

# 1. Titel & Stichworte

Geschichte der Kühltechnik, Eisherstellung.

# 2. Autoren & Institutionen

Veronika Maiseyenko, Andreas Henke (Universität Bremen), Anna Launus (Universität Oldenburg), Falk Rieß (Universität Oldenburg), Dietmar Höttecke (Universität Hamburg) Deutschland.

# 3. Kurzfassung

Die vorliegende Unterrichtseinheit wurde für den Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht der Klasse 6 in der Schule entwickelt. Das Material berührt den Themenbereich Thermodynamik und erschließt Sachinhalte wie Temperatur, Wärme und Wärmeleitung, Isolierung und gute/schlechte Isolatoren, Aggregatzustände und deren Änderungen (Schmelzen, Erstarren und Sieden), Schmelztemperatur und Siedetemperatur, Gefrierpunkt und auch Verdampfen.

Diese Sachinhalte sind eingebettet in den geschichtlichen Kontext der Entwicklung der Kältetechnik und Eisherstellung. Diese Entwicklung ist vor allem charakterisiert durch lebensweltliche Techniken wie Abkühlung durch Verdunstung, Aufbewahrung von Lebensmitteln in Eiskellern, die Nutzung von Kältemischungen, die Verbreitung der häuslichen Kühltechnik mit Eisschränken und schließlich die Entwicklung und Nutzung der modernen Kältemaschinen.

Zu den Kernzielen der Unterrichtseinheit gehört die Gewinnung sowohl fachinhaltlicher als auch erkenntnismethodischer Kompetenzen. Über experimentelle Arbeit und theoretisches Material sollen die Schüler sich grundlegendes thermodynamisches Fachwissen aneignen. Über die angeleitete forschende Tätigkeit im Unterricht, den historischen Kontext und über die gezielte Reflexion über wissenschaftstheoretische Fragen sollen Schüler naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen kennen lernen. Vor allem sollen sie die Wechselwirkung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und technischen Anwendungen erfahren.

# 4. Beschreibung

Seit langer Zeit besteht für die Menschheit die Notwendigkeit, Lebensmittel auf Vorrat aufzubewahren. Es entwickelten sich dadurch verschiedenste Kulturtechniken wie Trocknen, Räuchern, starkes Erhitzen, alkoholische Gärung, Einsatz von großen Mengen an Zucker (Kandieren) oder Salz (Pökeln) und andere Konservierungsmethoden. Eine besondere Technik ist das Kühlen, welches den Zersetzungsprozess durch Mikroorganismen verlangsamt oder ganz anhält und so die Nahrung in ihrem ursprünglichen Zustand belässt. Eis und Schnee eigneten sich am besten dafür und waren abhängig von Region und Jahreszeit mehr oder weniger gut verfügbar.

In kalten nördlichen Regionen oder großen Höhen war Kühlung naturgemäß einfacher zu bewerkstelligen. Die Menschen konnten sich dort über eine längere Zeit von den zugefrorenen Gewässern bedienen und in tiefen kalten Gruben Eis über die Frühlings- und Sommermonate gut isoliert aufbewahren und langsam verbrauchen.

Im Süden waren Eis und die damit verbundenen Kühlungsmöglichkeiten ein begehrter Luxus, der vielen Menschen nicht zugänglich war. Eis bzw. Schnee und deren Anschaffung war sehr aufwändig und die Produkte dadurch teuer. Desto beliebter waren die Speise-, Getränke- und Raumkühlung bei Machthabern in südlichen Gebieten. Das Servieren der ersten Varianten unseres Speiseeises – mit Eis vermischte Milch, Wein, Gewürze, Früchte

und Fruchtsäfte – war lange Zeit ein Zeichen besonderen Wohlstands. Die Bediensteten konnte es manchmal ihr Leben kosten, falls dabei Fehler passierten oder wenn sie die Rezepte nicht geheim halten konnten. So begleitet uns die faszinierende Geschichte des Speiseeises schon vom alten China bis zur heutigen Zeit und ist unmittelbar mit der Geschichte der Kältetechnikentwicklung verbunden.

Jetzt ist unser Leben ohne einen Kühlschrank und unsere Freizeit ohne Speiseeis nicht mehr vorstellbar. Aber wie kam die Menschheit zu solch wichtigen Erfindungen? War es eine plötzliche, über Nacht entstandene Entdeckung, oder haben Menschen viel geforscht, bis es dazu kam? Wie wurden vor dem Kühlschrank Lebensmittel kühl aufbewahrt? Mochten die früheren Menschen auch Eis? Konnten sie denn gut genug kühlen, um Speiseeis auch aus Milch und Sahne herzustellen? Wie wird überhaupt Eis zubereitet? Ist es heute anders als früher? Was hat diese Geschichte mit Wissenschaft zu tun? Wie arbeiten Wissenschaftler überhaupt und woher nehmen sie ihre Fragestellungen?

Auf viele solche Fragen können Schüler bei der Arbeit in dieser Unterrichtseinheit Antworten finden. Diese Arbeit basiert auf:

- der (zum Teil auch spielerischen) Bearbeitung der Informationstexte und deren Analyse
- auf dem Projektieren und Nachbauen eigener Modelle historischer Kühlungs- und Eisherstellungstechnik,
- auf dem Planen eigener Versuche zu Hypothesenüberprüfung,
- auf der Analyse eigener Vorgehensweisen beim Forschen und deren Reflexion im Bezug auf wissenschaftliches Arbeiten.

Das Lernen in der hier vorgestellten Unterrichtseinheit ist in Form eines Lernzirkels organisiert. Es sind 10 Stationen entwickelt worden, die das ganze Thema in drei Blöcke gliedern:

Block 1: Geschichte der Kühlung: Leben ohne Kühlschrank:

Station 1: Leben ohne Kühlschrank

Station 2: Kühlen durch Verdunsten

Station 5: Eiskeller

Station 7: Kältemischungen

Block 2: Kühlschrank: Geschichte und Gegenwart:

Station 3: Topf-in-Topf-Kühlschrank

Station 4: Moderner Kühlschrank

Station 6: Eisschrank

Block 3: Eisherstellung: früher und heute:

Station 8: Schnee, Früchte und Honig

Station 9: Erste Revolution in der Eisherstellung: Kältemischungen

Station 10: Zweite Revolution in der Eisherstellung: Kältemaschinen

Schüler sollen an den Stationen in Kleingruppen arbeiten (bis zu 3 Schüler). Es wäre ideal, alle Stationen in der Reihenfolge, wie sie in den Blöcken vorkommen, zu bearbeiten. Da dies zeitlich und organisatorisch nur schwer zu realisieren ist, empfiehlt es sich für jede Gruppe mindestens eine Station aus jeweiligem Block zu bearbeiten. Die Reihenfolge hierbei ist beliebig.

Einige Themen in den verschiedenen Blöcken haben trotz unterschiedlicher Kontexte sehr verwandte physikalische Inhalte, so wie z.B. Station 2: „Kühlen durch Verdunsten“ mit Station 3: „Topf-in-Topf-Kühlschrank“ oder Station 7: „Kältemischung“ mit Station 9: „Erste Revolution in der Eisherstellung: Kältemischungen“. Aus diesem Grund sollte der Lehrer darauf achten, dass die Schülergruppen möglichst die Stationen aus unterschiedlichen Blöcken mit den unterschiedlichen physikalischen Schwerpunkten belegen. In Abschnitt 3.1

werden die Stationen näher beschrieben. So lassen sich die für die Vorkenntnisse und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler optimalen Kombinationen bestimmen.

## **4.1. Kurze Beschreibung der Stationen**

### **Station 1: Das Leben vor dem Kühlschrank**

Einer tabellarischen Übersicht zu einzelnen Stationen in der Geschichte der Kühltechnik ordnen die SuS mögliche Zwecke zu. Sie lernen so die Entwicklung von Kühlmöglichkeiten kennen.

Sie sollen sich in die Situation ohne moderne Kühltechnik hineinversetzen und eine Geschichte dazu verfassen, wie sie in diesem Falle kühlen würden.

In einem kurzen Infotext werden sie über naturnahe Möglichkeiten der Kühlung informiert. Sie sollen dazu aus vorgegebenen Materialien einen Kühlaufbau entwickeln.

### **Station 2: Kühlen durch Verdunsten**

Die SuS erhalten in einem Infotext Informationen über die Kühlung durch Verdunstung. Sie sollen in einem kleinen Handexperiment selbst die Kühlung durch Verdunstung erfahren. Im Anschluss sollen sie auf der Grundlage ihres erworbenen Wissens einen Versuch zur Bestimmung der Windrichtung entwickeln, durchführen und ihre Beobachtungen erklären.

Zum Abschluss sollen sich die SuS in die Rolle eines Naturwissenschaftlers hineinversetzen und Versuche entwickeln, um den Einfluss von verschiedenen Parametern auf die Verdunstung zu bestimmen (Wind / Art der Flüssigkeit / Verdunstungsfläche). Diese Versuche führen die SuS mit den verfügbaren Materialien selbstständig durch.

### **Station 3: „Topf-im-Topf“-Kühlschrank**

Die Station beginnt mit einer kurzen Information über die Probleme, die sich ohne die Möglichkeit der Lebensmittelkühlung für südliche Regionen wie Afrika ergeben.

Als mögliche Lösung erfahren die SuS etwas über die Entwicklung des „Topf-im-Topf“-Kühlschranks. Auf Grundlage dieser Informationen sollen die SuS Versuche entwickeln, um Faktoren zu untersuchen, die die Temperatur und damit die Qualität der Kühlung beeinflusst. Die Versuche führen die SuS mit gegebenen Materialien durch.

Als nächste Aufgabe sollen die SuS mit dem erworbenen Wissen das Prinzip eines „Mini-Kühlschranks“ aus Indien erklären.

Abschließend sollen die SuS im konkreten Kontext der Entwicklung des „Topf-im-Topf“-Kühlschranks reflektieren, was sie an dieser Entwicklung für wissenschaftlich halten im Vergleich zu ihrem eigenen Vorgehen. Außerdem sollen sie Ursachen nennen, die Bah Abba zu dieser Forschungsarbeit bewegt haben und über mögliche Verallgemeinerungen diskutieren.

### **Station 4: Moderner Kühlschrank**

Die Station 4 schließt thematisch direkt an die Station 3 an, da sich die SuS nun mit möglichen Ursachen für das Vorantreiben der Entwicklung der Kühltechnik auseinandersetzen. In einer Tabelle kreuzen die SuS die ihrer Meinung nach für den Fortschritt treibenden Faktoren und Motive an. Abschließend sollen sie kurz schriftlich dazu Stellung nehmen.

In den nächsten drei Aufgaben geht es darum, die Temperaturkurve des Erhitzens von Wasser bis zum Sieden aufzunehmen und phänomenologisch zu deuten. Dabei wird einmal die herkömmliche Praxis des Erhitzens auf einer Heizplatte, zum anderen eine Alternative im Backofen bei 200°C durchgeführt. Die SuS sollen Unterschiede der beiden Varianten herausarbeiten.

Im Anschluss sollen sich die SuS mit dem Temperaturempfinden und dem Konzept der Siedetemperatur bzw. des Siedens auseinandersetzen. Sie stellen am Beispiel des flüssigen Stickstoffs fest, dass nicht alles, was kocht, heiß sein muss.

Es folgt eine kurze Information zum Prinzip der Kühlung durch Luftverflüssigung (Linde-Verfahren). Die SuS sollen ihr gewonnenes Wissen in einer Aufgabe anwenden.

Abschließend erhalten die SuS Informationen zur Fortentwicklung und Optimierung der modernen Kühlschränke, aufbereitet durch einen Zeitungsartikel zu einem „Kühlschrank-Unfall“ (Kühlmittelaustritt). Die SuS sollen darüber reflektieren, inwiefern die Wissenschaftler für ihre Erkenntnisse und die möglichen Folgen Verantwortung tragen.

### **Station 5: Eiskeller**

Die SuS erhalten eine kurze Information zur Lagerung von Natureis. Im Anschluss sollen sie selbstständig unter Verwendung der gegebenen Materialien untersuchen, wie sich Eis am besten aufbewahren lässt. Sie sollen dazu eine Art Forschungsbericht anfertigen, in dem sie Vorgehensweise, Varianten, Schwierigkeiten, Beobachtungen und Ergebnisse dokumentieren. Abschließend sollen sie eine kurze Anleitung für den Bau eines Eiskellers (inklusive Skizze/Bauplan) verfassen. Weiterhin reflektieren die SuS auf die Bedeutung der Dokumentation von Forschungsprozessen und auf das Verhältnis der Bereiche Naturwissenschaft und Technik.

Danach erhalten sie Informationen über den historischen Natureisabbau. Zu einzelnen Abbildungen sollen sie Forschungsfragen formulieren und sich dazu äußern, warum Naturwissenschaftler diese untersuchen würden.

