ionen. Im Kochsalz ist jedes Ion von sechs genau entgegengesetzt geladenen Ionen umgeben.

Im Kristallgitter wechseln sich die Natrium- und Chlor-Ionen regelmäßig ab.

Berücksichtigt man auch die Größe der Ionen, wird der Aufbau klar: Die Chlor-Teilchen sind größer als die Natrium-Teilchen. Das liegt daran, dass das Natrium ein Elektron an das Chlor abgibt. Dadurch wird das Chlor deutlich größer. Die Struktur im Kleinsten spiegelt sich auch in natürlich gewachsenen Kristallen wider: Auch sie sind würfelförmig.

## Zwei berühmte Gesellen: Natrium und Chlor

Natrium und Chlor haben es in sich: Natrium ist ein so genanntes Alkali-Metall. Es ist relativ weich, metallisch glänzend, sehr reaktionsfreudig und das sechsthäufigste Element in der Erdkruste.

Chlor ist ein giftiges, gelblich-grünes Gas. Es ist sehr reaktionsfreudig und kommt daher in der Natur nur gebunden vor – zum Beispiel als Chlorid im Kochsalz – und dann ist es natürlich auch nicht mehr gefährlich.

### Tanzende Kugel im Wasser

Kommt Natrium in Wasser, verwandelt es sich zu einer Kugel, die heftig mit dem Wasser reagiert. Es entstehen Natronlauge und Wasserstoff. Bleibt die Natriumkugel länger an einer Stelle, kann sich das Wasserstoffgas selbst entzünden.

### Heftige Reaktion mit Salzsäure

Natrium bildet auch mit Salzsäure eine Kugel, die heftig mit der Säure reagiert. Es entsteht Wasserstoff, der sich immer wieder von selbst entzündet. Salzsäure enthält Chlor. Das Natrium reißt das Chlor aus der Säure: nach unten rieseln Kochsalzkristalle! Natriumchlorid.

### Leuchten im Chlorgas

Wenn Natrium und Chlor direkt aufeinander treffen, gibt es kein Halten mehr: Ist das Natrium-Metall flüssig, verbrennt es mit leuchtend gelber Flamme im Chlorgas. Übrig bleibt weißer Rauch: Auch das ist Kochsalz – ganz fein verteilt.



## Salz unter der Lupe

### Salz ganz nah

Bei extrem starker Vergrößerung zeigt sich Kochsalz in seiner typischen Form: als Würfel. Unter dem Rasterelektronenmikroskop erkennt man das genau.

### Weißes Salz

So kennt jeder das Kochsalz: Es erscheint weiß, weil es sämtliches Licht in alle Richtungen streut und reflektiert.

### Blaues Salz

Kochsalz kann auch seine Farbe ändern: Es wird blau, wenn es radioaktiv bestrahlt wird. Im Salzstock des Forschungsbergwerks Asse forschte man seit den 60er Jahren zur Endlagerung von hochradioaktivem Abfall. Testweise deponierte man dort hochradioaktives Kobalt-60. Dieses strahlte einen halben Meter tief in das Salz des Salzstocks hinein und verfärbte es blau.

Löst man solche blauen Natriumchlorid-Kristalle in Wasser, verschwindet die Farbe – genauso, wenn man das Salz auf über 250 °C erhitzt: Es sind also keine echten Verfärbungen.

### Klares Salz

Salz kann auch mit Edelsteinen mithalten. Solche Natriumchlorid-Kristalle sind klar. Man kann sogar hindurchsehen – wie durch Glas.

## Salz ist überall

### Salz im Weltraum

Natriumchlorid gibt es überall – sogar im Weltraum. Sternschnuppen bringen es auf die Erde. Wissenschaftler vermuten, dass mit Sternschnuppen (Meteoriten) täglich bis zu 300 Kilogramm Natrium auf die Erde regnen. Daraus können theoretisch über 750 Kilogramm Kochsalz werden.

### Salz im Meer

Das meiste Salz ist in den Meeren gelöst: Etwa vierzig Billionen Tonnen. Das ist unvorstellbar viel. Damit könnte man das gesamte Festland der Erde mit einer 150 Meter hohen Salzschrift bedecken.

### Salz unter der Erde

Auch unter der Erde findet man Kochsalz – als so genannter Halit in Salzstöcken. Sind Eisenoxide eingelagert, ist es orangefarben.

Das Vorkommen von Steinsalz schätzt man auf 100 Billionen Tonnen weltweit. Dagegen erscheint die Weltjahresproduktion von Natriumchlorid recht gering: 2003 waren es 223 Millionen Tonnen. Die Salzvorräte der Erde würden also knapp 450.000 Jahre ausreichen.

### Salz im Menschen

Und auch in uns Menschen befindet sich Kochsalz – zusammengerechnet etwa 160 Gramm in den Knochen, in der Haut und in jeder einzelnen Zelle. (Siehe Kapitel „Salz im Körper“ auf Seite 15)




# Das Salz in der Suppe

## Das beliebteste Gewürz

Der Geschmack von Salz ist durch nichts zu ersetzen. Seit vielen Jahrtausenden wird es genutzt, und es ist auch heute noch das wichtigste Würzmittel. Gewöhnliches Speisesalz ist Kochsalz und besteht aus zwei Elementen, Natrium und Chlorid im Verhältnis 40 zu 60. Daher stammt sein chemischer Name „Natriumchlorid“. Weil Salz sehr wichtig für viele Körperfunktionen ist, braucht es der Mensch. Wie für viele Nahrungsmittel gibt es einen Richtwert für die tägliche Menge. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt großzügig 6 Gramm pro Tag. Allerdings kann dies nur ein grober Mittelwert sein, denn die Bedürfnisse sind von Mensch zu Mensch und je nach Lebensweise sehr unterschiedlich. Die Angaben zur sinnvollen Salzzufuhr sind wissenschaftlich umstritten, zumal oft nicht festzustellen ist, wie viel Salz sich in den vielen industriell bearbeiteten Lebensmitteln versteckt

## Wer schwitzt, braucht Salz

Je nachdem wie aktiv ein Mensch ist, wie viel er trinkt, in welcher körperlichen Verfassung er ist, aber auch je nach Jahreszeit schwanken die für den Körper optimalen Salz-Mengen zwischen 4 Gramm (keine körperliche Anstrengung, kühle Jahreszeit, Normalgewicht) bis zu 8 Gramm (schwere körperliche Arbeit, Hochsommer). Der minimale Tagesbedarf liegt laut Ernährungswissenschaftlern bei ca. 2-3 Gramm Salz. Dieser Wert sollte keinesfalls unterschritten werden – was in westlichen Industrieländern auch nicht geschieht, denn hier ist Salz in vielen Lebensmitteln enthalten. Vor allem in Fertigprodukten versteckt sich meist viel Salz.



Bei schwerer körperlicher Arbeit steigt der Salzbedarf

## Wie viel Salz steckt in unserem Essen?

Fast die Hälfte der täglichen Salzzufuhr versteckt sich in Brot und Backwaren, der zweite Hauptlieferant sind Fleisch und Wurst.

	Anteil am Salz im Essen
Brot und Backwaren	40 %
Fleisch, Wurst, Fleischwaren	30 %
Käse, Quark, Milchprodukte	10 %
Gemüse, Gemüseprodukte	7 %
Fisch und Fischwaren	5 %
andere Speisen sowie Getränke	8 %

Nur etwa 20 Prozent des täglichen Salzkonsums nimmt man direkt durch Salzen und Würzen auf – 80 Prozent der Tagesdosis steckt in Lebensmitteln. Über deren Zusammensetzung entscheiden die Hersteller, indirekt auch der Geschmack der Kunden. Fertiggerichte wie Pizza, Dosenuppen und Gemüsekonserven liegen beim Salzgehalt an der Spitze. So enthält eine Fertigpizza zwischen 5 und 8 Gramm, eine Dose Suppe sogar zwischen 6 und 9 Gramm. Hier der Salzgehalt einiger Lebensmittel:

	Salzgehalt pro 100 g
Fischstäbchen paniert, tief gefroren:	5,2 g
Schnittkäse im Durchschnitt:	3,3 g
Dosenknackwurst:	2,0 g
Tomatenketchup:	2,8 g
Schinkenwurst:	2,5 g
Bratkartoffeln:	2,4 g
Gekochter Schweineschinken:	2,4 g
Krakauer-Wurst:	2,1 g
Erdnussflips:	2,0 g
Cornflakes:	2,0 g
Pizza im Durchschnitt:	1,7 g
Paprikaschoten gefüllt aus der Dose:	1,4 g
Graubrot, Mischbrot:	1,3 g
Ungarische Gulaschsuppe aus der Dose:	1,3 g

(Quellen: Für diese Angaben wurden verschiedene Lebensmitteltabellen ausgewertet und dann zusammengefasst, u. a. "Liste der Salzgehalte in Lebensmitteln" von der deutschen Hochdruckliga, Burgsteins Handbuch Nährstoffe, und Informationen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung, DGE.)



## Unser Quarks Test:

In der Quarks-Sendung „Kostbares Salz“ haben drei Testpersonen zusammengestellt, was sie an einem Tag gegessen haben. **Quarks & Co** hat den Salzgehalt erfasst. (Alle Angaben sind zur Vereinfachung gerundet und beruhen auf der durchschnittlichen Angabe des Salzgehaltes in den Lebensmitteln.)



