

Winterliche Beobachtungen

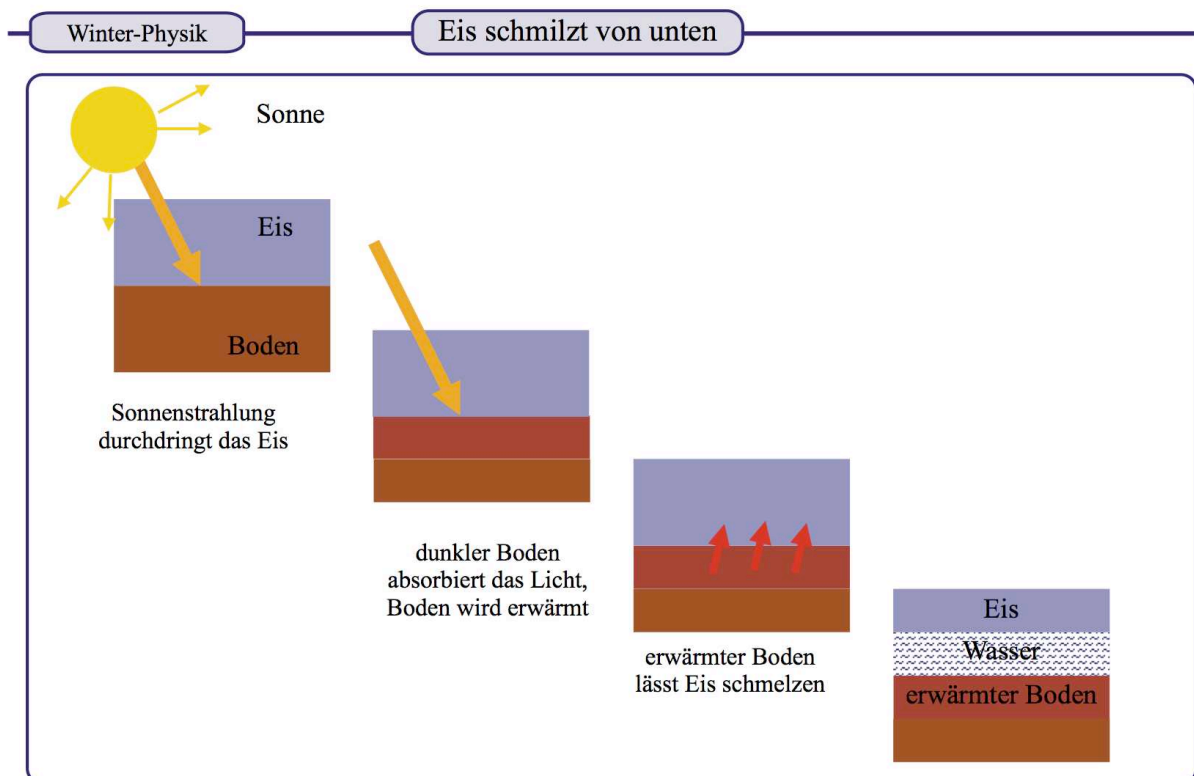
Heute möchte ich Sie der Jahreszeit entsprechend mit etwas „Winter-Physik“ vertraut machen. Wir wollen einigen Fragestellungen nachgehen, die sich aus „kalten“ Beobachtungen ergeben und ihren Hintergründen auf die Spur kommen.

1. Warum schmilzt Eis von unten, obwohl die Sonne von oben scheint?

Sicher haben Sie auch schon einmal beobachtet, dass bei der Eisschmelze, z.B. in einer gefrorenen Pfütze, unter einer Eishaut schon flüssiges Wasser steht, manchmal läuft das Wasser unter einer noch verbliebenen Eisschicht heraus. Dieser Effekt erscheint zunächst widersprüchlich: Die wärmende Sonne scheint doch von oben auf das Eis, also müsste das Eis an der Oberfläche zuerst schmelzen.

Verfolgen wir die Vorgänge Schritt für Schritt:

1. Die Sonnenstrahlen durchdringen das transparente Eis fast ungehindert wie eine Glasscheibe und treffen auf den darunterliegenden Boden.
2. Erst der Boden ist lichtundurchlässig, d.h. das Licht kann entweder reflektiert oder absorbiert werden. In unserem Fall (dunkler Boden) überwiegt die Absorption. Dabei wird die Lichtenergie in Wärmeenergie umgewandelt, der Boden wird erwärmt. Der Effekt ist deshalb auf einer schwarzen Teerdecke besonders deutlich zu beobachten.
3. Den nächsten Schritt werden Sie sicher schon erkennen: Der dunkle Boden erwärmt das darüberliegende Eis, wodurch es schmilzt. So entsteht die scheinbar widersprüchliche Schichtung aus oben liegendem Eis und darunter fließenden Wasser.