### **Station 6: Eisschrank**

Die SuS erhalten einen Informationstext zu Eisschränken, den Vorläufern der Kühlschränke. Die SuS sollen auf Grundlage der ihnen zur Verfügung stehenden Informationen Fragen zum Eisschrank beantworten. Dabei geht es vor allem darum, die Funktion der einzelnen Bauelemente des Eisschranks zu begreifen. Diese dienen als Kontext für das Phänomen der Luftzirkulation. Sie sollen im Anschluss kritisch über den Zeitaufwand, der mit dieser Kühltechnik verbunden war, reflektieren.

Abschließend sollen die SuS mit gegebenen Materialien ein Modell eines Eisschranks konstruieren (inklusive Skizze).

### **Station 7: Kältemischung**

Die SuS werden zu Beginn mit dem Alltagsphänomen konfrontiert, dass Salzstreuen gegen Glatteis hilft, indem es Eis und Schnee zum Schmelzen bringt. Im Anschluss sollen sie in mehreren kleinen Versuchen mit Anleitung schrittweise die „schülernahe“ Annahme widerlegen, die Zugabe von Salz führe zur Erwärmung und daher zum Schmelzen von Eis. Über Temperaturmessungen sollen sie den Effekt der Gefrierpunktserniedrigung erfahren.

Im Anschluss erhalten die SuS Informationen darüber, wie zu Zeiten, als es noch keine Kältemaschinen gab, mit Eis-Salz-Mischungen gekühlt wurde. Die SuS sollen, angeleitet durch das Problem, dass Salze damals sehr schwer zu beschaffen und daher teuer waren, selbstständig eine Versuchsreihe durchführen. Ziel ist das effektivste Eis-Salz-Gemisch: bestmögliche Kühlung unter Verwendung von möglichst wenig teurem Salz. Abschließend sollen sie in einem Leserbrief ihre Ergebnisse verteidigen.

### **Station 8: Schnee, Früchte und Honig**

Die SuS erhalten eine kurze Einführung zur Geschichte des Speiseeises. Sie sollen einzelne Informationen über die Eisherstellung chronologisch ordnen.

Im Anschluss führen die SuS einen Versuch zur Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Materialien durch (Holz, Plastik, Metall), indem sie Löffel aus diesen Materialien erhitzen und ihre Beobachtungen qualitativ auswerten.

Die SuS sollen danach ihr Wissen über Wärmeleitfähigkeit an einem konkreten Beispiel anwenden.

### Station 9: Erste Revolution in der Eisherstellung: Kältemischungen

Die SuS lernen die Geschichte der Eisherstellung mittels Kältemischungen kennen. Sie sollen eine kurze Sammlung von Stationen in der Eisherstellungsentwicklung lesen und auf Basis dieser Geschichte darüber reflektieren, wie alltägliches Wissen zum wissenschaftlichen Wissen wird.

Nach einer historischen Beschreibung der Speiseeisherstellung (1803) sollen SuS mittels Kältemischungen ihr eigenes Speiseeis herstellen. SuS werden aufgefordert, über die naturwissenschaftlichen Hintergründe dieses Vorganges nachzudenken.

### Station 10: Zweite Revolution in der Eisherstellung: Kältemaschinen

Die SuS sollen den Aufbau und die Funktionsweise der historischen Speiseeiszubereitung in einem doppelwandigen Gefäß mit Kältemischungen als Kühlmittel nachvollziehen: Aus welchen Funktionsteilen besteht eine historische Eismaschine? Warum soll die innere Wand aus Eisen sein? Warum sollte man die Büchse sehr schnell drehen? Auf dieser Grundlage sollen SuS ihre eigene Eismaschine entwerfen und sie skizzieren. Der Übergang von der Kühlung mit den Eis-Salz-Mischungen soll in dieser Station klar werden, moderne und historische Techniken sollen verglichen werden.

## 5. Hintergründe

### 5.1. Kühltechnik und Eisherstellung – historische Schritte (grob):

Kühlung mittels...	Zeit	Zweck
Natureis/künstliches Eis		
Natureis + Eiskeller	1200 v. Chr. in China über den Orient nach Europa bis 1950	Lagerung von Lebensmitteln, Kühlung von Getränken
Natureis und künstliches Eis + Eisschrank	Ende 19. Jh. bis 1950	
Kältemischungen		
Salpeter mit Wasser (flüssige Kältemischung)	um 1550 in Europa, etwa 300 Jahre davor in arabischen Ländern  ab 1150 v. Chr. nachweislich in China (vermutlich viel früher)	Getränkekühlung
Salpeter mit Schnee bzw. Eis	ab ca. 1530 in Italien	Kühlen bzw. Gefrieren fetthaltiger Speisen
Verdunstungskühlung		

Abkühlung durch Verdampfung	Seit unbestimmbar langer Zeit	Kühlen von Lebensmitteln mittels unglasierter poröser Tongefäße Für Kältemaschinen als Kühlmittel
Kältemaschinen	ab 1876 Carl von Linde	Kühlen, Einfrieren Herstellung künstlichen Eises Gasverflüssigung etc.

Mit der Entwicklungsgeschichte der Kühlgeräte geht Hand in Hand die **Geschichte der Eisherstellung**:

Land	Wer? Wann? Was?
China	Speiseeis aus Schnee mit Früchten und Milch zubereitet (1.-3. Jh. v. Chr.). Dabei wurde das Eis in tiefen und kalten Eiskellern gelagert.
Antikes Griechenland	Hippokrates, Alexander der Große (um 300 v. Chr.): Natureis und Schnee zum Verspeisen, Heilen und Aufmuntern.
Römisches Reich	Kaiser Nero (37 bis 68 nach Chr.): Natureis und Schnee als besondere Süßspeise
Europa: Mittelalter	Marco Polo (um 1300): brachte Eisrezepte aus dem alten China nach Venedig (und vermutlich auch die Idee der Kältemischung). Katharina di Medici: eigener Eismacher, Eisrezepte sind Staatsgeheimnisse; Eis – ein Luxus für Reiche, da seine Beschaffung und Aufbewahrung sehr teuer ist.
Italien: Erste Revolution der Eisherstellung:	- Um 1530 Entdeckung der kühlenden Wirkung der Salz-Schneemischung und deren Verwendung bei der Eisherstellung; - Verbreitung verbesserter Thermometer machen das Temperaturmessen möglich; - Französischer Wissenschaftler, Physiker und Zoologe René-Antoine de Réaumur (1683-1757) fand, dass Rühren des Eises beim Gefrieren zur besseren Konsistenz und zum besseren Geschmack führt.
Amerika 1843	Erste mechanische Eismaschine, Patent von Nancy Johnson
Deutschland: Zweite Revolution der Eisherstellung 1876	Erfindung der Kältemaschine durch Carl von Linde – Eis wird eine Massenware. Kältemaschinen ersetzen Kältemischungen bei der Eisherstellung.

## 5.2. Geschichte der Kühltechnik und Eisherstellung (fein)

### 5.2.1. Kältetechnik

#### 1. Verdunstungskälte

Die Inder und Ägypter benutzen seit unbestimmbar langer Zeit das Zusammenwirken von Verdunstungskälte und Wärmeabstrahlung, indem sie während klarer und windstillen Nächten Wasser in flachen, porösen, irdenen Pfannen auf eine Unterlage trockenen Strohes in kleine Erdgruben stellen. Dabei bildet sich dann vor Sonnenaufgang nicht immer eine Eisschicht, aber das Wasser kühlt meist bis gegen den Gefrierpunkt ab.

#### 2. Natureis

1) Im Winter, wenn die Seen zugefroren waren, wurde **Wassereis** "geerntet". Mit dem Natureis und dem Schnee von Gewässern und Gletschern kühlte man Lebensmittel schon vor sehr langer Zeit (z.B. schon um 1200 v. Chr. in China).

#### 2) Eiskeller

Das gewonnene Natureis und Gletscherschnee lagerte man auch schon seit Jahrtausenden in China in speziellen tiefen und kalten Höhlen und Eiskellern.

Das Eis musste dafür stark genug sein (sicherlich über 20 cm), um gefahrlos darüber laufen zu können. Erst dann begann die „Eisernte“ für die Erd- bzw. Eiskeller. Jährlich wenn die Eisstärke ihren Maximalwert von 18 bis 20 cm erreicht hatte, wurden große Eisplatten mittels Hacken und Sägen aus dem Eis geschlagen und mit Eishaken über vorher planierte Schneebahnen an das Ufer gezogen.

Dort wurden die Platten auf Holzpfosten senkrecht aufgestellt, damit Schmelzwasser und Schmutz ablaufen konnte. Nach 2 Tagen wurden die Platten umgeworfen, in tragbare Stücke von ca. 20 bis 25 kg Gewicht zerschlagen, per Hand auf Pferdewagen geladen und zu den Eiskellern transportiert.

Beim Erd- bzw. Eiskeller angelangt, wurden die Eisblöcke abgeladen und in die vorhandenen Eiskeller abgelagert. Es gab vor allem in Amerika nahe den Seen sog. Eishäuser, in denen ebenfalls Eis für den Sommer gelagert wurde. Hier wie auch bei den Eiskellern war die Isolierung von größter Wichtigkeit.

Nach Bedarf wurde das Eis das ganze Jahr über entnommen. Der Eisvorrat reichte für lange Zeit und hielt somit die Lebensmittel über das gesamte Jahr hindurch kühl.

**Bildmaterial: Abb. 1, 2, 3**

3) **Eisschrank:** Bis etwa 1950 wurden auch hölzerne Eisschränke verwendet. Sie wurden befüllt mit Eis aus Fabriken oder Seen (gelagert im Eiskeller). Sie enthalten innen ein Gefäß, in welches zerkleinertes Eis eingefüllt wurde. Das abtropfende Wasser wurde darunter in Schüsseln gesammelt. Um die Kammer in der Mitte sind Fächer, die das Kühlgut aufnehmen und mit einer Tür verschlossen werden.

Trotz der Nachteile solcher Eisschränke (hoher Eispreis, ständige Erneuerung des Eises, viel Arbeit mit dem Schmelzwasser und Säubern der Schränke) wurden sie erst sehr langsam durch die ersten Kühlschränke ersetzt, die anfangs viel Platz wegnahmten, sehr laut, gefährlich und auch teuer waren.

**Bildmaterial: Abb. 4,5**

### 3. Künstliche Kälte

1) **Natureis** war sehr teuer und nur jahreszeitenabhängig verfügbar. Auch wenn es bis zur Mitte der 19. Jh. als Kühlmittel fast überall verwendet wurde, versuchte man schon sehr früh, Eis (bzw. Kälte) selbst zu erzeugen:

- So wurde z.B. schon im **Mittelalter** die Kältemischung von Salpeter mit Wasser bekannt. Dabei sinkt die Temperatur um 15°C oder mehr. Diese Technik wurde bis zum Ende des 19. Jh. verwendet.
- **Mitte 19. Jh.:** Man versuchte für das Herstellen künstlichen Eises und auch für direkte Kühlung **Kältemaschinen** zu entwickeln. Der Ansporn dafür war besonders hoch in Mitteleuropa (denn z.B. Amerika hatte viele Natureisreserven).  
Einige Randbedingungen der Forschungen:
  - Besonders in **England** hatte das Anwachsen der Bevölkerung im Zuge der Industrialisierung große Ernährungsprobleme verursacht. Mit Hilfe der Kältetechnik wollte man günstig Nahrungsmittel aus den Kolonien transportieren.
  - In **Australien, Neuseeland** und **Südamerika** bestand ebenfalls großes Interesse, den Überfluss an Rindern und Schafen nach England zu verkaufen. Ein Transport benötigte aber enorme Eismengen – pro 1 kg Fleisch wurden 8 kg Eis nötig. Das Transportproblem war deshalb nur mit Hilfe neu entwickelter Kältemaschinen zu lösen.
- **Lord Kelvin** konstruierte **1880** ein Kühlschiff für den Fleischtransport von Sydney nach London. Dazu entwickelte er eine Kältemaschine, bei der Äthyläther als Kühlmittel diente. Aber bei solchen ersten Kältemaschinen explodierte Äthyläther oft beim Austritt und es kam zu schweren Unfällen.
- Eine Lösung dieses Problems brachte die Erfindung **zweier schwedischer Ingenieurstudenten**, Carl Munters und Baltazar von Platen. Sie entwickelten das Verfahren, bei dem durch die **wechselnden Aggregatzustände von Ammoniak** Kälte erzeugt wird.

**Bildmaterial: Abb. 6**

#### 2) Künstliches Eis:

**1876** stellte der deutsche Techniker **Carl Linde** seine erste Kältemaschine vor. Sie zeichnete sich durch eine hohe Zuverlässigkeit und einen guten Wirkungsgrad aus.

Carl von Linde war Maschinenbau-Professor aus München. Seine Arbeiten erweckten das Interesse der Braubranche, die auf der Suche nach neuen Kühltechniken war: Felsenkeller und Natureis reichten nicht mehr aus für die wachsende Produktion. Gegen 1876 baute Linde für die Münchner Spatenbrauerei die erste Kühlmaschine.

Kältetechnik war auch die Voraussetzung für Anlagen, mit denen Linde Luft verflüssigte und in ihre Bestandteile zerlegte.