Gertrud K. Rentnerin	Innecke M., Hausfrau	Dominik R., Student
<b>Frühstück:</b>	<b>Frühstück:</b>	<b>Frühstück</b>
Scheibe Graubrot mit Margarine Marmelade Scheibe Graubrot mit Margarine und einer Scheibe alter Gouda und eine Tasse Kaffee	Cornflakes mit Milch Ein Vollkornbrötchen mit Marmelade	2 Scheiben Roggenmischbrot mit Margarine Nuss-Nougat Crème
0,5 g 0,06 g  0,5 g 0,06 g 1 g	1,6 g 0,2g 0,9 g	1,17 g 0,12 g 0,004 g
<b>Salzgehalt Frühstück insgesamt: 2,1 g</b>	<b>Salzgehalt Frühstück insgesamt: ca. 2,8 g</b>	<b>Salzgehalt Frühstück insgesamt: 1,3 g</b>
<b>Mittagessen:</b>	<b>Mittagessen:</b>	<b>Mittagessen:</b>
Salzkartoffeln Rindergulasch mit Soße grüner Salat mit Kräuterdressing	Salzkartoffeln: Spargel mit 3 Scheiben gekochtem Schinken und Sauce Hollandaise	Eine große Tiefkühlpizza mit Mozarella, Schinken, Champignons, Salami
3,4 g 0,8 g 3,6 g 0,9 g	3 g 1,8 g 2,9 g	7,8 g
<b>Salzgehalt Mittagessen insgesamt: 8,7 g</b>	<b>Salzgehalt Mittagessen insgesamt: 7,7 g</b>	<b>Salzgehalt Mittagessen insgesamt: 7,8 g</b>
<b>Abendessen:</b>	<b>Abendessen:</b>	<b>Abendessen:</b>
Scheibe Graubrot mit Margarine rohem Schinken Scheibe Graubrot mit Margarine und gekochtem Schinken	Gemischter Salat mit Dressing Ein Vollkornbrötchen Margarine und einer Scheibe Gouda	Tomatensuppe (Tüte) eine Scheibe Roggenmischbrot mit Margarine und Gouda
0,5 g 0,06 g 1,4g 0,5 g 0,06 g 0,9 g	1,2 g 0,9 g 0,06 g 1 g	4,6 g 0,6 g 0,06 g 1 g
<b>Salzgehalt Abendessen insgesamt: 3,4 g</b>	<b>Salzgehalt Abendessen insgesamt: 3,1 g</b>	<b>Salzgehalt Abendessen insgesamt: 6,2 g</b>
<b>Menge des gesamten Tages: 14,2 g</b>	<b>Menge des gesamten Tages: 13,6 g</b>	<b>Menge des gesamten Tages: 15,3 g</b>

## Unser Ergebnis:

Alle Teilnehmer haben ausreichend viel Salz mit dem Essen zu sich genommen: Mehr als es die deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt. Auch wenn viel Salz in der Nahrung jahrzehntelang als gefährlich galt, gibt es heute keinerlei Beweise dafür, dass dies gesundheitsschädlich ist (siehe Kapitel „Salz und der Bluthochdruck“ auf Seite 18).



## Salz ist nicht gleich Salz

Noch ist es nicht gelungen, den typischen Geschmack von Kochsalz industriell nachzuahmen. Also muss man es nach wie vor auf recht traditionelle Weisen herstellen. Dabei sind die Methoden, um Salz zu gewinnen oder zu verfeinern, recht unterschiedlich. Es gibt Meersalz, Steinsalz, Siedesalz und andere Salztypen.

### Meersalz

Meersalz erhält man, indem Meerwasser in künstlich angelegten großen Becken, so genannten Salzgärten, durch Sonne, Wind und Wärme eingetrocknet wird. Das Meersalz enthält außer Natriumchlorid noch andere Mineralien aus dem Meerwasser, die seinen Geschmack verändern und es bei Köchen beliebt machen. Die genaue Zusammensetzung hängt natürlich von der Qualität des Wassers ab – das Salz ist nur so gesund wie das Meer, aus dem es gewonnen wird. Wenn Öl, Chemikalien und Schwermetalle die Küsten und wichtigen Wasserstraßen verschmutzen, wirkt sich das auch auf das Meersalz aus.

### Steinsalz

Steinsalz wird in unterirdischen Stollen abgebaut, zerkleinert, gesiebt und aufbereitet. Steinsalzvorkommen haben sich durch das Verdunsten früherer Meere gebildet (siehe Kapitel „Wie das Salz auf die Erde kam“ auf Seite 28).

### Siedesalz

Siedesalz wird aus kochsalzreichen Mineralwässern, den so genannten Solen, gewonnen, indem man das salzhaltige Wasser verdampft. Die Sole kommt dabei entweder natürlich in unterirdischen Salzwasservorkommen vor oder entsteht künstlich dadurch, dass Süßwasser in Salzstöcke gepumpt wird und sich mit Salz anreichert. Dann wird das Salzwasser hoch gepumpt und eingedampft.

Im Handel gibt es außerdem noch weitere Salz-Sorten wie Gewürzsalz, Jodsalz, Fluoridsalz, Halbsalz und Diätsalz. Auch hier handelt es sich um Kochsalz, dem Zutaten beigemischt wurden, oder bei dem das Natrium durch einen anderen Stoff ersetzt wurde:

### Jodsalz

Jodsalz ist Speisesalz, das mit 15-25 Milligramm Natrium- oder Kaliumjodat pro Kilo versetzt ist. Pro Tag benötigen wir 180 bis 220 Mikrogramm Jod (Richtwert der Deutschen Gesellschaft für Ernährung). Der Körper braucht das, um Schilddrüsenhormone herzustellen. Die typische Mangelerscheinung ist der Kropf, eine Schwellung der Schilddrüse, wenn man zu wenig Jod zu sich nimmt. Das Problem: Jod ist nur in Seefischen und Meerestieren enthalten. Mit der normalen Nahrung kann man den Jod-Bedarf also kaum decken. Die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlene Jodierung von Speisesalz hat in vielen Ländern dazu geführt, dass der Kropf stark zurückgegangen ist.

### Diätsalze

Diätsalze sind Ersatzmittel für Kochsalz die bei natriumarmer Diät verwendet werden. Das Natrium wird durch Kalium, Magnesium oder Calcium ersetzt. Die meisten Diätersatzsalze basieren auf Kaliumchlorid. Da diese Ersatzsalze etwas bitter sind, kann man sie zwar beim Kochen verwenden, aber auf dem Frühstücksei schmecken sie nicht.

### Halbsalz

Halbsalz ist eine Mischung aus 50 % Kochsalz und 50 % Kaliumchlorid, Magnesiumnitrat, Kaliumphosphat, Stärke und Natriumglutamat. Dieses Salz kann ebenfalls bei einer Natriumdiät verwendet werden. Es schmeckt nicht ganz so bitter wie das natriumlose Diätsalz.



# Salz im Körper

## Gewürzsalze

Gewürzsalze sind Mischungen aus 40 % Kochsalz, Gewürzen oder Kräutern mit einem Anteil von mindestens 15 %. Je nach Art tragen sie verschiedene Namen wie Knoblauchsatz oder Tomatengewürzsalz.

## Fleur de Sel

Die „Blüte des Salzes“. Diese Luxusvariante kostet bei Feinkosthändlern bis zu 25 Euro das Kilo. Es verdankt seinen Namen dem Herstellungsverfahren: In den Meeresbecken von Frankreich und Portugal werden für Fleur de Sel nur die obersten Salzkristalle „geerntet“. Fleur de Sel ist also nichts anderes als Meersalz, das aus besonders feinen Kristallen besteht. Diese Kristalle sollen – wie viele Feinschmecker beteuern – einen besonders intensiven Geschmack und eine sehr zarte Konsistenz haben.

## Himalaya-Salz: dubioses Wundermittel

Dieses rosa-weiße Salz wird seit einigen Jahren in Reformhäusern und Apotheken angeboten. Das esoterische Modesalz soll der Quell ewiger Jugend sein und gegen Krankheiten von Rheuma bis Krebs helfen. Ob das Himalaya-Salz dieses Heilsversprechen halten kann, ist gänzlich ungewiss. Aber man zahlt horrenden Preise – ein Kilo kostet bei dubiosen Händlern bis zu 30 Euro. Die Werbung sagt: Das Salz aus dem Himalaya stamme aus den Urmeeren und sei 250 Millionen Jahre alt. Aber auch deutsches Steinsalz ist so alt – es stammt aus demselben Meer, das vor über 200 Millionen Jahren verdunstet ist. Außerdem stammt das so genannte Himalaya-Salz nicht aus dem Himalaya oder Tibet, sondern aus Pakistan! Dort steht die zweitgrößte Salzmine der Welt. Im Himalaya gibt es nämlich gar keine Salzbergwerke. Das Himalaya-Salz ist auch nicht handverlesen, wie behauptet wird, sondern es wird aus dem Berg gesprengt. Wie jedes andere Salz, besteht auch das Himalaya-Salz zu 97 % aus Natriumchlorid. Kaufen Sie also besser Steinsalz aus dem Reformhaus. Das ist genauso alt und erfüllt den gleichen Zweck – aber viel preiswerter.

## Das Salz des Lebens

Der Mensch braucht Salz zum Überleben. Es sorgt für den Transport von Wasser und Nährstoffen im Körper und steuert den Blutdruck. Auch für die Nerven spielt das Salz eine wichtige Rolle, es sorgt dafür, dass Reize weiter geleitet werden. Wie der Körper mit der Aufnahme von Salz und Flüssigkeiten umgeht, erleben wir im Alltag: Essen wir viel Salz, haben wir Durst. Trinken wir viel, müssen wir öfter auf die Toilette! Ist es heiß oder treiben wir Sport, schwitzen wir, verlieren dadurch Wasser und Salz, und haben dann wieder mehr Durst. Gleichzeitig sind wir sehr empfindlich – wenn zuviel Salz im Essen ist, schmeckt es uns nicht.

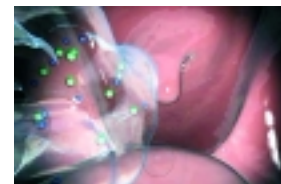
Der Körper verfügt also über eine Reihe von Mechanismen, mit denen er den Salzgehalt im Körper reguliert. Er beträgt im Blut und in den Körperflüssigkeiten ziemlich genau 0,9 %. Dieses Maß muss immer konstant gehalten werden, denn viele Körperfunktionen hängen davon ab. Die Konzentration von 0,9 % entspricht der Salzkonzentration in den Urmeeren und wurde während der gesamten Evolution vom Einzeller zum Menschen beibehalten.