2. Wärmt Schnee?

Der Schneedecke wird oft eine wärmende Wirkung zugeschrieben, schützend für die Pflanzen, z.B. die junge Getreidekultur. Doch der Vergleich zwischen der Schnee- und unserer Daunendecke im Bett übersieht, dass unter der Schneedecke kein „Heizkörper“ liegt. Eine evtl. denkbare Aktivität von Bodenlebewesen kommt bei Temperaturen unter Null Grad praktisch zum Erliegen, selbst im Sommer fühlt sich der Erdboden bekanntlich nicht warm an. Nun ist an vielen „Volksweisheiten“ doch ein wahrer Teil, auch hier: Richtig ist die Beobachtung, dass die Pflanzen die kalte Jahreszeit unter Schnee besser überstehen, die „Wärmedecken“-Erklärung jedoch ist zwar sicherlich naheliegend, aber nicht zutreffend. Mit einem Einstichthermometer kann man leicht belegen, dass die Bodentemperatur unter der Schneedecke nicht höher ist als ohne diesen „Schutz“. Der Schnee selbst ist ja so kalt wie die Umgebung, eine aktiv wärmende Rolle kann sie also nicht spielen. Die Schutzwirkung liegt auf einer anderen Ebene: Der Schnee verhindert das Austrocknen des Bodens. Gerade die kalte Winterluft ist extrem trocken, der Boden verliert seine gesamte Feuchtigkeit. Sobald die Temperaturen wieder ansteigen, beginnt der Stoffwechsel der Pflanzen wieder gesteigert zu arbeiten, dabei müssen sie Wasser verdunsten. Fehlt im Boden die dafür notwendige Feuchtigkeit, vertrocknen die Pflanzen; die beobachteten Schäden an der Vegetation sind also nicht durch tiefe Temperaturen (woran unsere einheimischen Pflanzen angepasst sind) entstanden, sondern durch Austrocknung entstanden.

3. Wie wirkt Auftausalz?

Ähnlich der Fragestellung nach der „wärmenden“ Schneedecke wird hier oft eine naheliegende, aber falsche Erklärung angeboten: Das Eis wird durch das Salz erwärmt. Man muss nicht lange überlegen, um zu sehen, dass diese Erklärung niemals richtig sein kann: Das Salz kann vor der Haustüre in der Kälte gestanden sein und wirkt trotzdem, außerdem ist die eingesetzte Salzmenge viel zu klein um die notwendige Wärmemenge mitzubringen. Diesmal verbirgt sich allerdings einige Physik und Chemie hinter dem beobachteten Effekt:

1. Zunächst arbeiten zwei Eigenschaften der beteiligten Partner zusammen:
 - Das Salz ist „hygroskopisch“, es bindet Feuchtigkeit, auch gasförmiges Wasser (fälschlich oft als „Wasserdampf“, der aus kleinen Tröpfchen besteht, bezeichnet). Das liegt am chemischen Aufbau der Akteure: Salz besteht aus elektrisch geladenen Teilchen („Ionen“, negativ geladene Chlorid- und positiv geladene Natrium-Ionen), Wasser aus Molekülen mit einer ungleichmäßigen elektrischen Ladungsverteilung („polare“ Teilchen). Die geladenen Ionen ziehen daher die Wassermoleküle heftig an und halten sie an ihrer Oberfläche fest. (Sie kennen sicher das Problem der mit feuchtem Salz verstopften Löcher im Salzstreuer!)
 - Auch Eis gibt - wie flüssiges Wasser - ständig gasförmiges Wasser ab („Sublimation“). Deshalb schrumpft eine Eis- oder Schneeschicht auch bei Dauerfrost und nicht dicht verpackte Lebensmittel trocknen im Tiefkühler aus („Gefrierbrand“).
 - Die durch Sublimation abgegebenen gasförmigen Wassermoleküle werden von der Salzoberfläche aufgefangen.
2. Die Salzkristalle begehen „Selbstmord“: Das aufgefangene Wasser löst die Kristallstruktur von der Oberfläche her auf, es entsteht eine (konzentrierte) Salzlösung, wobei das Kristall zerfällt.
3. Die Salzlösung breitet sich als Flüssigkeit schnell aus und vergrößert sich durch Aufnahme von weiteren Wasserteilchen.
4. Nun kommt noch ein weiteres Phänomen hinzu: Eine Salzlösung gefriert erst bei Temperaturen, die deutlich unter 0 °C liegen („Gefrierpunktniedrigung“). Die entstehende Salzlösung gefriert daher nicht wieder, wenn sie sich über der kalten Eiskruste ausbreitet.
5. An der intensiv mit Salzlösung benetzten Eisoberfläche geht nun sehr schnell weiteres Eis-Wasser in die Lösung über, das Eis scheint regelrecht „aufgefressen“ zu werden.