Noch heute funktionieren Kühlschränke wie Lindes Kältemaschine: Ein Kältemittel, z.B. ein leicht zu verflüssigendes Gas, wird durch Kompression erwärmt und an der Raumluft wieder abgekühlt. Anschließend wird das komprimierte Kältemittel durch Expansion (Ausdehnung) deutlich unter die ursprüngliche Temperatur abgekühlt (s. u.). Mit den neuen Kältemaschinen konnte man das künstliche Eis herstellen und wurde nun von der Jahreszeit unabhängig.

**Bildmaterial: Abb. 7, 8**

### 4. Kältemaschinen – Kühlen ohne Eis und Kältemischung (Kühlschrank)

Kühlkreislauf im modernen Kompressorkühlschrank:

- 1) Kondensator (Verflüssiger, hintere warme Seite des Kühlschranks, hoher Druck; Wärme wird an die Umgebung abgegeben),
- 2) Drossel (Kühlmittel flüssig, niedriger Druck),
- 3) Verdampfer (kalte Seite des Kühlschranks – das Kühlschranksinnere, geringer Druck),
- 4) Kompressor (Verflüssigung des gasförmigen Kühlmittels)



## **Bildmaterial: Abb. 9**

### **Physikalische Prinzipien:**

- Verdampfen entfernt Wärme (Schwitzen hat denselben Effekt): die Kühlflüssigkeit verdampft wegen dem Druckabfall in der Drossel (2) im Inneren des Kühlschranks. Dabei entnimmt diese verdampfende Flüssigkeit dem Kühlschrank bzw. dem Kühlgut Wärme (3).
- Außerhalb des Kühlschranks wird sie durch den Kompressor (4) zusammengepresst, wird dabei flüssig und gibt die Wärme wieder nach ab (1).

Das Verfahren nennt man „Linde-Verfahren“. Damit gelang es Linde auch, bei  $-189^{\circ}\text{C}$  Luft flüssig zu machen. Unterhalb dieser Temperatur ist die Luft flüssig, darüber gasförmig ( $-189^{\circ}\text{C}$  nennt man daher den „Siedepunkt“ der Luft).

### **Anbindung an Schülerfehlvorstellungen**

Ein Kühlschrank transportiert nicht Kälte nach innen, sondern die Wärme nach außen.

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Kühlmittel in Kühlschränken eingesetzt. Ethylether oder Ammoniak, die in ersten Kühlmaschinen verwendet wurden, waren besonders beim Austreten gefährlich. Die in den modernen Kühlschränken bis vor kurzem eingesetzten FCKW-haltigen (Fluorchlorkohlenwasserstoff) Kühlmittel haben sich als ökologisch sehr bedenklich herausgestellt, da sie stark Ozon abbauend wirken. Heute verwendet man in den Kühlschränken weniger umweltschädliche Kühlmittel.

## **Bildmaterial: Abb. 10**

### **5.2.2. Eisherstellung**

#### **Das moderne Speiseeis entsteht mit der Entwicklung der künstlichen Kälte.**

##### **1. Altes China**

Schon vor 2000 v. Ch. stellten Chinesen Eis her.

Schon damals kannte man Eiskeller als Aufbewahrungsräume für die Sommermonate. Sie wurden in den Wintermonaten mit Natureis gefüllt, aus dem dann im Sommer Speiseeis hergestellt werden konnte. Die Rezepte waren äußerst einfach und bestanden aus geschabtem Eis, versetzt mit Milch oder auch Fruchtsäften.

##### **2. Antikes Griechenland**

**300 Jahre v. Chr.** war es der **Arzt und Gelehrte Hippokrates** (460-370 v. Chr., nach dem noch heute alle Mediziner ihren Berufseid ablegen), der seinen Schülern der Ärzteschule die besondere Wirkung von Speiseeis auf den Menschen lehrte: Es belebe die Lebensäfte und hebe das Wohlbefinden.

**Alexander der Große** (356-323 v. Chr.) ließ während seiner Eroberungszüge Schnee mit Wein, Milch, Fruchtsaft oder Honig zur Erfrischung mischen. Nachdem er in den Bergen zufällig in Erdgruben konservierten Schnee gefunden hatte, übernahm er dieses Bevorratungsmethode und machte von ihr systematisch Gebrauch. Auf diese Weise wurde Schnee und Eis erstmalig ganzjährig verfügbar.

##### **3. Römisches Reich**

**52 n. Chr.** Vom römischen **Kaiser Nero** (37 bis 68 n. Chr.), wird überliefert, er habe eigens eine Läuferstafette zwischen Rom und den nahe gelegenen Albaner Bergen einrichten lassen, um seinen verwöhnten Gästen eisgekühltes Dessert aus Schnee, Rosenwasser, Honig und Früchten anbieten zu können.

In der heißen Jahreszeit wurden Natureis und Schnee auch wie früher in den speziellen Eiskellern aufbewahrt. Nach dem Zerfall des römischen Reiches erlischt in Europa zunächst das Wissen über Zubereitung und Lagerung eisgekühlter Speisen.

**Bildmaterial: Abb. 11, 12, 13**

**Das Speise-Eis damals** war von dem uns heute bekannten ziemlich verschieden, denn Milch oder Sahne konnte man nicht gefrieren lassen. Wasser gefriert bei 0°C. Milch und Sahne enthalten Fett und erstarren erst bei ca. -15°C. Man vermutet aber, dass die Chinesen schon von ca. 1400 Jahren Milchprodukte einfrieren konnten (siehe unten).

#### **4. Europa (Italien):**

**13. Jh.:** Erst Jahrhunderte später gelangt Speiseeis erneut ins Bewusstsein höfischer und patrizischer Kreise. Der venezianische Kaufmann und Forschungsreisende **Marco Polo** (1254-1324) berichtet von bislang unbekanntem Eisspeisen in China, Zentralasien und im vorderen Orient.

1292 berichtet Marco Polo in Venedig, dass die Chinesen seit mehr als drei Jahrtausenden den Genuss und die Herstellung von Speiseeis kannten. Er brachte als Geschenk des Mongolenfürsten Kublai Khan ein Rezept zur Herstellung von Gefrorenem mit. Zu seiner Zeit in China (um 1270) war es bereits normal, dass in den Straßengeschäften Chinas im Sommer Gefrorenes angeboten wurde.

Er beschrieb zudem die Herstellung einer Kältemischung aus Wasser, Schnee und Salpeter, die er vermutlich in China kennen gelernt hatte.

Offensichtlich ist die Kenntnis von der heutigen Kunst der Speiseeisherstellung aus diesem Kulturraum über Venedig, das Handelsstor Europas zum Orient, nach Italien gelangt.

**Bildmaterial: Abb. 14, 15, 16**

**16. Jh.:** Im 16. Jahrhundert kannten italienische Zuckerbäcker und Konditoren bereits die kühlende Wirkung von Salpetersalz (Kaliumnitrat): 1530 erzeugte ein Zuckerbäcker aus Catania diese „künstliche Kälte“. So war man von der Jahreszeit unabhängig. Nun war Speiseeis mit mäßigem technischem Aufwand herstellbar. Rasch verbreitete sich der Ruf dieser neuen Spezialität. Großes Aufsehen erregte ein Dessert aus gefrorenen Früchten, das anlässlich der Hochzeit der florentinischen Prinzessin Katharina de Medici mit dem späteren französischen König Heinrich II. 1533 serviert wurde.

1626 erzielte ein gewisser Santorio dasselbe Ergebnis durch die Mischung von Küchensalz und Schnee in einem Verhältnis von 1 zu 3.

Das zerstoßene Eis war also mit dem Zusatz von Kochsalz oder Salpetersalz in unterschiedlichen Proportionen ab dem 16. Jahrhundert und für viele weitere Jahrhunderte das einzige System für die Erzeugung von künstlicher Kälte und somit für die Produktion und Konservierung von Speiseeis.

Der französische Physiker und Zoologe René-Antoine de **Réaumur** (1683-1757) entdeckte, dass wenn man Eis während der Kühlung ständig bewegt, es wesentlich geschmeidiger und schmackhafter wird.

Die Technik der Eisproduktion blieb bis in die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts hinein **manuell**.

**Bildmaterial: Abb. 17, 18**

#### **4. Amerika: Erste Eismaschine**

Die erste Eismaschine wurde **1843** von der amerikanischen Hausfrau Nancy Johnson erfunden und patentiert. Es war eine handbetriebene Eismaschine, die aus einer Art Butterfass bestand, das von außen durch eine Schicht aus Eis und Salz gekühlt wurde. Im Inneren wurde eine kleinere Kanne platziert, in den Zwischenraum wurde Salz und Schnee gestreut. Die Mischung wird sehr kalt und eine dünne Schicht Milch an der Wand der inneren Kanne gefriert. Ein rotierendes Schaufelrad kratzt diese Schicht ab, so dass sich eine neue Milcheisschicht bilden kann.

#### **Deutschland: erste sichere Kältemaschine**

**19. Jh.:** Im 19. Jahrhundert schließlich beginnt im Zuge technischer Neuerungen die industrielle Speiseeisherstellung. **1876** erfindet Carl Linde die Ammoniakältemaschine, die Natureis und Salpetersalz bei der Erzeugung künstlicher Kälte ersetzt. Mit diesem Fortschritt der Kältetechnik wird Speiseeis endgültig zum Konsumgut für breitere Bevölkerungsschichten.

**1905-1906:** Die Eisherstellung wird elektrifiziert.

#### **6. Moderne Eismaschinen:**

Wie in den Kühlschränken (s. o.) wird dem Eis die Wärme über ein Kältemittel entzogen, z. B. Ammoniak. Das Herz der Eismaschine ist ein doppelwandiger Zylinder. Zwischen seinen Wänden befindet sich das verdampfende Kältemittel und im Innenraum die Zutatenmischung für das Eis. Das Ammoniak verdampft und entzieht so dem Innenzylinder Wärme. Das an der Zylinderwand anfrierende Eis wird von einem Rührwerk abgeschabt.

#### **Kältemaschinen mit Kältemischung**

**Vorteil:** Die Bestandteile funktionieren ohne äußere Einwirkung.

**Nachteil:** Die Kältemischung ist „endlich“.

#### **Kältemaschinen mit Kühlmittel:**

**Nachteil:** Es ist mechanische Arbeit notwendig, um das Kühlmittel immer wieder von der Gasform in die flüssige Form zu bringen.

**Vorteil:** Das Kühlmittel bleibt über lange Zeit unvermindert einsetzbar.

### **5.3. Lernen über die Natur der Naturwissenschaften**

Die soziale und kulturelle Angebundenheit der Wissenschaften zeigt sich in der Verbindung der wissenschaftlichen Forschungen und der Entwicklungsarbeit auf dem Niedrig-Temperatur-Gebiet mit den wirtschaftlichen Interessen und mit der Persönlichkeit einzelner Forscher (z.B. von Carl von Linde). So ändert z.B. der Einsatz der mit dem Prinzip der Verdunstungskühlung arbeitende nigerianische Topf-in-Topf-Kühlschrank durch einen einheimischen „Gelehrten“ (Bah Abba) das Leben der Bauern in der ganzen Region.

Ab Mitte des 19. Jh. wurde in unterschiedlichen Ländern intensiv in Richtung der neuen stabilen, sicheren und leistungsstarken Kühlanlagen geforscht, um unter anderem den Lebensmitteltransport nach Europa aus Australien und Südamerika zu gewährleisten.

Der 1872 in der Polytechnischen Schule in München zum ordentlichen Professor der Maschinenlehre ernannte Carl Linde schloss auch die Theorie der Kältemaschinen in seinen Lehrplan ein. Damit er seinen Studenten auch praktischen Unterricht geben konnte, genehmigte ihm die Bayerische Regierung 70.000 Gulden für die Einrichtung eines Maschinenlaboratoriums – das erste seiner Art in Deutschland. Es sollte der Ausgangspunkt einer bahnbrechenden Entwicklung in der Kältetechnik werden.

An diesem Beispiel wird auch die Zweckgerichtetheit der Forschung deutlich. Technische Ansprüche spornen die wissenschaftliche Arbeit in die gewünschte Richtung an. Von der Entwicklung der Kältemaschinen profitierte auch die Naturwissenschaft selbst, denn mit der Verflüssigung der Luft und anderer Gase wurden sehr tiefe Temperaturen erreichbar. Einerseits profitierte auch die Eisherstellung von den neuen Verfahren und der neuen Technik, die nun zur Eisherstellungsindustrie und für breite Bevölkerungsschichten zugänglich wurde, vor allem in den USA. Andererseits bedeutete die Entwicklung der Kältemaschinen, die fähig waren, sauberes und hygienisches künstliches Eis an jeder Stelle und zu jeder Zeit zu erzeugen, den Zusammenbruch eines anderen mächtigen Gewerbes – des Natureis-Handels.

Die Haushaltskühlschränke wurden „geboren“. Deren Kühlmittel sorgten zunächst oft für gesundheitliche und ökologische Probleme (besonders beim unkontrollierten Austreten) und veranlassten die Naturwissenschaftler, nach neuen ungefährlichen chemischen Substanzen zu suchen. Die Vorläufigkeit des Wissens und die Notwendigkeit der Produktion neuer Kenntnisse werden an solchen Beispielen deutlich.