## Salz wird zu Salzsäure

Salz kann entweder in gelöster Form, also in Flüssigkeiten, oder in fester Form, gegessen werden. Im Mund löst der Speichel das Salz in seine atomaren Bestandteile auf: in ein positiv geladenes Natrium-Ion und ein negatives Chlorid-Ion. Aufgelöst im Speichel, gelangen beide Stoffe in den Magen. Dort arbeiten bestimmte Magenzellen, die Salzsäure herstellen. Als Hauptbestandteil der Magensäure tötet sie mit der Nahrung eindringende Keime ab. Für diese Salzsäure brauchen die Magenzellen die Chlorid-Ionen, die sie sich aus dem Salzspiegel der Körperflüssigkeiten holen.

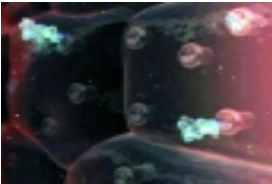
## Schleuse in der Darmwand

Die nächste Station der Salz-Ionen auf ihrer Reise durch den Körper ist der Dünndarm. Dessen Zellen haben, wie



Im Mund löst Speichel das Salz in seine atomaren Bestandteile: das Natrium-Ion und das Chlorid-Ion





Die Salz-Ionen ziehen Wasser hinter sich her

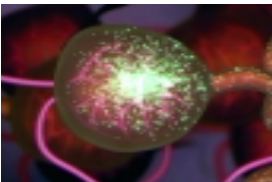
alle anderen Körperzellen auch, spezielle Poren in der Zellwand, die so genannte Ionenkanäle. Durch sie können geladene Ionen in die Zelle hinein und wieder heraus transportiert werden. Die positiv geladenen Natrium-Ionen gelangen so durch die Darmzelle in die Blutbahnen. Sie ziehen immer Wasser mit sich. Auch die negativ geladenen Chlorid-Ionen wandern mit und gleichen dabei die elektrische Ladung aus. Erst durch diesen besonderen Transport gelangen Salz und Wasser ins Blut.

### Mit dem Blut zu den Zellen

Die Blutbahnen bringen die Salz-Ionen und Wasser zu jeder einzelnen Zelle im Körper. Die Zellen brauchen das Salz für ihren Stoffwechsel, es sorgt für den Flüssigkeitstransport in die Körperzelle und wieder hinaus. Außerdem brauchen die Körperzellen die Salz-Ionen – je nach Zellart – für verschiedene Funktionen: Muskelzellen, um sich zu bewegen, Nervenzellen, um Reize weiterzuleiten.

### Klärwerk Niere

Dafür, dass der Salzspiegel im Körper immer gleich bleibt, sind die Nieren zuständig. Sie reinigen das Blut und scheiden dabei überschüssiges Wasser, Stoffwechselreste, Fremdstoffen und nicht benötigtes Salz aus. Das Blut gelangt über je eine Arterie in die Nieren. Dort teilt sich die Arterie in etwa eine Millionen Äste auf. Diese winzigen Arterien führen in kugelförmige Gebilde: die Bowman-Kapseln. Gemeinsam bilden sie die so genannten Nierenkörperchen. In den Nierenkörperchen sind die Wände der winzigen Arterien durchlässig. Wasser, Salze und andere Moleküle wie z. B. Harnstoff oder Glukose werden durch den Blutdruck in die Innenräume der Bowman-Kapseln gepresst. Die Flüssigkeit, die hier entsteht heißt Ultrafiltrat oder Primärharn. Er fließt danach durch kleine, von Blutgefäßen umgebene Schleifen Richtung Harnleiter. Daraus bedient sich die Niere wieder, um den Salz- und Wasserhaushalt zu regulieren: wenn Wasser oder Salz-



Das Nierenkörperchen mit der so genannten Bowman Kapsel. Der Blutdruck presst hier Flüssigkeit aus dem Blut in den Primärharn. Mit dabei: Salze, Nährstoffe und Harnstoff

Ionen gebraucht werden, fließen sie von den Schleifen aus zurück ins Blut. Mehr als 1.500 Liter Blut werden so täglich durchgeschleust und gefiltert.

### Hormone steuern die Niere

Gesteuert wird die Arbeit der Nieren durch Hormone. Zum einen stellen Rezeptoren im Gehirn fest, wie hoch der Anteil an gelösten Stoffen – also auch Salz – im Blut ist. Ist dieser Anteil zu hoch, braucht das Blut also mehr Flüssigkeit. Dann bekommt die Niere über ein Hormon den Befehl, mehr Wasser aus dem Ultrafiltrat zurück zu gewinnen. Gleichzeitig empfinden wir Durst und trinken. Das führt dazu, dass das Blut wieder verdünnt wird. Wird es zu dünn, bleibt das Hormon aus und die Niere gewinnt weniger Wasser aus dem Ultrafiltrat zurück. Stattdessen werden verstärkt Salz-Ionen zurückgeholt.



Salz und Wasser können über kleine Schleifen wieder ins Blut gelangen

Ein anderer Hormonkreislauf sorgt dafür, dass die gesamte Salzmenge im Blut nicht zu hoch wird. Damit der Salzgehalt im Blut immer 0,9 % beträgt, wird bei ansteigendem Blutdruck verstärkt Salz ins Ultrafiltrat abgegeben. Fällt der Blutdruck, ist es umgekehrt. (zum Thema Blutdruck – siehe Kapitel „Salz und Blutdruck“ auf Seite 18)

### Salz kennt viele Wege

Der wichtigste Weg Salz, das überschüssig ist und nicht ins Blut zurückkehrt, auszuscheiden, ist der Urin. Der Primärharn gelangt ins Nierenbecken, über den Harnleiter in die Harnblase und wird als Urin ausgeschieden.

Der Körper verliert aber auch über viele andere Flüssigkeiten Salz. Ein Weg führt über die Schweißporen der Haut. Jeder kennt das: Schweiß schmeckt salzig. Dabei ist der Salzgehalt des Schweißes nicht konstant. Er variiert je nach Situation und Individuum. Auch Tränen und Nasenschleim sind salzig, und selbst im Atem und im Speichel verliert der Körper Salz. Den Verlust gleichen wir aus, wenn wir unserem Appetit auf Salziges nachgeben.

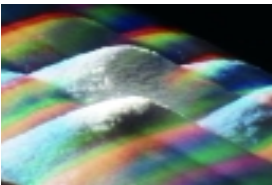


Auch mit dem Schweiß gelangt Salz aus dem Körper



# Salz und der Blutdruck – Abschied von einem Mythos

## Feindbild Salz



Expertenstreit um Kochsalz

Seit Jahrzehnten gibt es Streit um das Kochsalz. Zuviel Salz im Essen soll die Hauptursache für hohen Blutdruck sein, sagen Ärzte weltweit. Daher lautete die Empfehlung für Bluthochdruck-Kranke auch regelmäßig: „Weniger Salz!“

Über 30 Jahre quälten sich Patienten mit fader Kost – die Meisten völlig umsonst. Denn trotz ungezählter Versuche von Forschern in aller Welt gelang es bis heute nicht, einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Salz und hohem Blutdruck zu beweisen. Trotzdem hält sich der Mythos „Salz erhöht den Blutdruck“ bis heute. Vermutlich trug eine zu simple Vorstellung vom Bluthochdruck zum Feindbild Salz bei: denn Salz bindet Wasser, leicht zu erkennen am Durst nach einem salzigen Essen. Wenn mehr Salz im Blut ist, entzieht die Niere dem Blutkreislauf weniger Wasser. Damit, so nahm man an, steigt das Blutvolumen und drückt stärker auf die Wände der Blutgefäße. Doch heute weiß man, dass die Zusammenhänge viel komplexer sind. Es gibt viele Ursachen für hohen Blutdruck – und nur bei 15-30 Prozent der Bluthochdruckkranken nützt es etwas, wenn sie ihren Salzkonsum einschränken. Diese Menschen nennen die Mediziner „salzsensitiv“. Doch immer noch empfehlen viele Ärzte allen ihren Patienten eine strenge Salzdiät. Und sogar Gesunde sollen vorsorglich auf Salz verzichten.

## Ein Pfund Salz pro Tag

Der US-amerikanische Forscher Lewis Dahl brachte 1972 den Stein ins Rollen. Er fütterte Ratten mit stark salzhaltiger Nahrung. Die Tiere bekamen hohen Blutdruck und starben früher. Doch der Vergleich hinkt: Umgerechnet auf den Menschen entsprach die von den Ratten täglich aufgenommene Salzmenge knapp 500 Gramm Salz – ein ganzes Pfund Salz im Essen würde kein Mensch verkraften, geschweige denn zu sich nehmen. Und die Ratten, die Dahl verwendete, waren genetisch besonders sensibel für Salz. Bis heute nennt man diesen Rattenstamm „Dahl-Ratten“. Doch Dahls Ergebnisse passten zur Vorstellung der Mediziner – das Feindbild Salz war geboren.