Eine Substanz, die als Auftaumittel wirken kann, muss also nur die beiden Eigenschaften von Kochsalz

haben, die für den Erfolg notwendig waren: es muss hygroskopisch und in Wasser gut löslich sein sowie eine ausreichende Gefrierpunktniedrigung bewirken. Im Prinzip sind daher viele Stoffe für diesen Zweck geeignet, Sie könnten auch Zucker oder Mineraldünger aus dem Garten (z.B. Harnstoff oder Salpeterdünger) verwenden. Die Entscheidung für eine Substanz hängt aber noch von anderen Bedingungen ab: Der Stoff soll eine möglichst geringe Giftwirkung für Pflanzen, Tiere und Menschen haben, sich gut handhaben lassen (Streumaschinentauglichkeit) und nicht zuletzt preiswert sein. Wegen der hohen Schädigung an Pflanzenwurzeln wird heute oft an Stelle von (Koch-)Salz Calciumchlorid eingesetzt, das auch als hoch konzentrierte Lösung versprüht und damit gleichmäßiger und sparsamer verteilt werden kann. (Kochsalz löst sich relativ schlecht in Wasser, man kann keine hoch konzentrierte Lösung herstellen.)

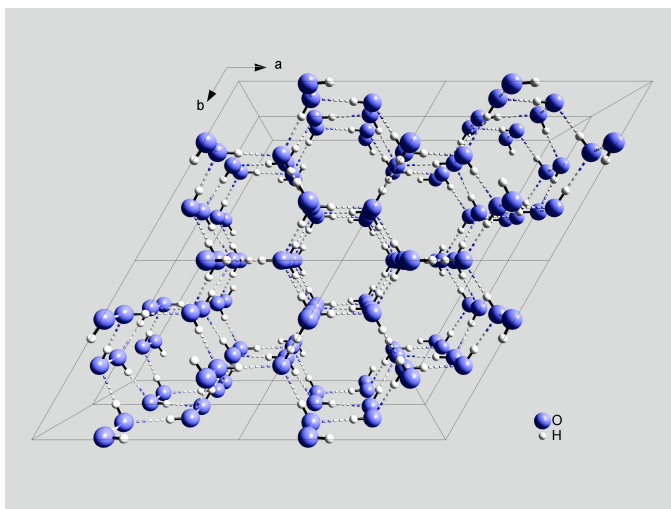
4. Die Schönheit des Eises

Zum Schluss möchte ich Sie auffordern, doch nach der irgendwo verkramten Lupe zu suchen, mit der Sie einmal Briefmarken betrachteten und draußen, am besten bei Sonnenschein Schnee oder Rauhreif damit zu betrachten. Freuen sie sich einfach zunächst einmal an ihrer Schönheit.

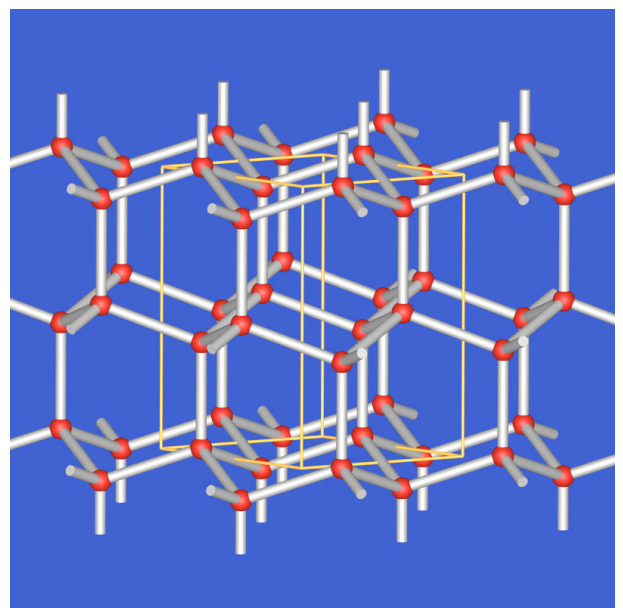
Haben Sie noch das Bild von den sechseckigen Figuren im Kopf? Dann schließen Sie die Augen und stellen sich vor, Sie könnten mit einem Super-Mikroskop die Wassermoleküle im Eis sehen. Sie bilden ein „luftiges“ Gerüst: immer sechs von ihnen halten sich „an der Hand“ und bilden sechseckige Ringe, die sich wieder zu käfigartigen Hohlräumen fortsetzen, deren Seitenflächen immer wieder aus Sechsecken bestehen. (Die „Hände“ der Wasserteilchen sind die entgegengesetzt elektrisch polaren Enden der Wassermoleküle, jedes Wassermolekül bildet eine Ecke der Sechseckfiguren.) Und wenn Sie sich jetzt in Gedanken so stark verkleinern, wie Sie die Wassermoleküle vergrößert haben, dann könnten Sie durch die Hohlräume zwischen den Wassermolekülen hindurchfliegen und mit Erstaunen feststellen: Eis besteht aus sehr viel „Nichts“! Eis ist wie eine Art harter „Wasserschaum“ und deshalb auch leichter als flüssiges Wasser, in dem der „Schaum“ zusammengebrochen ist und die Wasserteilchen wieder näher beieinander liegen.