Diese Entwicklung veranschaulicht auch den sprunghaften Charakter der Wissensentwicklung. Kühlen mit Kältemischungen und die Entwicklung von Kältemaschinen, die sehr tiefe Temperaturen erzeugen konnten, waren außerordentlich wichtige Ereignisse sowohl in der wissenschaftlichen als auch in der wirtschaftlichen Welt. Um deren Bedeutung z.B. in dem Eisherstellungswesen hervorzuheben, wurden diese Ereignisse in der hier dargestellten Entwicklungsgeschichte als „Erste“ und „Zweite Revolution in der Eisherstellung“ bezeichnet. Die Erfindung und Verbreitung von Elektromotoren brachte auch neue Dynamik in die Eisherstellung – Eis brauchte nicht mehr „mit der Hand“ gemischt zu werden. Ein Elektromotor übernahm diese anstrengende Arbeit, indem er das Schaufelrad in der Gefrierbüchse antrieb.

Hier lässt sich eine umfangreiche Liste von Fragen zur naturwissenschaftlich-technischen Arbeitsweise, ihren Zielen und ihren Vorgehensweisen anschließen.

Woher wusste man, welches Eis-Salz-Verhältnis am besten kühlte? In der Arbeit mit dem Unterrichtsmaterial lernen Schüler das Ausprobieren als *eine* Strategie kennen, zu neuem Wissen zu kommen.

Wie experimentieren Wissenschaftler? Wie gehen sie dabei vor? Solche Fragen über die Natur der Naturwissenschaft werden Schüler sich bei der Arbeit in der hier dargestellten Unterrichtseinheit stellen. Die Analyse der eigenen forschenden Tätigkeit soll ihnen helfen, solche Fragen zu beantworten.

## 6. Fachliches Lernen, didaktische Überlegungen

### 6.1. Fachliche Inhalte, Basiskonzepte, Lernvoraussetzungen, Bildungsstandards

Die vorliegende Unterrichtseinheit ist der Wärmelehre zuzurechnen. Es werden keine speziellen fachlichen Voraussetzungen von den Lernenden benötigt. Alltagserfahrungen über die thermodynamischen Phänomene, die Schüler in den Unterricht mitbringen, bilden eine Grundlage für die weitere Ausbildung thermodynamischer Vorstellungen auf phänomenologischer Basis. Dabei wird der Schwerpunkt auf die forschende Tätigkeit im technisch-naturwissenschaftlichen Kontext gelegt. Der Planung von Experimenten, der Beobachtung und dem Rückbeziehen der Ergebnisse auf die Forschungsfragen werden dabei besondere Bedeutung beigemessen. Die zu bearbeitenden Aufgaben haben meistens Lerncharakter. Alle nötigen Fachinformationen sind in den Aufgaben vorgegeben oder werden mit Hilfe der Versuche gewonnen. Schüler werden aufgefordert, diese Inhalte bei der Planung der Experimente und beim Argumentieren zu nutzen, was das aktive und autonome Lernen im konstruktivistischen Sinne fördert.

#### Fachliche Inhalte:

- Kühlung durch Verdunstung: Flüssigkeiten wird bei Verdunstung Wärme entzogen. Geschwindigkeit und Stärke der Verdunstung hängen von solchen Parametern ab wie Art der Flüssigkeit, Wegführung der verdunsteten Teilchen (z.B. durch Wind), Größe der Flüssigkeitsoberfläche. Anwendung des Prinzips der Verdunstungskühlung in „einfachen“ Kühlanlagen.
- Veränderung der Wassertemperatur beim Erwärmen und Kochen, Wasserkochen bei höheren und niedrigeren Außentemperaturen; Siedetemperatur von Wasser, Stickstoff und Luft; Funktionsweise eines Kompressionskühlschranks (das Linde-Verfahren) in vier Stufen.
- Wärmeleitung, Wärmeisolation: gute / schlechte Isolatoren, Technische Anwendung der Isolation;
- Kältemischungen, Technische Anwendung von Kältemischungen.

**Basiskonzepte:** Energie (Physik), Energie bei Stoffumwandlungen (Chemie).

**Kompetenzen:** Erkenntnisgewinnung, insbesondere Experimentierkompetenz (Hypothesen aufstellen, Fragen entwickeln, Experimente planen und durchführen (auch nach Anleitung), Beobachten und Messen, Aufbau und Durchführung dokumentieren, Ergebnis auf die Frage bzw. Hypothese rückbeziehen).

### 6.2. Lehr-/ Lernziele

#### Station 1: Das Leben vor dem Kühlschrank

- Die SuS sollen wichtige Etappen der Geschichte des Kühlens kennen lernen.
- Die SuS sollen Ideen entwickeln, welche Triebfaktoren für die Fortentwicklung der Kühltechnik relevant sein können,
- Die SuS sollen selbstständig Versuchsdurchführungen planen und skizzieren;

#### **Nature of Science (NoS):**

- Die SuS sollen verstehen, dass Forschung und technische Entwicklung aus alltäglichen Bedürfnissen motiviert werden können.
- Die SuS sollen Unterschiede zwischen Experimentiermöglichkeiten im Physikunterricht und Labor und Alltag herausstellen und fachlich begründen.

#### Station 2: Kühlen durch Verdunsten

- Die SuS sollen fachliche Inhalte über Verdunstung der Flüssigkeiten aus Informationsmaterial selbstständig herausarbeiten und nutzen.
- Die SuS sollen die Einflussfaktoren auf die Verdunstung nennen können (Oberfläche, Stoff).

- Die SuS sollen auf der Basis von erworbenem Wissen Versuche selbstständig planen und durchführen.
- Die SuS sollen den Zusammenhang zwischen einem gegebenen Phänomen/Versuch und dem Infomaterial erkennen.
- Die SuS sollen in ihre Versuche dokumentieren.
- Die SuS sollen Ergebnisse ihrer Beobachtungen auf die vorgegebene Forschungsfrage rückbeziehen.

### **Station 3: „Topf-im-Topf“-Kühlschrank**

- Die SuS sollen selbstständig die notwendigen Informationen aus den zur Verfügung gestellten schriftlichen Materialien herausfiltern.
- Die SuS sollen den Zusammenhang zwischen einem gegebenen Phänomen/Versuch und dem Infomaterial erkennen.
- Die SuS sollen Einflussfaktoren für die Qualität der Kühlmethode mit dem „Topf-im-Topf“-Kühlschrank untersuchen (Form/Oberfläche der Töpfe, Wasser-Sand-Mischung).
- Die SuS sollen selbstständig auf der Basis der erworbenen Kenntnisse Versuche planen und durchführen.
- Die SuS sollen Vermutungen aufstellen.
- Die SuS sollen über eigene Ideen mit ihren Mitschülern diskutieren.

#### **NoS:**

- Die SuS sollen erkennen, dass es sich bei der Wissenschaft um einen Prozess handelt, der durch zahlreiche Faktoren (z.B. gesellschaftliche Bedürfnisse) beeinflusst wird.
- Die SuS sollen sich mit der Frage der „Wissenschaftlichkeit“ einer Vorgehensweise auseinandersetzen.
- Die SuS sollen über die Gründe der naturwissenschaftlichen Forschung nachdenken.

### **Station 4: Moderner Kühlschrank**

- Die SuS sollen unter Anleitung Versuche selbstständig durchführen und in angemessener Fachsprache ihre Beobachtungen und Ergebnisse dokumentieren.
- Die SuS sollen den Begriff „Sieden“ rein phänomenologisch über den Begriff „Kochen“ beschreiben können (Übergang Flüssigkeit zu Gas)
- Die SuS sollen die Konstanz der Siedetemperatur unter Verwendung angemessener Fachsprache phänomenologisch beschreiben.
- Die SuS sollen erläutern können, dass der Siedevorgang nicht mit hohen Temperaturen verbunden sein muss (Beispiel Stickstoff und andere Gase, die bei Raumtemperatur gasförmig sind).
- Die SuS sollen den Begriff „Siedepunkt“ fachlich korrekt verwenden können (Erweiterung der Fachsprache).
- Die SuS sollen die wesentlichen Aspekte des Linde-Verfahrens wiedergeben können.
- Die SuS sollen die Kühlung im Kühlschrank mit dem Wärmetransport (und nicht mit Kälteerzeugung) erklären.
- Die SuS sollen das Kreislaufprinzip der Kühlung als Zu- und Abfuhr von Wärme verstehen.

#### **NoS:**

- Die SuS sollen erkennen, dass die Forschung von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird.
- Die SuS sollen auf die Wechselwirkungen zwischen Technik und Wissenschaft aufmerksam gemacht werden.

### **Station 5: Eiskeller**

- Die SuS sollen den Begriff „Isolierung“ fachlich korrekt verwenden können (Erweiterung der Fachsprache).
- Die SuS sollen Versuche selbstständig planen und durchführen.
- Die SuS sollen ihre Versuchsplanung, Durchführung, Varianten, Beobachtungen und Ergebnisse in angemessener Fachsprache dokumentieren.

#### **NoS:**

- Die SuS sollen sich der „Wissenschaftlichkeit“ ihrer Untersuchung bewusst werden.

- Die SuS sollen in den Alltagssituationen wissenschaftliche Fragen stellen und sie formulieren.

#### **Station 6: Eisschrank**

- Die SuS sollen phänomenologisch die Luftzirkulation infolge eines Temperaturgefälles erfahren.
- Die SuS sollen den Begriff „Isolierung“ fachlich korrekt beschreiben und verwenden können.
- Die SuS sollen die Funktionsweise des Eisschranks fachlich erklären können.
- Die SuS sollen sich selbstständig die notwendigen Informationen aus den zur Verfügung gestellten schriftlichen Materialien herausfiltern.
- Die SuS sollen auf der Basis von erworbenem Wissen Versuchsaufbauten (Eisschrank) selbstständig entwickeln.
- Die SuS sollen Anleitungen zur Konstruktion von Versuchsaufbauten in angemessener Fachsprache formulieren (inklusive Skizze).

#### **Station 7: Kältemischung**

- Die SuS sollen phänomenologisch die Gefrierpunktniedrigung beschreiben können (Bei Zugabe von Salz ist Wasser auch bei „Minus-Graden“ noch flüssig.).
- Die SuS sollen Versuche nach Anleitung selbstständig durchführen.
- Die SuS sollen Annahmen überprüfen und begründet bestätigen oder widerlegen können.
- Die SuS sollen sich selbstständig die notwendigen Informationen aus den zur Verfügung gestellten schriftlichen Materialien herausfiltern.

#### **Station 8: Schnee, Früchte und Honig**

- Die SuS sollen beschreiben können, dass unterschiedliche Stoffe unterschiedliche Gefrierpunkte aufweisen (Gefrierpunkt als Stoffeigenschaft).
- Die SuS sollen die zentralen Etappen der Geschichte der Eisherstellung kennen lernen.
- Erweiterung der Fachsprache (Wärmeleitfähigkeit).
- Die SuS sollen beschreiben können, dass unterschiedliche Stoffe Wärme unterschiedlich gut leiten können.
- Die SuS sollen Versuche nach Anleitung selbstständig durchführen.
- Die SuS sollen ihr erworbenes Wissen auf neue Problemstellungen anwenden können.

#### **Station 9: Erste Revolution in der Eisherstellung: Kältemischungen**

- Die SuS sollen die Geschichte der Entdeckung und Anwendung der Kältemischungen in der naturwissenschaftlichen Forschung und speziell in der Eisherstellung kennen lernen.
- Die SuS sollen eine Kältemischung herstellen und damit einfaches Speiseeis herstellen können.
- Die SuS sollen in alltäglichen Situationen nach naturwissenschaftlichen Kontexten suchen.

#### **Station 10: Zweite Revolution in der Eisherstellung: Kältemaschinen**

- Die SuS sollen den Übergang von der herkömmlichen Eisherstellungstechnik mit Kältemischungen zu der neuen mit Kältemaschinen nachvollziehen und beide Techniken hinsichtlich ihrer technischen Realisierung und ihrer Funktionsweise vergleichen.
- Die SuS sollen aufgrund ihrer Kenntnisse über die prinzipielle Funktionsweise einer mechanischen elektrischen Eismaschine und unter Beachtung einiger historischer Gegebenheiten am Anfang des 19. Jhs. eine eigene Speiseeismaschine entwerfen und deren Aufbau skizzieren.

## 7. Schüler(fehl)vorstellungen & Lernhindernisse

Da der vorliegenden Unterrichtseinheit der Aufbau von thermodynamischen Vorstellungen als eins der wichtigen fachlichen Ziele zugrunde liegt, soll hier insbesondere auf Wärmeverstellungen der Schüler geachtet werden.

Die Fehlvorstellung „Wolle macht warm“ (Objekte, die warm machen, wie z.B. Pullover, werden mit heißen Dingen in Verbindung gebracht) ist eines der wichtigsten hier zu beachtenden und zu überwindenden Hindernisse. Dies trifft die Teile der Unterrichtseinheit, die sich mit Isolation beschäftigen.