## Die Intersalt-Studie

Erst in den 80er Jahren begannen weitere umfangreiche Studien. Die so genannte „Intersalt“-Studie untersuchte in 26 Ländern rund 10.000 Teilnehmer und ihre Ernährungsgewohnheiten. Die Ergebnisse waren ernüchternd: Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Salzaufnahme und erhöhtem Blutdruck ließ sich nicht herstellen. Lediglich bei vier der insgesamt 52 Bevölkerungsgruppen war ein Zusammenhang erkennbar. Dabei handelte es sich um bestimmte Volksstämme, darunter die Yanomami-Indianer am Amazonas. Sie ernähren sich extrem salzarm und kennen keinen Bluthochdruck. Doch ihr Lebensstil ist auf die Lebensweise in Industriegesellschaften nicht übertragbar: sie leben traditionell in Hütten mitten in der Dschungel, ernähren sich von dem, was die Natur ihnen bietet, trinken keinen Alkohol und kennen keinen Stress. In den wohlhabenden Industrienationen wiederum schienen vor allem Übergewicht und Alkohol den Blutdruck in die Höhe zu treiben. Doch die Verfechter der These „Salz verursacht hohen Blutdruck“ interpretierten auch die Resultate aus den Indianerstämmen zu ihren Gunsten.

## Veränderung kaum messbar

Noch aussagekräftiger sind so genannte Interventionsstudien. Bei diesen wird gezielt geprüft, wie sich der Blutdruck verändert, wenn der Salzkonsum stark eingeschränkt wird, oder ob mehr Salz den Blutdruck erhöht. Die Ergebnisse: Wenn Versuchspersonen statt 10 Gramm nur 4 Gramm Salz täglich zu sich nahmen, sank der Blutdruck nur minimal, auf einem üblichen Messgerät gerade noch abzulesen. Einen wirklichen Zusammenhang mochten Wissenschaftler hier nicht mehr erkennen, der Unterschied und damit die Salzdiät seien irrelevant, so die Ergebnisse. Umgekehrt ergab sich auch in 50 solcher Studien kein Zusammenhang zwischen Salz im Essen und hohem Blutdruck.



Urinproben von rund 10.000 Menschen in 26 Ländern geben Aufschluss über den Salzkonsum



Ein Unterschied – kaum messbar!



## Welcher Wert ist normal?

Der Blutdruck wird mit zwei Werten gemessen, einem oberen (dem systolischen) und einem unteren (dem diastolischen). Als normal in der Hausarztpraxis gilt 120 zu 80. Früher galt die Faustregel „100 plus Alter“ als normaler Wert für den oberen Blutdruckwert. Doch das gilt schon lange nicht mehr – denn die meisten älteren Menschen haben einen zu hohen Blutdruck. Auch ist der ideale Blutdruck nicht der Wert, mit dem man sich wohl fühlt, sondern der, mit dem man ein möglichst geringes Risiko für Herzinfarkt, Herz-Kreislauf-erkrankungen und damit eine hohe Lebenserwartung hat. Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) ist das derzeit der oben genannte Wert, also 120 zu 80. Der Blutdruck ist empfindlich – er ändert sich innerhalb einer Minute, und schon beim Anblick eines weißen Kittels! Wenn also 120 zu 80 beim Arzt als normal gemessen werden, entspricht das 115 zu 75 zu Hause. Ein Blutdruck, der über 140 zu 90 liegt, sollte mit Medikamenten behandelt werden, so lautet die neueste Empfehlung der WHO.

### Weitere Studien



Viele Menschen glauben bis heute, dass Salz ungesund ist

Der skandinavische Forscher Dr. Niels A. Graudal wertete insgesamt 58 verschiedene Studien an 26.000 Menschen mit normalem Blutdruck und 2.100 Bluthochdruckkranken aus. Demnach lässt sich der Blutdruck durch strikte Salzdiät bei Bluthochdruck Patienten ein wenig senken: Der Blutdruck fiel um 3,7 mmHg systolisch und 0,9 mmHg diastolisch. Bei den Gesunden fiel der Blutdruck nur um 1,2 mmHg und 0,26 mmHg diastolisch. Das sind nur minimale Schwankungen und bedeutet: Nur bei Patienten mit sehr hohem Blutdruck sank der Blutdruck unter Salzdiät gering ab. Graudal und andere Experten bezeichnen diesen Unterschied als nicht relevant. Auf jeden Fall müssen die

Patienten mit sehr hohem Blutdruck weiter Medikamente nehmen, das kann auch keine noch so strenge Salzdiät ausgleichen. Und die Werte rechtfertigen auf keinen Fall, der gesunden Bevölkerung generell eine salzarme Kost zu empfehlen. Die wirklichen Risikofaktoren für hohen Blutdruck sind Stress, Übergewicht, hoher Alkoholkonsum und zu wenig Bewegung, nicht das Salz – so die Experten.

### Die Salzsensitiven: sind die Gene Schuld?

Eine Ausnahme bilden die Patienten, die salzsensitiv sind. Ihnen nützt eine Salzdiät, das Phänomen ist seit Mitte der 1990er Jahre bekannt: 15 bis 30 Prozent

aller Menschen mit sehr hohem Blutdruck reagieren auf die Salzzufuhr. Wenn sie weniger Salz essen, sinkt auch ihr Blutdruck, allerdings nicht so, dass sie auf Blutdruckmedikamente verzichten können. Eine genetische Ursache für diese Salzempfindlichkeit wird angenommen, leider gibt es aber keinen Labor-Test, mit dem man diese Eigenschaft erkennen kann. Doch mit einem guten Hausarzt kann jeder Bluthochdruck-Patient überprüfen, ob es sich für ihn lohnt, auf Salz zu verzichten.

### Kurze Diät bringt Gewissheit

Über einen Zeitraum von 3 Wochen sollte der Bluthochdruck-Patient salzarm essen. Der Hausarzt misst an einigen Tagen mehrmals den Blutdruck. Dieses Prozedere gibt dann Aufschluss darüber, ob eine Salz-Diät nützt. Vorsicht vor Kuren auf eigene Faust: eine strenge Kochsalzdiät sollte nur unter Kontrolle des Arztes durchgeführt werden! Im Kapitel „Das Salz in der Suppe“ finden Sie, wo sich überall Salz versteckt. 80 % des Salzes, das wir täglich zu uns nehmen, steckt in Lebensmitteln. Es ist daher nicht einfach, das Salz im Essen zu erfassen.

### Vorsicht vor zu wenig Salz!

Kochsalz zu reduzieren ist nicht immer ungefährlich. Ältere Menschen nehmen häufig zu wenig Salz zu sich, warnen Mediziner. Denn Salz und Flüssigkeit stehen im Körper in engem Zusammenhang! Durch zu wenig Salz und ein vermindertes Durstgefühl kommt es zu Entwässerung (Dehydratation) und Kreislauf-Zusammenbrüchen. Dies ist, nach Ansicht von Fachärzten, die häufigste Ursache für die im Alter typischen Stürze. Bei einer Untersuchung der Krankenhausdaten älterer Menschen, die aus verschiedensten Gründen ins Krankenhaus eingeliefert wurden, hatten bis zu 30 Prozent zu wenig Natrium in Blut – also zu wenig Salz zu sich genommen. Eine Studie konnte außerdem zeigen, dass bei älteren Menschen mit salzarmer Kost die geistige Leistungsfähigkeit sinkt. Symptome wie Vergesslichkeit und Konzentrationsstörungen scheinen sich zu verstärken. Vor allem die Geschwindigkeit, mit der Informationen im Gehirn verarbeitet werden, sinkt. Was also die Zurückhaltung beim Salz angeht, geben viele Experten inzwischen Entwarnung: seinen Appetit auf die Prise Salz beim Frühstück-Ei sollte man sich also nicht verderben lassen.



Auch zu wenig Salz kann schädlich sein – gerade bei älteren Menschen!



# Geheimnisvoller Salzspeicher

## Astronauten lieben Salz



Ohne Schwerkraft wird's nicht leichter

Im All mögen es die Astronauten gerne salzig – sie nehmen mehr Salz zu sich als auf der Erde. Warum das so ist, weiß allerdings niemand. Das Essen scheint im Weltraum weniger salzig zu schmecken. Als Wissenschaftler den Salz- und Wasserhaushalt der Astronauten genauer unter die Lupe nahmen, waren sie jedoch verblüfft: die Astronauten schieden weniger Salz aus, als sie aufnahmen. Doch irgendwo musste das Salz bleiben – können die Astronauten in ihrem Körper das Salz speichern? Nach gängiger Lehrmeinung ist das unmöglich. Denn danach gilt: Salz, das man mit der Nahrung zu sich nimmt, wird über Urin und Schweiß wieder ausgeschieden. Ein Salzspeicher beim Menschen war völlig unbekannt.

## Die Schwerkraft wirkt auf den Körper



Trinken im Weltraum

Um ins All zu fliegen müssen Astronauten besonders fit sein, das ist bekannt. Denn direkt nach dem Start ist die Besatzung eines Raumschiffes besonderen Belastungen ausgesetzt. Durch die fehlende Schwerkraft verschiebt sich die Flüssigkeit aus dem unteren Körperbereich nach oben. Blut und Wasser wandern also von den Beinen in Oberkörper und Kopf. Forscher kennen dieses Phänomen – dadurch sehen die Astronauten jünger aus, denn sie haben gerundete, leicht angeschwollene Gesichter (englisch „puffy face“). Der Körper passt sich dann an und reduziert die Flüssigkeit, um die Gefäße zu entlasten. Wenn die Astronauten schließlich wieder auf der Erde landen, sackt das Blut in die Beine und es fehlt im Kopf. Davon erleiden viele Raumfahrer auf der Erde einen Kreislaufkollaps. Das Phänomen ist auch von kranken Menschen bekannt, die längere Zeit gelegen haben. Um diesen Kollaps zu verhindern und um die Astronauten fit zu halten, gab man ihnen vor dem Rückflug zusätzlich Salztabletten und Wasser. Man hoffte, dass der Körper dadurch mehr Flüssigkeit speichern würde. Doch als Mediziner dann kontrollierten, wie viel Salz die Astronauten zu sich nahmen und wie viel sie ausschieden, waren sie erstaunt – irgendwie schien da was zu verschwinden. In der Bilanz fehlte immer Salz!