Die beiden Strukturmodelle sollen Ihnen bei der Vorstellung helfen:

Links sind die Wassermoleküle mit ihren einzelnen Atomen (blaue Kugeln: Sauerstoff, weiße Kugeln Wasserstoff) dargestellt, die gestrichelten Linien dazwischen symbolisieren die elektrostatischen Anziehungskräfte („Wasserstoffbrücken“). Rechts sind die Atome nicht einzeln wiedergegeben, dafür wird der dreidimensionale Aufbau mit seinen großen Hohlräumen besser sichtbar.



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/Cryst_struct_ice.png



http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Cryst_struct_ice.png

Fachbegriff-Erklärungen

Absorption, absorbieren

Allgemein:

In der Physik: Schwächung der Stärke (Intensität) einer Strahlung (Teilchen oder Welle), wenn sie durch einen Stoff (Absorber) hindurchgeht.

In der Chemie: Aufnahme eines Stoffes durch einen anderen.

Speziell:

A. des Lichtes: Licht(energie) wird von einem Körper aufgenommen, die absorbierte Energie wird entweder in Wärme umgewandelt oder im Inneren der Teilchen aufgenommen (Anregung oder Abtrennung von Elektronen).

A. von Teilchen (z.B. einer radioaktiven Strahlung): Die Teilchen verschwinden durch Wechselwirkung mit den Atomen des Absorbers.

A. von Gasen, z.B. beim Lösen eines Gases in einer Flüssigkeit (beispielsweise Sauerstoff in Wasser).

A. Stoffen durch die Haut (Medikamente, Kosmetika).

lat. *absorbere* hinunterschlucken, aufsaugen

Gefrierpunktserniedrigung

Effekt, dass der Gefrierpunkt einer Lösung niedriger liegt als der des reines Lösemittels.

Beruhet auf der „Stör“-Wirkung der gelösten Teilchen beim Aufbau des Kristallgitters des Lösemittels (z.B. Wasser)

hygroscopisch

Substanz, die Feuchtigkeit (gasförmiges Wasser) anzieht.

B.: SO_3 , Kochsalz

gr. *hygros* feucht, *skopein* schauen nach (vgl. Hygro-meter, Mikro-skop, Tele-skop)

Ion

Elektrisch geladenes Atom oder Molekül. Ionen entstehen aus elektrisch neutralen Teilchen durch Aufnahme oder Abgabe von Elektronen, bei Protolysen können I. auch durch Ankopplung oder Abspaltung von H^+ -Ionen (Protonen) gebildet werden.

gr. Wanderer

Polarisierung

Verschiebung der elektrischen Ladung, insbesondere der Elektronen, in einem elektrisch neutralen Teilchen. Die P. kann umso leichter erfolgen, je weniger der Kern die Elektronen festzuhalten vermag, also je geringer die Kernladungszahl und je größer der Abstand zwischen Kern und äußeren Elektronen ist.

Polarität

Liegt bei einer unsymmetrischen Ladungsverteilung in einem Teilchen vor.

a. P. einer Elektronenpaarbindung

b. P. eines Dipolmoleküls;

Reflexion, reflektieren

Zurückwerfen einer Welle (Schall oder Licht) an einer Grenzschicht zwischen zwei verschiedenen Medien (z.B. Luft/Glas).

Im übertragenen Sinn: über etwas nachdenken.

lat. *reflectere* (zurück-, um-)wenden, zurückdenken

Sublimation

Direkter Übergang vom festen zum gasförmigen Zustand.

B: Jod, Eis

lat. *sublimis* in der Luft schwebend

Weitere Fachbegriffserklärungen aus der Biologie und den angrenzenden Wissenschaftsgebieten Physik und Chemie finden Sie auch in meiner Homepage www.die-reise-maus.de in der Rubrik „Lexika“ in der Datei „Biologie_LX.pdf“.