Die Temperaturempfindung beim Anfassen von Gegenständen mit gleicher Temperatur, aber aus verschiedenem Material soll wegen schwerwiegender Fehlvorstellungen (wie z.B. „Metall leitet die Kälte besser“, „Kalt oder warm zu sein ist eine Eigenschaft des Materials. Eisen ist kalt, Plastik ist warm“) ausdrücklich mit Energieleitungsvorstellungen erklärt werden.

Eine Schwierigkeit kann auch die Vorstellung der Temperaturkonstanz bei der Phasenumwandlung bereiten. Die betrifft die Station 4 bei der Behandlung der Siedetemperatur des Wassers bei niedriger und hoher Umgebungstemperatur.

Es soll insbesondere auf den Gebrauch des Begriffes „Wärme“ geachtet werden. Es ist wichtig, Wärme als Energietransport und somit als Prozessgröße zu behandeln, um die Fehlvorstellungen (wie z.B. Wärme sei speicherbar oder eine Stoffvorstellung der Wärme) nicht zu vertiefen.

Es ist weiterhin wichtig, auf die Differenzierung der Begriffe Wärme und Temperatur zu achten, denn SuS neigen dazu, diese zwei Begriffe bedeutungsgleich zu verwenden.

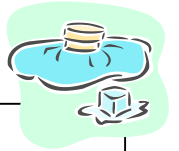
## 8. Lehr-Lern-Ressourcen

### ***8.1. Station 1: Leben vor dem Kühlschrank***

**Materialien:** Arbeitsblätter mit Aufgabenstellung



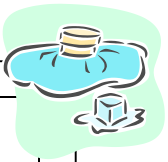
## Station 1: Leben vor dem Kühlschrank



Aufgabe 1: In der unteren Tabelle erfährst du einige Dinge zur Geschichte der Kühlung und Eisherstellung - zum Beispiel neue physikalische Erkenntnisse oder technische Geräte.

Überlege dir, warum sich Menschen damit befasst haben und was sie damit erreichen wollten. Einige Beispiele findest du schon in der Tabelle, vervollständige die Tabelle.

Geschichte der Kühlung und Eisherstellung	Zu welchem Zweck? Deine Ideen:
<p><b>Hippokrates (460-370 v Chr.)</b> lehrte seinen Schülern der Ärzteschule die besondere Wirkung von Speiseeis auf den Menschen: Es belebt den Körper und hebt das Wohlbefinden.</p>	<p><i>Beispiel: zum Erfrischen und Aufmuntern</i></p>
<p><b>Alexander der Große (356-323 v. Chr.)</b> ließ während seiner Eroberungszüge Schnee mit Wein, Milch, Fruchtsaft oder Honig zur Erfrischung mischen.</p>	
<p><b>Kaiser Nero (37 bis 68 nach Chr.)</b> hatte Läufer, die zwischen Rom und den nahe gelegenen Albaner Bergen hin- und herliefen. Sie sollten seinen verwöhnten Gästen ein eisgekühltes Dessert aus Schnee, Rosenwasser, Honig und Früchten bringen.</p>	



**Natureis wurde bis ca. 1850** häufig als Kühlmittel verwendet. Es war sehr teuer und nicht das ganze Jahr zu bekommen. Deswegen versuchten Menschen schon sehr früh, Eis selbst zu produzieren.

**Marco Polo (1254-1324) berichtete in Italien** von seinen Reisen nach Asien und China, wo er bislang unbekannte Eisspeisen kennengelernt hatte.

**Arabische Ärzte verschrieben um ca. 1200** Salpetersalz wegen seiner kühlenden Wirkung als Mittel gegen Fieber.

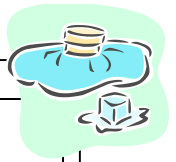
**In China wurde schon 600 vor Chr.** Eis in Sommermonaten in speziellen Eisgruben und Eiskellern aufbewahrt.

*Beispiel: Auch im Sommer Eis herstellen und Lebensmittel kühlen*

**1688 nutzte Dalence** (französischer Wissenschaftler) Mischungen aus Salz und Eis für seine Forschungen darüber, wie sich Temperatur messen lässt.

**Im 16. Jahrhundert** beschrieben italienische Zuckerbäcker und Konditoren die kühlende Wirkung von Salpetersalz. Damit konnten sie auch aus fetthaltigen Flüssigkeiten wie Sahne Eis herstellen.

**Um das Jahr 1850** wurden die ersten Maschinen entwickelt, mit denen man künstlich Eis herstellen und z.B. Lebensmittel kühlen konnte. Diese Maschinen nannte man **Kältemaschinen**.



**1799 ging die erste Schiffsladung Eis** von New York nach England. Der Handel mit Eis aus dem kalten Norden Amerikas nahm danach stark zu.

**Bis etwa 1950** wurden auch **hölzerne Eisschränke** verwendet, um das gekaufte Eis länger aufzubewahren. Darin lagerte man auch Eis, das man im Winter von Teichen abgebaut hatte.

**Im Jahr 1877** stellte der deutsche Techniker **Carl Linde** seine erste Kältemaschine vor, die Luft so stark abkühlen konnte, dass sie flüssig wurde.

**In England stieg die Bevölkerung ab dem Jahr 1800 sehr stark an** (durch Fortschritte in Medizin und Technik starben weniger Menschen). Es gab nun kaum noch genügend Nahrung für alle. Aus den fernen eroberten Gebieten musste Nahrung per Schiff nach England gebracht werden. **Man bedeckte die Nahrungsmittel mit Eisblöcken.**

**Der französische Physiker und Zoologe René-Antoine de Réaumur (1683-1757)** fand heraus, dass von sehr kalten Oberflächen abgeschabtes Eis schön cremig und ohne harte Eisklumpen ist. **Nach diesem Prinzip erfand 1843 die amerikanische Hausfrau Nancy Johnson die erste Speiseeismaschine.**

*Beispiel: besseres Speiseeis herstellen*





Stell dir Folgendes vor:

Du lebst mit deinem Stamm in einer abgeschiedenen Gegend. Ihr lebt in Hütten im Wald. Du ernährst dich von Pflanzen und auch von Tieren, die ihr erlegt habt. Ihr findet nicht immer genügend Nahrung, so dass ihr euch besser einen Vorrat anlegen solltet.

Aufgabe 2: Schreibe eine kurze Geschichte dazu, wie du deinen Lebensmittelvorrat (z.B. Fleisch, Pilze, Beeren) aufbewahren könntest?

Sie könnte so (oder anders) anfangen:

„Heute konnte ich mit meinen Jagdgefährten ein sehr großes Tier erlegen. So bewahren wir unsere Essensvorräte möglichst lange auf ...“

Hilfsbegriffe: Eis, Höhle, dunkel, hell, Fell, Bach, Blätter, Wasser, Grube, Schatten ...



*Info: In kalten Ländern nahe der Pole (sehr weit nördlich und südlich) wird Kälte oft als eine bedrohliche Belastung angesehen. Man muss sich gegen die niedrigen Temperaturen schützen und es gibt weniger essbare Pflanzen.*

*In warmen Regionen in der Nähe des Äquators sah man Kälte jedoch als begehrten Luxus. Wegen der hohen Temperaturen wurden schon lange viele Methoden zur Kühlung entwickelt. So hat man in kluger Naturbeobachtung neben Wind, tiefen Höhlen und Gewölben, fließendem Wasser, vor allem die kühlende Wirkung der Wasserverdunstung zu nutzen gelernt.*

Aufgabe 3:

- a) In der Info wurden einige Ideen zum Kühlen erwähnt, die Menschen aus der Natur abgeschaut haben. Wie könntest du mit den unten genannten Materialien diese Ideen umsetzen?

Notiere, wie du vorgehen würdest, um die Kühlungsmethoden nachzustellen. Fertige eine Zeichnung von deinem Kühlaufbau an.

Materialien: Thermometer, Wasserkocher, Leitungswasser, Eis, Glühlampe, Alufolie, Papier, Föhn, Blumentöpfe aus Ton, Stofflappen .....

- b) In Aufgabe 1 hast du überlegt, zu welchem Zweck sich Menschen mit Kühlung befasst haben.

Schreibe deine Meinung und begründe: Hat die Forschung von Naturwissenschaftlern immer einen bestimmten Zweck?

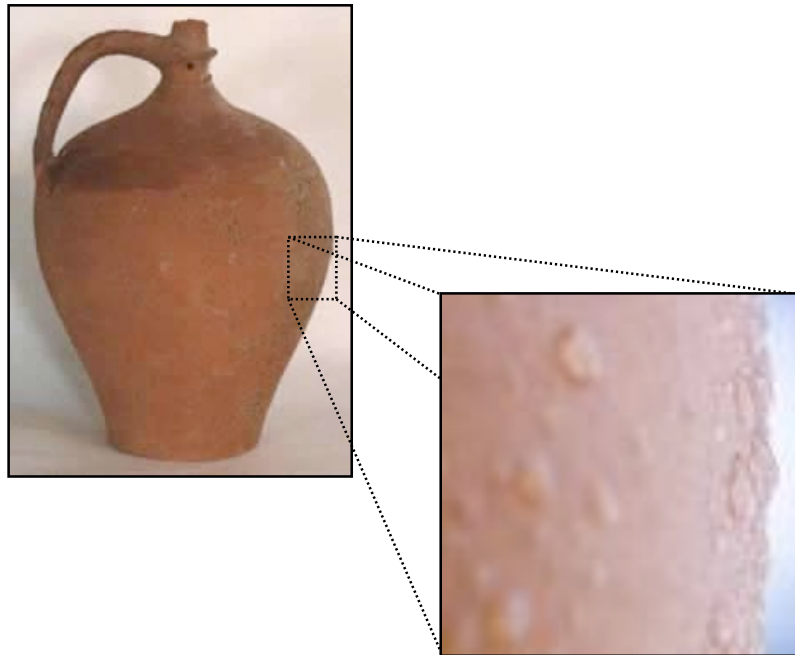
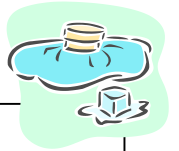


## **8.2. Station 2: Kühlen durch Verdunsten**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgabenstellungen
- **Materialien für Aufgabe 2** (Bestimmung der Windrichtung) richten sich nach den Vorschlägen der SuS (z.B. Becher mit Wasser, Fächer/Ventilator zum „Wind machen“)
- **Materialien für Aufgabe 3** (Einflussfaktoren bei der Verdunstung)
  - Ventilator
  - Stoppuhr
  - Thermometer
  - Mundwasser
  - Wasser
  - Saft
  - Spülmittel
  - Bunsenbrenner
  - Bechergefäße mit unterschiedlichen Durchmessern
  - Messbecher

## Station 2: Kühlen durch Verdunsten



### Info:

*In kluger Naturbeobachtung haben Menschen neben Luftzug, tiefen Höhlen und Gewölbe oder fließendem Wasser vor allem die kühlende Wirkung der Wasserverdunstung (flüssiges Wasser wird zu Wasserdampf) zu nutzen gelernt. Man hat zum Beispiel gefüllte Tonkrüge mit feuchten Tüchern umwickelt und dem Wind ausgesetzt. Das ist uns aus alten Texten wie auch aus ägyptischen Grabzeichnungen bekannt.*

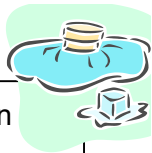
*In Ägypten, Indien und anderen heißen Ländern gab es generell ein großes Problem mit Kühlung von Speisen und Getränken. Deswegen entwickelten sich mit der Zeit aufwendige Verfahren zur Herstellung oder Beschaffung der kühlenden Stoffe (kaltes Wasser/Eis). So wurden im Indusgebiet und in der Nilebene flache Tongefäße mit Wasser gefüllt und auf dicke Strohunterlagen in 45 cm tiefe Erbgruben gestellt. Oder die Gefäße wurden auf den flachen Dächern der Häuser platziert. So konnte in den kühlen Nächten eine Absenkung der Wassertemperatur unter den Gefrierpunkt erreicht werden. Die Nachtluft war besonders trocken und konnte so sehr viel verdunstendes Wasser aufnehmen. Der Nachtwind verstärkte diesen Effekt noch, indem er die feuchte Luft abtransportierte.*

*Die Engländerin Fanny Parks, deren Mann die Eiserte (Einsammeln des Eises auf Vorrat) in einer Anlage in Indien 1828 beaufsichtigte, berichtete, dass nach dieser Methode in der Zeit vom 22. Januar bis 19. Februar bis zu 12000 kg Eis hergestellt werden konnten. Mehrere hundert Männer, Frauen und Kinder waren mit dem Füllen der Tonschalen beschäftigt. Wenn das Wasser gefroren war (ungefähr um 3 Uhr morgens) kamen die Arbeiter zurück, schlugen das Eis aus und trugen es in Körben zu den Gruben. Bis April blieben diese Gruben dicht verschlossen. Erst ab dann und bis August wurde das Eis verkauft.*

*Schon 500 vor Christus berichtet der griechische Philosoph Pythagoras über diese Methode der Eisgewinnung in Ägypten. Auch in Mittelamerika benutzte man Tonschalen zur Eisherstellung.*

### Aufgabe 1:

a) Lies den Text.



b) Gib einige Tropfen Wasser auf deine Hände. Verreibe das Wasser nun zwischen deinen Händen. Halte sie nun vor dich mit den Handinnenflächen nach oben.