## Weltraumbedingungen auf der Erde

Um herauszufinden, wohin das Salz verschwindet, begannen Wissenschaftler vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Köln eine Studie mit 9 gesunden jungen Männern. Sie mussten 28 Tage wie Astronauten leben – ohne Sonnenlicht und ohne Frischluft, bei 24 °C und 55 % Luftfeuchtigkeit. Jeder bekam genau auf sein Körpergewicht berechnete Nahrung und Flüssigkeit, jede Zutat wurde bis auf eine Stelle hinter dem Komma genau abgemessen. Und jede Woche wurde die Salzmenge gesteigert – zum Schluss gab es 31 Gramm pro Tag für jeden! Und natürlich mussten die Versuchsteilnehmer alles aufessen.



Hier darf nichts übrig bleiben!

## Spurlos verschwunden

Doch wie bei den Astronauten im All konnten die Forscher das fehlende Salz nicht finden. Das meiste war im Urin – aber es fehlte immer etwas. Auch mit dem Stuhl wurde nur unbedeutende Mengen Salz ausgeschieden. Um herauszufinden wie viel Salz durch Schwitzen verloren geht, dachten sich die Forscher im DLR etwas ganz Besonderes aus: Einmal in der Woche mussten die Probanden 24 Stunden in einem Ganz-Körper-Anzug verbringen. Danach wird der Anzug mit destilliertem Wasser ausgespült, und auch der Proband wird mit destilliertem Wasser abgeduscht. Alles wird aufgefangen und eingedampft.



Schwitzen für die Wissenschaft

Nach diesen genauen Vorkehrungen konnte unterwegs kein Salz verloren gehen – doch als man am Schluss die Natrium-Konzentration maß, war es wieder zu wenig. Irgendwo kam das Salz auf dem Weg durch den Körper abhanden.

## Salzspeicher in der Haut

Nach der überraschenden Entdeckung der DLR-Wissenschaftler konnte in Versuchen an der Universität Erlangen gezeigt werden, dass Ratten offensichtlich Salz speichern, und zwar in der Haut. Die deutschen Forscher in Köln und Erlangen waren die Ersten, die nicht einfach davon ausge-



gangen sind, dass das fehlende Salz über den Schweiß und den Stuhl ausgeschieden wird – so kamen sie dem Salzspeicher auf die Spur. Doch wie genau der Mechanismus beim Menschen funktioniert, weiß man noch nicht. Aber Mediziner glauben, dass die Entdeckungen aus der Weltraumforschung wichtig für die Behandlung von Patienten auf der Erde sein könnte – nämlich für Menschen mit zu hohem Blutdruck.

## Geheimnisvoller Zusammenhang mit Bluthochdruck

Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen Blutdruck und der noch geheimnisvollen Fähigkeit, Salz speichern zu können. Es gibt nämlich Patienten, deren Blutdruck sensibel auf Salz reagiert, das sind 15-30 Prozent aller Betroffenen. Mediziner kennen diese Erscheinung als „salzsensitiven Bluthochdruck“. Die Weltraumforscher glauben nun, dass die Menschen, die salzsensitiv sind keinen Salzspeicher in der Haut haben. Es gibt Hinweise darauf, dass Menschen sensibel auf Salz reagieren, weil sie keine Möglichkeit haben, das Salz in der Haut zu speichern. Deshalb gleicht ihr Körper die Salzaufnahme mit Flüssigkeit wieder aus. Aber welche Zusammenhänge es da genau gibt, muss erst noch erforscht werden.

## Was noch fehlt

Außerdem gibt es immer noch Geheimnisse um die Astronauten: Warum sie so gerne salzig essen und warum man nicht verhindern kann, dass sie nach der Landung einen Kreislaufkollaps erleiden. Leider hilft die bisher übliche zusätzliche Salzgabe wohl nur wenig. Aber im Sommer 2005 wollen die Forscher um Dr. Martina Heer am DLR zu diesem Thema eine weitere Studie beginnen.



Hier wird der Kreislauf auf die Probe gestellt

## Vorrat unter dem Berg

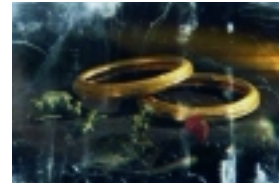
Felsig und schroff erhebt sich das Alpenvorland um den Dürrnberg bei Salzburg. Menschen der Urzeit begnügen sich mit salzigem Wasser, das aus dem Berg austritt. Sie orientieren sich an den Wildtieren, die an den Pfützen ihren Salzbedarf decken. Dass unerschöpfliche Vorräte an Salz unter der Erde liegen, ahnen sie noch nicht.

## Kelten finden das weiße Gold

Im 6. Jahrhundert vor Christus beginnen die Kelten, am Dürrnberg zu graben – sie entdecken unter der Erde Schichten von Steinsalz. Das „weiße Gold“, „hal“ in ihrer Sprache, wird Ursprung vieler Orte in dieser Gegend, zum Beispiel für das 67 Kilometer entfernte Hallstatt. Am Dürrnberg arbeiten die keltischen Bergleute unter Tage schwer. Nur mühsam kommen sie voran: zwei Arbeiter brauchen zwei Monate, um einen Meter Gestein abzubauen, berechnen Archäologen. Denn die Dürrnberger Vorkommen bestehen nicht aus reinem Salz. Der Dürrnberg ist ein so genanntes Haselgebirge mit einem Gemisch aus verschiedenen Gesteinsarten, darunter Steinsalz, Ton und Gipsarten. Funde im Salz wie Eisenpickel, Tragesäcke aus Fell, oder Lederschuhe erlauben es den Archäologen heute, Rückschlüsse über die Arbeit im Berg zu ziehen. Die Lebenserwartung der Schwerarbeiter ist nicht gerade hoch, nur 35 bis 45 Jahre alt sollen sie geworden sein. Krankheiten plagten sie, zum Beispiel Infektionen mit Parasiten: praktisch jeder Bergmann hatte seinen eigenen Wurm, wie Forscher durch Untersuchung der Exkremente herausgefunden haben. Doch der gefährliche und anstrengende Abbau lohnt sich: Das Salz bringt den keltischen Bergleuten Wohlstand. Denn es dient in erster Linie zum Konservieren von Speisen: Fleisch und Fisch können damit haltbar gemacht werden, ebenso Milchprodukte. Salz wird im Altertum so kostbar, dass damit gehandelt wird: als begehrtes Tauschobjekt gegen Gold und Schmuck.



Unerschöpfliche Vorräte an Salz befinden sich unter den Bergen des Alpenvorlandes



Salz macht die Kelten am Dürrnberg reich; als begehrtes Tauschobjekt gegen Gold und Schmuck



## Die Römer im Land

Als die Römer vor fast 2000 Jahren das Alpenvorland innerhalb ihrer Provinz Noricum auf dem Gebiet des heutigen Österreich in Besitz nehmen, geraten die keltischen Salzbergwerke in Vergessenheit. Denn die Römer importieren ihr eigenes Meersalz von den Küsten. Nur die Solequellen um Reichenhall werden weiterhin genutzt.

## Salzhandel im Mittelalter



Rupertus, Heiliger und Schutzpatron der Salzbergleute

Im frühen Mittelalter geht es wieder aufwärts: Rupertus, dem ersten Bischof von Salzburg, wird im Gebiet um Reichenhall die Verantwortung für einen großen Teil der Salzgewinnung übertragen. Durch seine erfolgreiche Arbeit wird er zum Schutzpatron der Bergleute im Salzburger Land und zum Heiligen. Das Salzgeschäft bleibt fest in der Hand der Kirche. Bedeutende Handelszentren entstehen um den Dürrnberg herum, Städte wie Salzburg und Hallein sind urkundlich erwähnt im 12. Jahrhundert. Es wird viel Salz verbraucht. Denn in dieser Zeit ist die Bevölkerung europaweit etwa auf das Doppelte angewachsen, der Salzbedarf steigt. Eine neue Technik revolutioniert den Salzabbau, die so genannte Laugwerkstechnik: Unter der Erde schlägt man Hohlräume aus und füllt sie mit Wasser, das das Salz aus dem Gestein löst. Anschließend leitet man es aus dem Berg und erhitzt es in Sudpfannen. Die Salzlauge trocknet ein, das Wasser verdunstet und übrig bleibt Salz. Schließlich wird das Salz angefeuchtet und in Holzbehältern zu einem Kegel geformt. Diese Salzform wird zur allgemeinen Maßeinheit: ein Fuder. Zum Transport kommt das Salz in schmale Holzfässer, so genannte Kufen. Vom Mittelalter bis 1989 ist das Salzbergwerk in Dürrnberg in Betrieb, und man arbeitet mit der Laugetechnik.

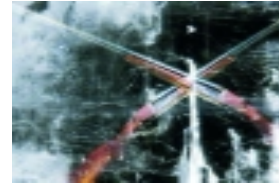
## Säumerpfade und Handelsrechte

Im 16. Jahrhundert produzieren die Menschen in Hallein und Reichenhall zu Spitzenzeiten bis zu 36.000 Tonnen Salz im Jahr. Die Flüsse sind ihre wichtigsten Transportwege. Wo sie aufhören oder unbefahrbar werden, geht es an Land auf spe-

ziellen Salzpfeilen in die großen Städte. Diese Arbeit erledigen die Säumer mit Ochsenkarren und Pferdegespannen. Die festgelegten Routen müssen strikt eingehalten werden, denn der einträgliche Handel mit Salz ist genau geregelt: Salzsteuern, Wegezölle und Handelsrechte, so genannte Niederlagsrechte, bringen Städten und Landesfürsten schließlich mehr Einnahmen als das Salz selbst.

## Machtkampf um das weiße Gold

So führt der kostbare Stoff auch zu Streitereien und Kämpfen um die Macht. Im 16. Jahrhundert verlor der Prunk liebende Fürsterzbischof Wolf Dietrich von Raitenau die Stadt Salzburg an seinen bayerischen Gegenspieler, Herzog Maximilian I. Der gewann den Streit um Salzhandelsverträge und Abnahmegarantien – und bekam das Salzmonopol. Von Raitenau stirbt in Kerkerhaft. Bis ins frühe 19. Jahrhundert kommt es dort, wo es Salz gibt, immer wieder zu Auseinandersetzungen.