Beschreibe deine Beobachtungen und versuche sie zu erklären. Was hat das damit zu tun, wie früher gekühlt wurde?

### Aufgabe 2:

Du weißt nun, dass Gegenstände, auf denen Wasser verdunstet, kühler werden. Wie kannst du mit diesem Wissen auf einfache Weise die Windrichtung bestimmen?

Plane dein Vorgehen und führe es durch. Schreibe genau auf, was du beobachtet hast und wie du diese Beobachtung mit deinem Wissen erklären kannst.



### Aufgabe 3:

Stell dir vor, du bist ein Naturwissenschaftler und forschst im Bereich der Kühlung. Du untersuchst nun genauer die Kühlung durch Verdunstung.

Du weißt schon, dass Wasser beim Verdunsten kühlt und auch Wind dabei eine Rolle spielt. Aber wie sieht es mit anderen Flüssigkeiten aus?

Du vermutest nun, dass sich verschiedene Flüssigkeiten verschieden schnell abkühlen.

Außerdem kannst du dir denken, dass auf großen Oberflächen in der gleichen Zeit mehr Wasser verdunstet als auf kleinen. Du vermutest nun, dass sich Flüssigkeiten in Gefäßen mit kleiner Öffnung langsamer abkühlen als mit großer Öffnung.

Mache nun eine Untersuchung, mit der du folgende Forschungsfragen beantworten kannst:

- 1) Wie schnell kühlen sich verschiedene Flüssigkeiten ab?  
Welche kühlt sich am schnellsten ab?
- 2) Wie beeinflusst die Oberfläche, über die die Flüssigkeit in einem Gefäß verdunsten kann, die Geschwindigkeit, mit der sich die Flüssigkeit darin abkühlt?

Geräte: Ventilator, Stoppuhr, Spülmittel, Thermometer, Mundwasser, Wasser, Saft, Bunsenbrenner, Bechergläser mit unterschiedlichen Durchmessern, Messbecher ....

### Plane die Untersuchung

Zu 1): Achte darauf, dass sich NUR die Flüssigkeit ändert (nicht der Becher, die Flüssigkeitsmenge usw.) Alle Flüssigkeiten müssen am Anfang die gleiche Temperatur haben!

Zu 2): Achte darauf, dass sich NUR die Oberfläche ändert (nicht der Becher, die Flüssigkeitsmenge, die Flüssigkeit selbst usw.). Die Flüssigkeit muss vor jedem Versuch die gleiche Temperatur haben!

**Beantworte ganz kurz:**

**Warum würden auch Naturwissenschaftler auf solche Dinge achten?**

### Führe die Untersuchung durch

Mache Skizzen deiner Versuche und notiere deine Überlegungen.

Stelle Vermutungen auf, was passieren wird.

Notiere deine Beobachtungen.

Notiere, ob deine Beobachtungen für oder gegen deine Vermutung sprechen.

Beantworte damit die Forschungsfragen 1) und 2) und mache besonders deutlich, welche Beobachtungen und welche Vermutung du dafür benutzt hast.

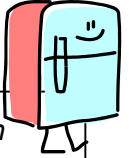
### **8.3. Station 3: „Topf-im-Topf“- Kühlschranks**

#### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgabenstellungen
- **Materialien für Aufgabe 1** (Einflussfaktoren bei der Topf-im-Topf-Kühlung):
  - Thermometer
  - Sand
  - Blumentöpfe unterschiedlicher Größe
  - Lappen
  - Föhn/Ventilator
  - Eis
  - Wasser
  - .....

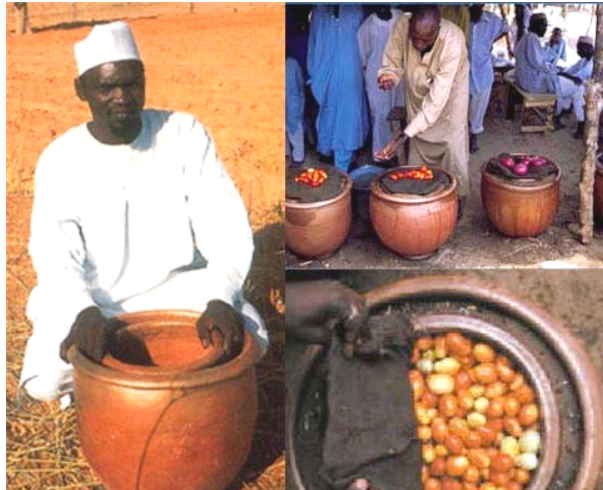


## Station 3: „Topf-im-Topf“ - Kühlschranks



Info: Der Norden von Nigeria ist eine arme und sehr heiße Region, in der die Menschen von mühseliger Landwirtschaft leben. Ohne Elektrizität – also auch ohne Kühlschränke – verderben viele Lebensmittel innerhalb weniger Tage. Die Farmer, die vom Verkauf dieser Lebensmittel leben, verdienen dadurch nur sehr wenig und leiden oft an Krankheiten durch den Verzehr der verdorbenen Lebensmittel. Selbst in den Städten können sich viele Menschen keinen Kühlschrank leisten.

Motiviert durch die Sorge um die Landbevölkerung und geleitet vom Gedanken an eine einfache, aber funktionierende technische Umsetzung suchte der nigerianische Lehrer Mohammed Bah Abba eine Lösung für dieses Problem.



Ein Tontopf wird in einen größeren gestellt.

1



Die zwei Töpfe sind durch eine Schicht von mit Wasser befeuchtem Sand getrennt.

2



Die Ware wird in den inneren Topf gelegt und mit einem feuchten Tuch bedeckt.

3

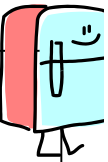


Bah Abba wurde in einer Töpferfamilie geboren und lernte schon früh die Kunst des Töpferns. Er wusste dadurch, dass fertige Tontöpfe auch feucht noch fest genug zum Lagern von Lebensmitteln sind. Später kombinierte er diese Erfahrung mit dem Wissen, das er sich beim Studium von Biologie, Chemie und Geologie erworben hatte:

Ein Tontopf wird in einen etwas größeren Tontopf gestellt. Der Raum zwischen beiden wird mit nassem Sand gefüllt. Die Lebensmittel, die gekühlt werden sollen, werden in den inneren Topf gelegt und mit einem feuchten Tuch abgedeckt.

Das Wasser aus dem Sand dringt langsam in den äußeren Topf ein und verdunstet an seiner Außenseite. Im heißen afrikanischen Klima verdunstet das Wasser sehr schnell. Durch die Verdunstung kühlt sich der Sand und der innere Tontopf ab. Die darin gelagerten Waren bleiben daher kühl und frisch. Ist der Sand getrocknet, muss wieder etwas Wasser nachgegossen werden, damit der „Kühlschrank“ weiterhin funktioniert.

Die Haltbarkeit der Lebensmittel wird durch die Topf-im-Topf-Methode erheblich verlängert, besonders wenn der Topf an einem windigen Ort steht. Auberginen bleiben bis zu 27 Tage frisch, anstatt nur drei Tage. Paprika hält über drei Wochen länger als ungekühlt und afrikanischer Spinat, der normalerweise nach einem Tag verdirbt, ist nach 12 Tagen immer noch genießbar. Auch die Bauern profitierten von dieser Erfindung. Da ihre Waren nun nicht mehr so schnell zu verderben drohen, waren sie nicht mehr gezwungen, zu jedem Preis schnellstmöglich zu verkaufen. So konnten sie ihre Einnahmen deutlich steigern.



*Dinge werden kühl, wenn an ihrer Oberfläche Wasser verdunstet. Den Effekt der Verdunstungskühlung kennt eigentlich jeder, der schon mal seinen Finger abgeleckt und in den Wind gehalten hat, um festzustellen, aus welcher Richtung er kommt.*

Aufgabe 1:

Du hast in dem Text einiges über die Geschichte der Entwicklung des „Topf-im-Topf-Kühlschranks“ erfahren.

- 1) Warum hat Bah Abba sich mit der Entwicklung des „Topf-im-Topf-Kühlschranks“ befasst?
- 2) Welches Vorwissen hat Bah Abba benutzt, um den „Kühlschrank“ zu entwickeln?

Aufgabe 2:

Du weißt schon, dass Wasser beim Verdunsten kühlt und auch der Wind dabei eine Rolle spielt. Aber wie wird der „Topf-im-Topf-Kühlschrank“ von der Feuchtigkeit des Sandes beeinflusst?

Plane eine Untersuchung, mit der du folgende Forschungsfrage beantworten kannst:

*Wie beeinflusst die Menge des Wassers im Sand die Temperatur im inneren Topf?*

Geräte: Waage, Messbecher, Thermometer, Sand, Blumentöpfe unterschiedlicher Größe, Lappen, Ventilator, Eis, .....

- Stelle eine Vermutung zu der Forschungsfrage auf.
- Überlege dir Experimente, mit denen du deine Vermutung testen kannst.
- Mache Skizzen deiner Versuche und notiere deine bisherigen Überlegungen.
- Führe die Experimente durch und notiere deine Beobachtungen.
- Überprüfe, ob deine Beobachtungen für oder gegen deine Vermutung sprechen.
- Beantworte damit die Forschungsfragen und mache besonders deutlich, welche Beobachtungen und welche Vermutung du dafür benutzt hast.

Aufgabe 3:

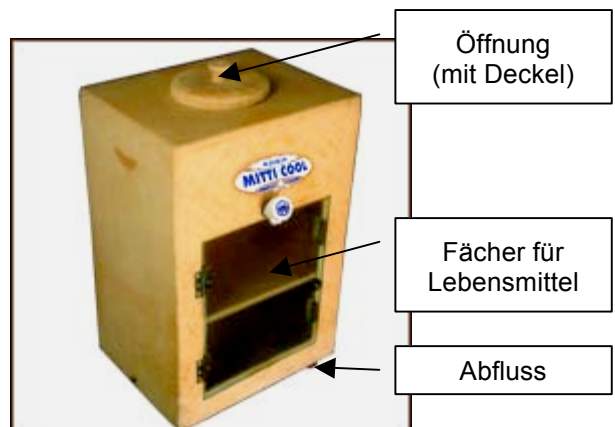
- a) Schreibe auf: Was ist für dich eher Wissenschaft – das, was Bah Abba getan hat oder das, was du in Aufgabe 2 getan hast? Begründe deine Antwort.
- b) Überlege am Beispiel von Bah Abba: Wie entscheiden Naturwissenschaftler, an welchen Fragen sie arbeiten sollen?  
Diskutiere deine Ideen in der Gruppe!

Aufgabe 4:

Dies ist ein „Mini-Kühlschrank“ aus Ton von einem Indischen Hersteller. Oben hat er eine Einfüllöffnung und unten einen Ablauf für Wasser.

Schreibe auf:

Wie könnte dieser kleine Tonkühlschrank ohne Strom in einem recht warmen Land wie Indien funktionieren?

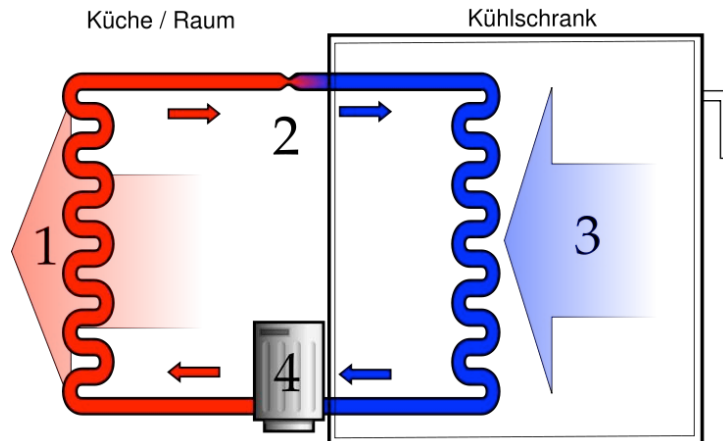
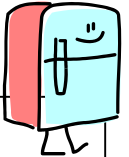


## **8.4. Station 4: Moderner Kühlschrank**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgabenstellungen
- **Materialien für Aufgabe 2** (Wasserkochen, normal):
  - Heizplatte
  - 250 ml Wasser
  - Thermometer (Messbereich bis 100°C)
  - Stativmaterial (Stange, Fuß, 1 Muffe, 1 Stativklammer)
  - Becherglas ( ca. 500 ml)
- **Materialien für Aufgabe 3** (Wasserkochen, Variante im Ofen):
  - ca. 250 ml vorgewärmtes Wasser
  - Ofen
  - Topf für den Ofen oder Becherglas aus dem Thermoglas
  - Ofenthermometer

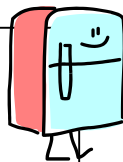
## Station 4: Moderner Kühlschrank



**Aufgabe 1:** Viele Naturwissenschaftler forschten zwischen 1800 und 1900 nach neuen Methoden, um ohne Natureis einen kühlenden Effekt herzustellen. Sie versuchten auch, bekannte Methoden zu verbessern. In der Tabelle findest du mögliche Gründe, warum die Forscher die Entwicklung der künstlichen Kühlung vorangetrieben haben.