Kriege ums Salz gibt es immer wieder, und sie kosten viele Menschenleben

## Der technische Fortschritt hält Einzug

Salz ist ein einträgliches Geschäft, aber es schadet auch der Natur. Ganze Wälder werden gerodet, damit das Feuer für die vielen Sudpfannen Tag und Nacht in Betrieb gehalten werden kann. Die erste Pipeline der Welt hilft, dieses Problem zu lösen. Soleleitungen aus Holz werden vom bayerischen Hofbaumeister Hanns Reiffenstuel und seinem Sohn Simon 1616 ausgetüftelt: 31 Kilometer ausgehöhlter Baumstämme, so genannte Deicheln, verlaufen von Reichenhall nach Traunstein. Die größte Herausforderung ist im Bergland die Salzlösung mit Pumpen über einen Höhenunterschied von 260 Metern zu bringen. Georg von Reichenbach verfeinert die technische Meisterleistung 1817 schließlich mit einer weiteren Rohrleitung, in der 356 Meter Steigung überwunden werden müssen. Größere Mengen Salz können nun an einem zentralen Ort verarbeitet werden. Damit beginnt das Maschinenzeitalter im Salzgeschäft, und das „weiße Gold“ von einst wird zum erschwinglichen Gut für jedermann.



Salzkriege fordern ihren Tribut



# Wie das Salz auf die Erde kam

## Es begann vor 4,5 Milliarden Jahren

Der blaue Planet war vor 4,5 Milliarden Jahren ein feuriger Ball. Es gab kein Meer, kein Land – und auch kein Salz. Doch als die Erde über Jahrmillionen langsam abkühlte, bildete sich an ihrer Oberfläche eine dünne Kruste. Überall gab es Vulkane; aus ihnen strömte ununterbrochen Lava.

Mit der Lava entweichen aus dem Erdinneren Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Stickstoff. In den heißen Schmelzen verbergen sich bereits die Stoffe, aus denen später das Kochsalz entstehen wird. Aber noch sind Natrium und Chlor in Silikaten und Phosphaten eingeschlossen.

Die Erde kühlt immer weiter ab. Irgendwann kondensiert der Wasserdampf zu Tropfen: Es beginnt zu regnen – wahrscheinlich für einige Millionen Jahre. Aus den Vulkanen schießt weiterhin glühende Lava. Und so gelangen immer mehr Salze aus dem Inneren an die Erdoberfläche. Durch den Regen bilden sich kleine Seen, Flüsse und schließlich das Meer. Der Regen löst die Salze aus der erkalteten Lava und transportiert sie über die Flüsse in das Meer.



Vulkane bringen Lava und Wasser auf die heiße Urerde

## Ein riesiger Salzsee: das Zechsteinmeer

Vor 250 Millionen Jahren sind die Meere vermutlich schon so salzig wie heute. In unseren Breiten herrscht ein heißes und trockenes Klima. Ein Teil des Ur-Ozeans wird durch eine Landzunge (eine so genannte Barre) abgetrennt: Es entsteht eine Art Binnenmeer – das Zechsteinmeer. Es ist riesig groß und kann kaum Wasser mit dem offenen Meer austauschen. Daher verdunstet mehr Wasser als nachfließen kann, und so steigt der Salzgehalt langsam an. Irgendwann ist er so hoch, dass nicht mehr alle Salze im Wasser gelöst bleiben können – sie fallen aus und bilden Schichten auf dem Grund des Meeres. Zuerst sind es die Karbonate (Kalk). Später, als noch mehr Wasser verdunstet ist, bildet sich eine neue Salzschrift aus verschiedenen Kalziumsulfaten (Gips). Schließlich fällt auch das



Ein abgetrenntes Meer und viel Sonne: das sind die Voraussetzungen dafür, dass sich Salze ablagern können

Natriumchlorid aus, das ist das Kochsalz. Zehn Zentimeter wächst die Schicht in jedem Jahr, unter erdgeschichtlichen Aspekten ist das rasend schnell. Zwischendurch fließt vom offenen Meer immer wieder salzhaltiges Wasser nach, während durch eine so genannte Unterströmung Wasser aus dem Zechsteinmeer ins offene Meer zurückfließt: Nur dadurch kann die Salzschrift auf mächtige 600 Meter anwachsen.

## Die Salzstöcke entstehen

In den nächsten Jahrmillionen wird die Salzfläche von Sand und Ton zugeweht. Mit der Zeit türmt sich durch Meeres-, Fluss- und Gletscherschwemmungen eine riesige Erdschicht über dem Salz auf. Sie ist über vier Kilometer dick. Unter dem enormen Druck wird die dicke Kochsalzschicht verformbar. Irgendwo bricht die Erde schließlich auf, und dort, wo sie nachgibt, quillt das Salz langsam hoch. Rechts und links von den nach oben strebenden Salzmassen drückt das umliegende Erdreich weiter nach unten und das Salz weicht dem Druck nach oben aus. Dabei bilden sich die typischen Formen der Salzstöcke. Über einen Zeitraum von etwa 150 Millionen Jahren hinweg entstehen auf dem Gebiet des Zechsteinmeeres unzählige Salzstöcke. Sie wachsen bis auf vier Kilometer an. Weitere Millionen Jahre später werden die Menschen den Stoff aus diesen Salzstöcken als weißes Gold handeln.



Während das Wasser verdunstet, bilden sich verschiedene Salzschriften aus



Hoher Druck lässt die Salzschrift nach oben quellen



# Endlager Salzstock?

## Atommüll im Umlauf



Ein Castor Behälter wird im Zwischenlager abgeladen

Jedes Jahr rollen die Castor-Behälter mit hochradioaktivem Abfall aus der Wiederaufbereitung nach Gorleben. Und jedes Jahr begleiten Demonstrationen und Warnungen die Fracht – denn auch wenn die Behälter doppelt und dreifach gesichert sind, möchte keiner die gefährliche Ladung vor seiner Haustür haben. Das eigentliche Dilemma aber ist: seit Anfang der 60er Jahre wird Atommüll produziert, doch bis heute gibt es keinen Ort, an dem er endgültig gelagert werden kann.

## Endstation Salzstock?



Auf den ersten Blick ein Bergwerk – doch unter der Erde soll in Zukunft Atommüll lagern

Das Gorlebener Zwischenlager ist eine Halle, in der die Behälter oberirdisch gelagert und gekühlt werden. Sie ist im wahrsten Sinne des Wortes eine Zwischenlösung. Denn bis zum Jahr 2035 soll der erste Atommüll endgültig untergebracht werden – unter der Erde, im Salzstock von Gorleben. Seine Kernfläche zieht sich unterirdisch über eine Länge von rund 12 und eine Breite von vier Kilometern, er ist bis zu 3.500 Meter tief. Um ihn zu untersuchen, begann man 1985, Schächte zu bauen und den Salzstock systematisch zu erkunden.

## Endlager auf dem Prüfstand



Das Erkundungsbergwerk Gorleben

Geowissenschaftler begannen 1983 überirdisch mit verschiedenen Tests und Probebohrungen in und um den Salzstock herum. Der Salzstock beginnt nach einer 250 Meter dicken Tonschicht. Mit ihren Untersuchungen konnten die Forscher nicht nur feststellen, wie der Salzstock auf Erschütterungen reagiert, sondern bekamen auch einen Überblick darüber, wie er in seinen verschiedenen Schichten aufgebaut ist. Nach ihren Auswertungen erschien das Gestein erdbebensicher. Doch ob es wirklich für die gefährlichen Zwecke geeignet war, war nicht nur mit Versuchen über der Erde zu klären. Deshalb grub man Stollen – 600.000 Tonnen Salz wurden in tausend Metern Tiefe aus dem Berg gefahren, sieben Kilometer Tunnel entstanden. Um mögliche Endlagerplätze zu finden, kartier-

ten Wissenschaftler dort alle Gesteine, denn kein Untergrund ist gleich aufgebaut. Mit Farbe markierten sie die Übergänge in neue Schichten und prüften so, welche Gesteinsarten übereinander lagen, ob sie sich verschoben und ob der Salzstock trocken war.

## Steinsalz und Radioaktivität

Parallel dazu wurden in einem anderen Salzstock, im Forschungsbergwerk Asse bei Wolfenbüttel, seit den 70er Jahren Grundlagenexperimente gemacht. Hochradioaktives Brennmaterial entwickelt je nach Spaltprodukten große Wärme. Beim Umfüllen in die Behälter kann es noch 1.200 Grad heiß sein und muss erst auf 200 Grad abgekühlt werden, bevor man es einlagert. Deshalb stellte sich die Frage: Wie verhält sich Salz bei dieser Hitze? Um das herauszufinden, bestückten Forscher ein Rohr mit elektrischen Heizelementen und ließen es 270 Grad heiß werden. Zwei Jahre lang blieb der Heizstab im Salz von Asse unter der Erde, permanent auf derselben hohen Temperatur. Danach sah der dünne Eisenstab zwar etwas mitgenommen aus, der hohe Druck in der Salzschrift hatte Spuren hinterlassen. Aber die Salzfläche war ohne Risse geblieben – Salz hält solchen Temperaturen also stand.