**Kreuze fünf Dinge an, die deiner Meinung nach die Forschung besonders beeinflusst haben.**

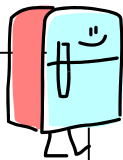
Natureis war sehr teuer und nicht das ganze Jahr über zu beschaffen.	<input type="checkbox"/>
Man hat bis ca. 1850 nur mit Natureis gekühlt.	<input type="checkbox"/>
Der Maschinenbau-Professor aus München, Carl Linde, der 1876 die erste deutsche Kältemaschine gebaut hat, wollte sehr berühmt werden.	<input type="checkbox"/>
Um 1400 war Zucker noch so teuer, dass er grammweise in Apotheken als Medizin verkauft wurde. Ab 1825 war es aber möglich, günstig aus Zuckerrüben Zucker zu gewinnen. Jetzt könnten eigentlich viele Menschen Speiseeis kaufen – wenn nicht so viel Natureis zur Herstellung nötig wäre.	<input type="checkbox"/>
Man wollte einfach die Natur überlisten und Eis künstlich herstellen.	<input type="checkbox"/>
Die Ehefrau von Carl Linde wollte einen neuen Kühlschrank haben.	<input type="checkbox"/>
Die Bierbrauer waren auf der Suche nach neuen Kühltechniken. Denn Felsenkeller und Natureis reichten nicht mehr aus für die wachsende Bierproduktion.	<input type="checkbox"/>
Mit Hilfe der Kältetechnik wollte man Nahrungsmittel aus weiten Ländern verschiffen, ohne dass sie auf der langen Reise verderben.	<input type="checkbox"/>
Speiseeis war eine Luxusware. Aber auch die armen Schichten der Bevölkerung wollten Eis essen und beneideten die reichen Menschen.	<input type="checkbox"/>
In Australien, Neuseeland und Südamerika bestand großes Interesse, den Überschuss an Rindern und Schafen nach England zu verkaufen. Ein Transport benötigte aber enorme Eismengen – pro 1 kg Fleisch wurden 8 kg Eis nötig.	<input type="checkbox"/>
Amerika hatte aufgrund der großen kalten Regionen besonders viel Natureis.	<input type="checkbox"/>
Natureis war im Vergleich zu dem künstlich hergestellten oft schmutzig und deswegen zum Verzehr nicht geeignet.	<input type="checkbox"/>



Einige Physiker arbeiteten bei ihren Experimenten dauerhaft bei tiefen und sehr tiefen Temperaturen.	
Lord Kelvin konstruierte 1880 ein Kühlschiff für den Fleischtransport von Sydney nach London. Dazu entwickelte er eine Kältemaschine, bei der eine Art Spiritus als Kühlmittel diente. Allerdings kam es bei solchen ersten Kältemaschinen oft zu schweren Unfällen, wenn das Kühlmittel austrat und explodierte. Daher suchte man nach sichereren Lösungen für Kältemaschinen.	
Mit Eis-Salz-Mischungen konnte man zwar tiefe Temperaturen erzeugen. Allerdings fanden es die Wissenschaftler nicht mehr so interessant, damit zu experimentieren.	
Die Wissenschaftler haben genug Wissen gesammelt, um Kältemaschinen entwickeln zu können.	
In Europa und Amerika sollten Eislaufhallen errichtet werden. Man benötigte dafür künstliche Eisflächen, die besonders glatt und ohne Lufteinschlüsse waren.	
Damit Professor Carl Linde seinen Studenten auch praktischen Unterricht geben konnte, genehmigte ihm die Bayerische Regierung 70.000 Gulden für die Einrichtung eines Maschinenlabors. Dort konnte er weiter an neuen Kühlmethoden forschen.	
Mit Natureis wurde viel gehandelt. Daher verdienten Natureisverkäufer viel Geld. Einige Menschen gönnten den Verkäufern des Natureises ihren Reichtum nicht und wollten, dass sie Pleite gehen.	

Überlege nun ganz allgemein, was Wissenschaftler beeinflusst, zu bestimmten Fragen zu forschen. Notiere Deine Ideen.





Aufgabe 2: Du hast bestimmt schon einmal Wasser gekocht oder zumindest dabei zugesehen. Du weißt auch schon, dass das Wasser dabei sehr heiß wird. Doch hast du auch schon einmal genauer hingeschaut, wie sich die Temperatur beim Wasserkochen verändert? Das sollst du nun bei diesem Versuch nachholen!

Materialien: Tauchsieder, großes Becherglas, Wasser, Thermometer (Messbereich bis 150°C), Stativmaterial (Stange, Fuß, 1 Muffe, 1 Stativklammer), Stoppuhr

So gehst du vor:

- Gieße Wasser in das Becherglas.
- Stelle den Tauchsieder in das Becherglas.
- Baue das Stativmaterial auf und befestige das Thermometer an der Stativklammer so, dass es in das Wasser taucht, **aber den Tauchsieder nicht berührt**.
- Schalte den Tauchsieder an.
- **Bedenke, dass kochendes Wasser sehr heiß ist. Lasse alle Geräte abkühlen, bevor du aufräumst, damit du dich nicht verbrennst!**

1) Wie verändert sich die Temperatur, **bis** das Wasser kocht?

2) Wie verändert sich die Temperatur, **während** das Wasser kocht? (beobachte dabei mindestens 2 Minuten!)

Notiere deine Beobachtungen in Stichpunkten und notiere in gleichen Zeitabständen die Messwerte der Temperatur in einer Tabelle.

Beantworte Fragen 1) und 2).

Warum ist es wichtig, dass das Thermometer nicht den Boden berührt?

Aufgabe 3: In der letzten Aufgabe hast du bereits Wasser gekocht. Es gibt aber noch weitere Möglichkeiten, Wasser zum Kochen zu bringen, wie du im nächsten Versuch sehen wirst:

Materialien: ca. 250 ml vorgewärmtes Wasser, Ofen, Topf für den Ofen, Ofenthermometer, Stoppuhr

So gehst du vor:

- Gieße in den Topf 250 ml vom vorgewärmten Wasser.
- Lege das Ofenthermometer in den Topf.
- Stelle den Topf in den Ofen und stelle bei diesem eine Temperatur von 200°C ein.

1) Wie verändert sich die Temperatur, **bis** das Wasser kocht?

2) Wie verändert sich die Temperatur, **während** das Wasser kocht? (beobachte dabei mindestens 2 Minuten!)

Notiere deine Beobachtungen in Stichpunkten und notiere die Messwerte der Temperatur in einer Tabelle.

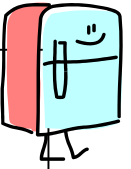
Beantworte Fragen 1) und 2).

Stelle Vermutungen auf: Warum verhält sich die Temperatur des Wasser so, während es kocht?

Aufgabe 4:

Welche Temperaturen herrschen rund um das kochende Wasser in Aufgabe 2 und in Aufgabe 3? Vergleiche diese Außentemperaturen mit der Temperatur des kochenden Wassers. Notiere deine Ergebnisse.





### Aufgabe 5:

Stelle dir nun einmal ein Wesen vor, das an Temperaturen von  $200^{\circ}\text{C}$  gewöhnt ist und sich wohl dabei fühlt. Der Ofen mit einer Temperatur von  $200^{\circ}\text{C}$  wäre dann der optimale Lebensraum für diese Kreatur.

#### **Wie würde sich für dieses Wesen das kochende Wasser im Ofen anfühlen?**

Wenn du dir unsicher bist, hilft es vielleicht, wenn du noch mal in deinen Aufzeichnungen nachschaust, welche Temperatur kochendes Wasser hat.



Auch wir kennen dieses Gefühl, wenn wir beispielsweise mit flüssigem Stickstoff umgehen (siehe Bild).

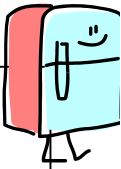
Für uns Menschen sind ca.  $25^{\circ}\text{C}$  angenehm. Flüssiger Stickstoff „kocht“ bei  $-196^{\circ}\text{C}$ . Wenn du in der Küche flüssigen Stickstoff in eine Schüssel gießen würdest, würde seine Temperatur  $-196^{\circ}\text{C}$  betragen! Es ist schon interessant, dass ein Stoff kocht und dabei doch so kalt ist! Anstatt „Kochen“ solltest du deswegen den physikalischen Fachbegriff „Sieden“ verwenden.



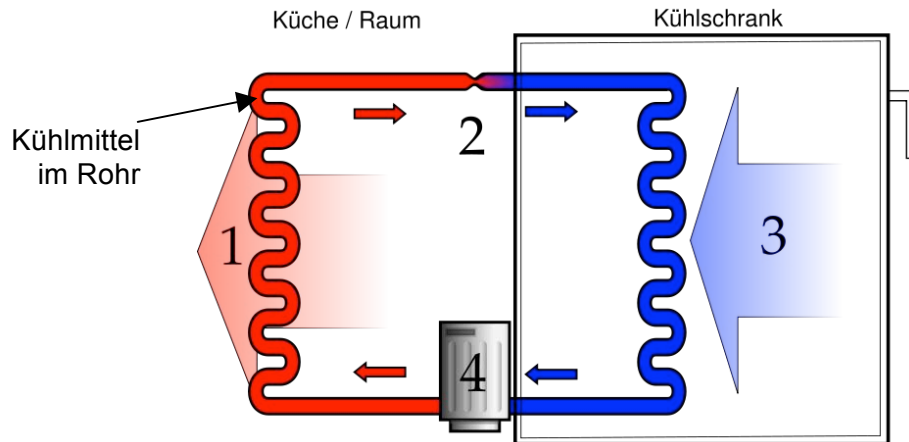
*Dieses Sieden bei niedriger Temperatur war schon früh bekannt.*

*Die Kenntnis dieses Effektes war eine Grundlage für die Entwicklung der ersten Kältemaschine. Der Effekt wird noch heute in Kühlschränken benutzt.*





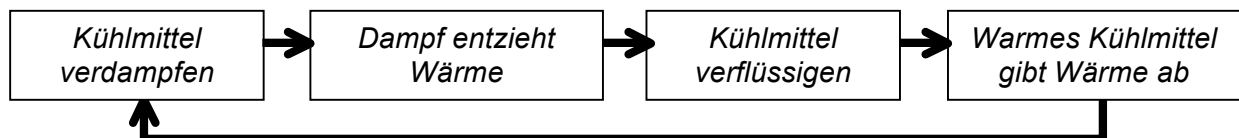
Info: **1877** stellte der deutsche Techniker **Carl Linde** seine erste Kältemaschine vor. Noch heute funktionieren Kühlschränke wie Lindes Kältemaschine. Ein Kühlschrank arbeitet, indem er immer wieder bestimmte Prozesse wiederholt:



- Bei (1) ist im Rohr Kühlmittel, das viel wärmer ist als die Raumluft. Es gibt seine Wärme an die Umgebung ab. Das passiert an der hinteren warmen Seite des Kühlschranks.
- Das Kühlmittel strömt durch das Rohr (2) in das Innere des Kühlschranks. Da wird es zum Sieden gebracht (es siedet wie Stickstoff bei einer tiefen Temperatur). Kühlmittel verdampft und kühlt dabei das Innere des Kühlschranks ab – das Kühlmittel im Rohr (3) nimmt beim Verdampfen die Wärme aus dem Inneren des Kühlschranks auf.
- Dann wird das Kühlmittel als Gas über das Rohr wieder aus dem Kühlschrank herausgepumpt. Bei (4) wird es zusammengepresst. Dabei wird es wieder flüssig und heiß.

Jetzt kann es wieder von vorne losgehen.

Ganz kurz also:

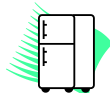


Dieses Verfahren nennt man „Linde-Verfahren“.

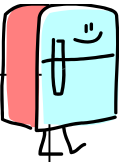
Damit gelang es Linde auch, Luft bei  $-189^{\circ}\text{C}$  zu verflüssigen.

Unter dieser Temperatur ist die Luft flüssig, darüber ist sie gasförmig. Diesen Punkt nennt man „Siedepunkt“ der Luft. Die Luft siedet also schon bei ganz tiefen Temperaturen und trotzdem verbrennen wir uns nicht, sondern würden uns sogar Erfrierungen holen, wenn wir mit Luft am Siedepunkt in Kontakt kämen.

Jeder Stoff hat einen ganz bestimmten Siedepunkt – das gehört zu den typischen Eigenschaften von Stoffen (wie auch der Schmelzpunkt).

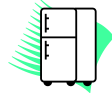






Aufgabe 6: Thomas und seine Schwester Sarah stehen beide vor dem Kühlschrank und streiten sich. Thomas behauptet steif und fest: „Der Kühlschrank transportiert Kälte in den Kühlschrank hinein. Sonst wäre es darin ja nicht so kalt!“ Seine Schwester Sarah hingegen erwidert: „Wo soll denn die Kälte herkommen? Ich glaube, es ist die Wärme, die entzogen wird.“

Du hast schon einiges über die Arbeitsweise eines Kühlschranks gelernt. Welchem der beiden Streithähne würdest du zustimmen? Begründe deine Antwort, indem du auf dein Wissen über die Arbeitsweise des Kühlschranks zurückgreifst!