Hitzetest im Forschungsbergwerk Asse

## Grab für die Ewigkeit

Eine weitere Eigenschaft des Salzes schien den Forschern geeignet für die Endlagerung: das Salz unter der Erde ist nicht starr, sondern es fließt. Das liegt an dem hohen Druck, der in Gorleben in 800 Metern Tiefe herrscht. Unter diesem Druck verhält sich das Steinsalz wie eine sehr zähe, plastische Masse, es fließt. Würden die Gefäße mit ihrem hochradioaktiven Inhalt in Salz gelagert, so wären sie in einem Zeitraum von mehreren Jahren bis einigen Jahrzehnten umschlossen und wie von einer Schutzhülle umgeben. Der Druck verteilt sich dann gleichmäßig. Ein Nachteil wäre allerdings, dass man den Müll nicht mehr empormachen könnte, zum Beispiel, wenn man eine neue,



bessere Entsorgungslösung gefunden hat. 1983 starteten die Forscher im Bergwerk Asse einen ersten Versuch mit radioaktivem Material – sie lagerten hochradioaktives Kobalt-60 im Salz ein. Nach zwei Jahren entfernten sie die Kobaltquelle und untersuchten die Salzschiicht, die das Testmaterial umgeben hatte. Das Ergebnis: das Salz hatte die Strahlung abgefangen. Im Bereich von einem halben Meter um die Quelle hatte sich das Steinsalz bläulich-dunkel verfärbt, ab einem halben Meter war keine Verfärbung mehr zu sehen.

### Giftmüll unter Tage

Salzstöcke haben sich als Deponien schon bewährt, zum Beispiel die Untertagedeponie im hessischen Herfa-Neurode. Allerdings lagert hier kein heißer Atommüll, stattdessen sind in verschiedenen Kammern Fässer mit Arsen, Dioxin und anderen hochgefährlichen Giften verstaubt. Sie stammen aus Medizin, Forschung und Haushalten. Dieser Giftmüll fällt in erheblich größeren Mengen an als Atommüll. Die Steinsalz-Deponie ist seit 1972 in Betrieb, und bis zum Jahr 2004 wurden zweieinhalb Millionen Tonnen Giftmüll eingelagert. Ist eine Kammer voll, wird sie zugemauert – eine Vorsichtsmaßnahme, falls doch giftige Substanzen aus den Behältern austreten sollten. Bei einer atomaren Endlagerung dagegen würden Hohlräume nicht einfach nur zugemauert.

Bei den Atomfässern würde man anders vorgehen: man will Kammern bohren, die Fässer einlagern und die Kammern dann künstlich mit Salz auffüllen, so dass sie sicher sind. Das geschieht zur Zeit im Forschungsbergwerk Asse. Spätestens nach 40 Jahren, sagen Geowissenschaftler, sollten Hohlräume in einem Salzstock geschlossen werden, sonst wird das Erdreich instabil. So würde man auch in Gorleben verfahren.

### Die Suche ist nicht beendet

Doch ist der Salzstock in Gorleben wirklich der sicherste Ort für Atommüll? In Gorleben herrscht momentan Ruhe. Die Erkundung ist seit 1995 für maximal zehn Jahre gestoppt worden. Der Sinn dieser Pause: Forscher sollen neu untersuchen, ob nicht auch andere Plätze geeignet sind. In der gesamten norddeutschen Tiefebene gibt es große, tief liegende Salzvorkommen. Auch andere Gesteinsarten könnten in Frage kommen. Denn nicht alle Experten sind sich darüber einig, ob Gorleben wirklich die beste Lösung ist. Das Thema ist zu heikel, um Risiken einzugehen.

Doch absolute Sicherheit gibt es nicht: Forscher können vielleicht Prognosen über 50.000 Jahre stellen, aber in Sachen Radioaktivität muss man über noch längere Zeiträume nachdenken. Und ein Restrisiko bleibt immer. Eine Menge von 24.000 Kubikmetern hochradioaktiven Müll müsste Gorleben als Endlager fassen. Bis andere Orte und Gesteinsarten auf ihre Tauglichkeit geprüft sind, können Jahre vergehen. So lange bleibt der Atommüll oben im Zwischenlager – und der Salzstock in Gorleben leer.



Die Maschinen stehen seit 1995 still, bis die Experten ihr endgültiges Urteil gefällt haben



Im Forschungsbergwerk Asse werden die Kammern mit Salz aufgefüllt



# Salz – ein Problem für die Landwirtschaft

## Das Salz und die Wüste



Versalzter Boden mit Trockenrissen. Der helle, fast weiße Belag ist Salz!

Salz ist überall – vor allem da, wo Wasser ist. Denn natürlich vorkommendes Grundwasser oder Flusswasser enthält immer einen Anteil an gelösten Bestandteilen, darunter auch Salz. Wie viel Salz im Grundwasser ist, hängt davon ab, wo es herkommt und wie der Untergrund beschaffen ist. Denn das Grundwasser löst Salz aus den umgebenden Gesteinsschichten. Sind die salzreich, wird auch das Wasser, das durch sie hindurchfließt, salzig.

Wenn Meer in der Nähe ist, gelangt besonders viel Salz ins Grundwasser, weil das Meerwasser in den Boden einsickert.

Besonders in den warmen Regionen der Erde kann Salz aber noch aus einem anderen Grund zum Problem werden: Beim Bewässern der Felder verdunstet ein großer Anteil des Wassers, bevor es in den Boden eindringt und den Pflanzen zugute kommt. Zurück bleiben die gelösten Stoffe – also auch Salz. Mit der Zeit steigt der Salzgehalt auf den Feldern immer weiter an, bis der Boden schließlich versalzen ist und unfruchtbar wird. Die schützende Vegetationsdecke geht verloren, Wind verweht den Boden – und eine Wüste entsteht.

### Salzige Böden: ein weltweites Problem

Fast die Hälfte aller Flächen, die in trockenen Gebieten bewässert werden, sind von der Versalzung betroffen. Die Bauern verlieren dadurch rund 10 Milliarden Euro. In Indien, Pakistan, im Irak, Ägypten, den USA, Nordmexiko und in Zentralasien sind riesige Flächen durch Versalzung völlig unproduktiv geworden.

### Ägypten: Angst vor der Salzwüste

Obwohl fast 95 Prozent der Fläche Ägyptens Wüste sind, ist das nordafrikanische Land eine der Kornkammern Afrikas. Seine fruchtbaren Felder verdankt das Land dem größten afrikanischen Strom, dem Nil. Seit Jahrtausenden leiten



Mehr als eine Milliarden Menschen leben in Trockengebieten

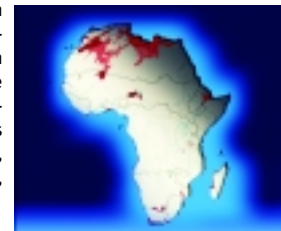


Bewässerung von Obstbäumen in Ägypten

Bauern sein Wasser auf ihre Felder. Noch heute ist fast die Hälfte aller Ägypter in der Landwirtschaft beschäftigt, die meisten am Unterlauf des Nils nahe dem Mittelmeer. Jahrtausendlang war die Salzkonzentration im Boden kein Problem, denn regelmäßig hatte der Nil Hochwasser und trat über die Ufer. Dabei schwemmte er fruchtbaren Schlamm heran, der den Boden düngte und erneuerte. Doch seit 1971 ist das anders – seitdem hält der riesige Assuan-Hochdamm den Nilschlamm zurück, der bis dahin den Boden erneuert hat. Weil fast das ganze Ackerland intensiv bewässert wird, fürchtet man jetzt, dass die Böden versalzen. Der Anteil der verfügbaren Ackerfläche pro Einwohner ist in den letzten 20 Jahren schon um etwa 20 Prozent gesunken. Eine Tradition im schonenden Einsatz von Wasser oder Trinkwasser gibt es nicht im Land, schließlich war man über lange Zeit durch den unerschöpflichen Nil verwöhnt. Bewässert wird daher über Kanäle oder Sprinkleranlagen, bei denen das Wasser besonders schnell verdunstet.

### Die Wüste fruchtbar machen – das Desert Research Center

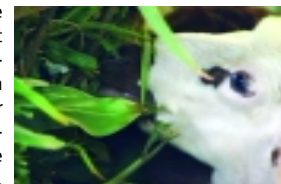
Ägypten sucht jetzt nach Lösungen. In Kairo arbeitet ein staatliches Forschungszentrum daran, das Desert Research Center (DRC). Seine Hauptaufgabe ist es, Methoden zu erforschen, mit denen die ägyptischen Wüstengebiete nutzbar gemacht werden können. Partner sind Universitäten und andere Organisationen. Das DRC unterhält sechs Forschungsstationen, in denen an Land- und Gartenbau, Bodenaufbereitung, Tierzucht, Nutzung von Seewasser, und Grundwassergewinnung gearbeitet wird.



Ausmaß der Versalzung in Afrika

### Salziges Viehfutter

Die Maryout Experimental Station ist mit ca. 4 Hektar die größte Versuchsstation des DRC. Seit 1968 untersucht man hier, wie sich Kulturpflanzen und Nutztiere unter extremen Bedingungen verhalten. Eine der wichtigsten Fragen ist, wie gut Schafe, Ziegen, Kamele oder Kaninchen Futter aus Pflanzen vertragen, die auch bei hohen Salzkonzentrationen im Boden wachsen (so genannte Halophyten). Die Tiere werden mit verschiedenen Salzpflanzen gefüttert, dabei kontrollieren Forscher das Wachstum, die Fruchtbarkeit und die Fleischqualität und vergleichen diese Versuchs-



Ein Schaf frisst Blätter der Salzakazie





Das Kamel lässt sich die Blätter einer Atriplex-Pflanze schmecken



Der Beduine Idris Jadam Noah al-Malhi vor seinem Feld mit Gerste und der Salzpflanze Atriplex



Getrocknete Salzpflanzen für den Verkauf als Tee, Gewürz oder Heilkraut

tiere mit anderen, die normales Futter bekommen. In den Tests werden hauptsächlich zwei Salzpflanzen-Arten verfüttert: Eine strauchartige Pflanze namens Salzmelde oder Salzbusch (*Atriplex Halimus*) Sie enthält in ihrer Trockenmasse ca. 20 Prozent Salz. Die zweite Versuchspflanze ist die Salzakazie (*Acacia salina*), aus der Familie der Leguminosen, zu denen auch die Hülsenfrüchte und die Futterpflanzen Klee und Luzerne gehören. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Tiere die Salzkost gut vertragen. Allerdings müssen sie dazu fettreiches Getreide fressen, sonst ist ihr Wachstum beeinträchtigt. Außerdem haben die mit Salzpflanzen gefütterten Tiere etwas mehr Durst, sie brauchen also mehr Wasser.

## Salzpflanzen schützen den Boden

Zirka 400 km nordwestlich von Alexandria, am Rand der Sahara, liegt Marsa Matruh, bekannt auch durch eine Schlacht im Zweiten Weltkrieg. Heute bauen Beduinen hier auf ihren Feldern den Salzbusch (*Atriplex halimus*) zusammen mit Gerste an. Durch den Anbau der Salzpflanzen können sie das Vieh vor allem während der Trockenzeit besser füttern. Gleichzeitig nutzen die Beduinen die Salzbüsche, um die Böden der Felder zu stabilisieren. Für den herkömmlichen Ackerbau haben sie früher alle anderen Pflanzen beseitigt, damit das Getreide besser wachsen kann. Dadurch ist jedoch der Boden in der Trockenzeit dem Wind ungeschützt ausgeliefert und er wird mit der Zeit verweht. Die Atriplex-Pflanze verhindert das, da sie tief wurzelt und so den Boden festhält. Hinzu kommt, dass sie die Getreidepflanzen nicht am Wachstum hindert. Die Idee kam von Forschern aus dem DRC in Kairo. Inzwischen funktioniert der gemischte Anbau so gut, dass die Beduinen ihre Ackerflächen fast verdoppeln konnten.

## „Salz“

Autoren: Verschiedene  
Zeitschrift: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie, Dezember 1996  
Verlagsangaben: Aulis-Verlag, Köln  
Sonstiges: 52 Seiten

Das Heft widmet sich einigen Themen zum Salz und bereitet sie für den Unterricht auf: Historische Siedesalzerzeugung, Kochsalz als Grundstoff des Lebens, Salzgewinnung im 1. Jahrhundert etc.

## Biologie

Autoren: Neil A. Campbell, Jane B. Reece  
Verlagsangaben: Spektrum Verlag,  
ISBN 3-8274-1352-4  
Sonstiges: 1606 Seiten, Preis ca. 89,95 Euro

Ein gut verständliches Biologiebuch, in dem auch erläutert wird, warum wir den Salzhaushalt regeln müssen.

## Salz, der Stoff, der die Welt veränderte

Autor: Mark Kurlansky  
Verlag: Claassen

In Geschichten und Anekdoten beschreibt der Autor lebhaft und amüsant Geschichten ums Salz aus der ganzen Welt. „Gewürzt“ ist das ganze mit dem ein oder anderen versteckten Rezept.

## Salz – Katalog zur Salzburger Landesausstellung

Autoren: Verschiedene  
Herausgeber Salzburger Landesausstellung,  
und Verleger: div. Autoren

## Salz Macht Geschichte

Eine informative Zusammenstellung der Landesausstellung von 1994  
Herausgeber: Manfred Trem l. u. a.  
Haus der Bayerischen Geschichte

Ausführliche, bebilderte Aufsätze zum Rohstoff Salz im Salzbergbau und Salinenwesen und dem Salz in Geschichte, Politik, Wirtschaft und Kultur, Schwerpunkt: die Bayerische Geschichte.

## Kulturgeschichte des Salzes

Autor: Thomas Hellmuth, Ewald Hiebl  
Verlag: Verlag für Geschichte und Politik  
ISBN: 3486565052

Die Autoren beschränken sich in ihrem Buch auf das 18. bis 20. Jahrhundert. Zur Sprache kommen nicht nur die technischen Neuerungen, die in dieser Zeit stattfanden, sondern auch die sozialen Lebensbedingungen der Menschen, die mit der Salzproduktion zu tun hatten.

## Weißes Gold

Autor: Jean Claude Hocquet  
Verlag: Klett Cotta  
ISBN: 608913653

Der Autor beschreibt die Salzgewinnung in Europa und ordnet sie in die politischen Zusammenhänge ein.



# Linktipps

## ZU: KRISTALLE ZÜCHTEN

Wir züchten Kristalle! – gute Rezepte zum Kristall-züchten	<a href="http://dcz.unibielefeld.de/dcz/kristalle/dczkt_s8.htm">http://dcz.unibielefeld.de/dcz/kristalle/dczkt_s8.htm</a>
Einfache Experimente zur Kristallzüchtung	<a href="http://home.t-online.de/home/michels-rave/">http://home.t-online.de/home/michels-rave/</a>

## ZU: DAS SALZ IN DER SUPPE

Deutsche Gesellschaft für Ernährung	<a href="http://www.dge.de">http://www.dge.de</a>
Deutsche Hochdruckliga	<a href="http://www.hochdruckliga.de">http://www.hochdruckliga.de</a>

## ZU: GEHEIMNISVOLLER SALZSPEICHER

Über die Arbeit des Deutschen Luft und Raumfahrt-zentrums findet man nähere Informationen unter <a href="http://www.dlr.de">http://www.dlr.de</a> da kann man z. B. auch nachsehen, wo sich Rosetta – die Kometenmission zur Erforschung der Ursprünge des Lebens befindet.	<a href="http://www.dlr.de">http://www.dlr.de</a>
Internationale Seite über Raumfahrt in vielen Sprachen. Hier kann man sich über die aktuellen Europäische Weltraumforschung informieren.	<a href="http://www.esa.int/esaCP/index.html">http://www.esa.int/esaCP/index.html</a>
Link zu der aktuellen Bett-Ruhe Studie der ESA: Besonderheit: WISE ist eine Studie nur mit Frauen. Schöne Seite – eigentlich für Jugendliche – aber auch für alle anderen Weltrauminteressierten	<a href="http://www.esa.int/esaCP/SEMQSKRMD6E_Germany_o.html">http://www.esa.int/esaCP/SEMQSKRMD6E_Germany_o.html</a> <a href="http://www.spaceclub.de/">http://www.spaceclub.de/</a>

## ZU: MACHT SALZ HOHEN BLUTDRUCK? ABSCHIED VON EINEM MYTHOS

Das Magazin EU.L.E.n-Spiegel widmete sich im Jahr 2000 dem Thema „Salz und Bluthochdruck“	<a href="http://www.das-eule.de/schwerp12000.html">http://www.das-eule.de/schwerp12000.html</a>
---	---

## ZU: SALZ – DER STOFF, DER GESCHICHTE MACHT (MUSEEN)

Deutsches Salzmuseum Lüneburg – Es zeigt die Salzgewinnung in der Hansestadt und bringt viele interessante Details zum Mineralstoff	<a href="http://www.salzmuseum.de/">http://www.salzmuseum.de/</a>
Keltenmuseum Hallein, Österreich – Befasst sich anschaulich unter anderem mit dem keltischen Bergbau. Seltene Schmuckstücke.	<a href="http://www.keltenmuseum.at/htdocs/">http://www.keltenmuseum.at/htdocs/</a>
Alte Saline Bad Reichenhall – Geschichte und Technik bis in die Neuzeit in einem.	<a href="http://www.salzwelt.de/alte-saline-bad-reichenhall/de">http://www.salzwelt.de/alte-saline-bad-reichenhall/de</a>

## Erlebnisbergwerke mit Führungen unter Tage finden sich in:

Salzwellen Salzburg (Bad Dürrnberg), Hallstatt und Altaussee	<a href="http://www.salzwellen.at/cont/salzwellen/salzwellen_home.aspx">http://www.salzwellen.at/cont/salzwellen/salzwellen_home.aspx</a>
Salzbergwerk Berchtesgaden	<a href="http://www.salzwelt.de/salzbergwerk-berchtesgaden/de">http://www.salzwelt.de/salzbergwerk-berchtesgaden/de</a>
Erlebnisbergwerk Merkers (dort ist eine Kristall-grotte zu sehen)	<a href="http://www.erlebnisbergwerk.de/">http://www.erlebnisbergwerk.de/</a>

## ZU: ENDLAGER SALZSTOCK?

<a href="http://www.endlagerung.de">http://www.endlagerung.de</a>
<a href="http://www.greenpeace.de/deutschland/?page=deutschland/fakten/atom/atomuellendlager">http://www.greenpeace.de/deutschland/?page=deutschland/fakten/atom/atomuellendlager</a>
<a href="http://www.salinas.de">http://www.salinas.de</a>
<a href="http://www.dbe.de">http://www.dbe.de</a>
<a href="http://www.akend.de">http://www.akend.de</a>
<a href="http://www.bfs.de">http://www.bfs.de</a>

## ZU: WIE DAS SALZ AUF DIE ERDE KAM

Allgemeine Informationen zum Salz auf der Internetseite des Vereins Deutsche Salzindustrie (deutsch):	<a href="http://www.salzindustrie.de/">http://www.salzindustrie.de/</a>
Ausführliche Seite zu Fragen rund um das Salz (englisch):	<a href="http://www.saltinstitute.org/">http://www.saltinstitute.org/</a>

## ZU: SALZ – EIN PROBLEM FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT

Die Homepage des Desert Research Centers:	<a href="http://www.drc-egypt.com/">http://www.drc-egypt.com/</a>
Eine Reisesite, die Marsa Matruh vorstellt, einen Badeort, der vor allem von ägyptischen Touristen besucht wird.	<a href="http://www.lexicorient.com/egypt/marsa_ma.htm">http://www.lexicorient.com/egypt/marsa_ma.htm</a>
Eine Seite der GTZ, die das Problem der Verwüstung beschreibt und die deutschen Entwicklungshilfe-projekte vorstellt	<a href="http://www2.gtz.de/desert/index.html">http://www2.gtz.de/desert/index.html</a>