Info: Die ersten Kühlmaschinen waren nicht ungefährlich: Wenn als Kühlmittel Ammoniak verwendet wurde, kam es bei seinem Austritt aus dem Kühlschrank zu schweren Vergiftungen. Andere Kühlmittel waren ebenfalls sehr gefährlich, da sie leicht explodieren konnten. Auch damit gab es schwere Unfälle.

Chemiker entwickelten daraufhin neue und ungefährliche Mittel zum Kühlen, z.B. FCKW. Das FCKW wurde lange Zeit in den Kühlschränken als Kühlmittel benutzt. Es stellte sich später jedoch heraus, dass FCKW umweltschädlich ist: Das Mittel baut die schützende Ozonschicht in der oberen Atmosphäre ab.

So forschen Chemiker nach neuen ungefährlichen und umweltfreundlicheren Mitteln, die jetzt in modernen Kühlschränken weitgehend verwendet werden.

Dass es aber auch noch Ausnahmen gibt, zeigt dieser Zeitungsartikel:

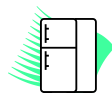
**Ausgetretenes Ammoniak macht Wohnung vorübergehend unbewohnbar**

**Saarbrücken.** Am 17.03.2009 gegen 18:00 Uhr wurde der Polizei in St. Johann ein übler Geruch in einer Wohnung der Rotenbergstraße gemeldet. Der Hausbewohner verständigte die Polizei, nachdem er einen stechenden Geruch festgestellt hatte. Da die eintreffenden Polizisten den Grund des üblen Gestankes nicht feststellen konnten, vermuteten sie eine defekte Gasleitung. So wurde die Berufsfeuerwehr verständigt. Diese fand als Ursache einen alten defekten Kühlschrank in der Wohnung. Aus diesem war giftiges Ammoniak ausgetreten. Nur durch Glück wurden keine Personen verletzt.

Aufgabe 7:

Denke nach und notiere:

Sind Wissenschaftler dafür verantwortlich, wenn sie zu neuem Wissen kommen, das den Menschen oder der Umwelt schaden könnte? Finde noch andere Beispiele und begründe deine Antwort.

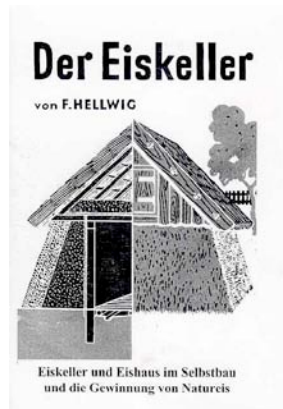


## **8.5. Station 5: Eiskeller**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgabenstellungen
- **Materialien für Aufgabe 1** (Untersuchung der bestmöglichen Isolierung von Eis):
  - Thermometer
  - Eiswürfel
  - Glühlampen (Wärmestrahler)
  - Stoppuhr
  - Kuchenrolle
  - Alufolie
  - Handtuch (oder Schal)
  - nasser Lappen
  - trockener Lappen
  - Holzspäne ....

## Station 5: Eiskeller



**Info:** Im Winter, wenn die Seen zugefroren waren, wurde von ihnen Eis "geerntet". Mit diesem Natureis und auch mit Schnee kühlte man Lebensmittel schon vor sehr langer Zeit. Seit Jahrtausenden lagerte man in China in speziellen tiefen und kalten Höhlen und Eiskellern das gewonnene Natureis und den Gletscherschnee.

Auch in Amerika und Europa gab es bis ungefähr 1930 viele Eiskeller und Eishäuser, in denen das Eis möglichst lange aufbewahrt wurde. Gerade bei frei stehenden Eishäusern war es sehr schwierig, das Eis vor dem Schmelzen zu bewahren.

Ein Material, welches Wärme nur sehr schlecht leitet, nennt man einen „Isolator“.  
Gesucht waren damals also Materialien, die sehr gut isolieren.

**Aufgabe 1:** Sicher hast du auch schon die Erfahrung gemacht, dass du dir an einem warmen Tag ein Eis gekauft hast und dieses gar nicht so schnell essen konntest, wie es zerschmolz. Du sollst nun das Problem lösen, einen Eiswürfel ohne Kühlschrankschrank möglichst lange zu erhalten.

- Plane einen Versuch mit den zur Verfügung stehenden Materialien.  
Nach dem Versuch sollst du folgende Forschungsfrage beantworten können:  
*Welches Material bewahrt einen Eiswürfel am längsten vor dem Schmelzen?*

**Materialien:** Thermometer, Eiswürfel, Glühlampen (oder Infrarot-Wärmestrahler), Stoppuhr, Küchenrolle, Alufolie, Handtuch (oder Schal), nasser Lappen, trockener Lappen, Holzspäne, Behälter ...

- Fertige eine Skizze von deinem Aufbau an.
- Führe deinen Versuch durch und notiere deine Beobachtungen.  
(Wenn du warten musst, beginne schon einmal mit der Aufgabe 2)
- Beantworte die Forschungsfrage.



### Aufgabe 2:

Du musst sicherlich ein wenig warten, bis deine Untersuchung abgeschlossen ist. Es ist in der Wissenschaft sehr wichtig, genau festzuhalten, wie man bei seiner Forschung vorgegangen ist. Nur so können andere Wissenschaftler das Problem und die Lösung nachvollziehen und evtl. auf Fehler aufmerksam werden.

Schreibe einen kurzen Text, wie du an die Untersuchung herangegangen bist. Dabei kannst du zum Beispiel folgende Wörter verwenden (musst du aber nicht): *Problem, Frage, Vorwissen, beobachten, Vermutung, planen, ausprobieren, überprüfen, messen, Ergebnis, ...*





Aufgabe 3: Neue wissenschaftliche Erkenntnisse müssen veröffentlicht werden, damit Menschen sie bei ihren Entscheidungen benutzen und andere Wissenschaftler damit weiterarbeiten können. Häufig fassen die Forscher ihre Ergebnisse schriftlich in einem wissenschaftlichen Artikel zusammen.

Dieses Wissen wird dann auch benutzt, um technische Geräte zu verbessern.

In Aufgabe 1 hast du Wissen über gute und weniger gute Isolatoren gewonnen.

1) Schreibe nun auf der Grundlage deiner neuen Erkenntnisse eine kurze Einleitung zu dem Buch „Der Eiskeller“ (s. Bild oben).

Erkläre dann zum Beispiel mit einer Skizze, wie man einen guten Eiskeller bauen kann. Beschreibe dabei, welches Wissen du benutzt und wie du darauf gekommen bist.

2) Warum sollte man angeben, woher man das Wissen hat, das man benutzen will?

3) Stimmt dem folgenden Satz zu? Begründe deine Antwort!

*„In der Wissenschaft wird neues Wissen produziert  
und in der Technologie wird dieses Wissen benutzt.“*



#### Aufgabe 4:

Der Filmstreifen zeigt, wie früher Natureis aus den Seen und Flüssen gewonnen wurde. Nutze den Platz links neben dem Filmstreifen und schreibe zu jedem Bild des Filmstreifens eine Frage auf, von der du denkst, dass auch Wissenschaftler so eine Frage untersuchen würden.

Begründe dann: Warum würden Wissenschaftler diese Frage so stellen?

(Wissenschaftler forschen ja nicht nur, weil es so interessant ist!)

*Jährlich, wenn die Eisstärke ihren Maximalwert von 18 bis 20 cm erreicht hatte ...*

FRAGE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

BEGRÜNDUNG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*... wurden große Eisplatten mit Hacken und Sägen aus dem Eis geschlagen ...*

FRAGE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

BEGRÜNDUNG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*... und mit Eishaken über vorher planierte Schneebahnen an das Ufer gezogen. Dort wurden die Platten in tragbare Stücke von ca. 20 bis 25 kg Gewicht zerschlagen, auf Pferdewagen geladen ....*

FRAGE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

BEGRÜNDUNG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*.... und zu den Eiskellern transportiert.*

FRAGE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

BEGRÜNDUNG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Beim Erd- bzw. Eiskeller angelangt, wurden die Eisblöcke abgeladen und dort eingelagert.*

FRAGE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

BEGRÜNDUNG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Mit dem Eis konnte man zwar kühlen - es war aber nicht besonders sauber.*

FRAGE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

BEGRÜNDUNG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



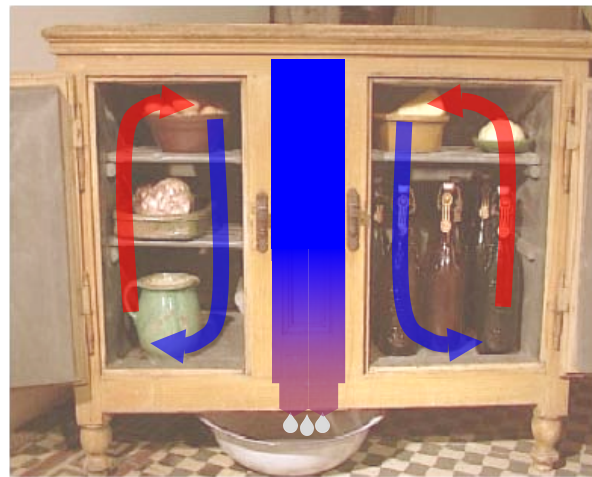
## **8.6. Station 6: Eisschrank**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgaben
- **Materialien für Aufgabe 2** (Bau eines Eisschranks)
  - Karton
  - Schere
  - Tesafilm
  - Klebstoff
  - Küchenrolle
  - Frischhaltefolie
  - Alufolie
  - Holzspäne
  - Watte pads
  - ...



## Station 6: Eisschrank



**Info:** Bis etwa 1950 wurden hölzerne oder eiserne Eisschränke verwendet. Ein Eisschrank ist der Vorläufer des Kühlschranks als Haushaltsgerät zum Kühlen und Frischhalten von Lebensmitteln.

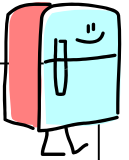
Das war ein hochbeiniger Schrank, in dem Lebensmittel aufbewahrt wurden. In ein Fach an der Oberseite wurde zerkleinertes Eis eingefüllt. Unten wurde das abtropfende Wasser gesammelt. Das Eis wurde **über den Kühlfächern** angeordnet, um die aufsteigende wärmere Luft durch Abkühlung wieder zum Sinken zu bewegen (**wärmere Luft steigt auf und kältere sinkt**). Damit die Luft im Schrank sich gut bewegen konnte, lagerte man Lebensmittel auf **Drahtgittern**.

Die **Isolierung** (Material, das sehr schlecht Wärme leitet) bestand aus Schichten von Sägespänen und Stroh in den Wänden des Schrankes.

Weil das schmelzende Eis ständig erneuert werden musste (im Sommer fast jeden Tag), war diese Form des Kühlens mit viel Arbeitsaufwand verbunden: Das Schmelzwasser musste abgegossen und der Schrank wöchentlich gereinigt werden; außerdem musste man regelmäßig Eis nachbestellen.

Ins Haus kamen die Eisblöcke durch Eismänner, die die schweren Blöcke mit Pferdewagen anlieferten. Neben dem Natureis (aus zugefrorenen Flüssen und Seen) wurde bald auch künstlich hergestelltes Eis verkauft. Dieses so genannte „Krystalleis“ war wegen seiner Sauberkeit besonders beliebt, allerdings auch viel teurer als Natureis.

Trotz solcher Nachteile der Eisschränke wurden sie erst **sehr langsam** durch die **ersten Kühlschränke** ersetzt, die sehr groß und teuer waren.

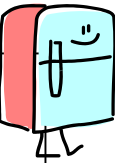


### Aufgabe 1:

Lesen oder hören den Text. Sieh dir die Bilder vom Eisschrank an. Fülle folgende Tabelle aus:

<p>Stelle eine Vermutung auf: Warum sollte der Eisschrank relativ hohe Beine haben?</p>	
<p>Begründe:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Wofür steht die Schüssel unter dem Eisschrank?</li><li>- Warum hat man das Eis oben in den Schrank gelegt und nicht unten?</li></ul>	
<p>Erkläre, warum man Lebensmittel im Eisschrank nicht einfach auf dicken Blechen, sondern auf Drahtgittern lagerte?</p>	
<p>Das Innere des Schrankes wurde von der Umgebung mit einer dicken Isolierschicht getrennt (Schicht aus Stoffen, die schlecht Wärme durchlassen). Warum?</p>	
<p>Beschreibe, warum diese Form des Kühlens mit viel Arbeitsaufwand verbunden war.</p>	





Aufgabe 2: Stelle aus den dir zu Verfügung stehenden Materialien ein kleines Modell eines Eisschranks her. Fertige vor dem Bauen eine Skizze an und begründe, warum dein Eisschrank Lebensmittel kalt halten kann!

Materialien zur Auswahl: Karton, Schere, Tesafilm, Klebstoff, Küchenrolle, Frischhaltefolie, Alufolie, Holzspäne, Watte, ...

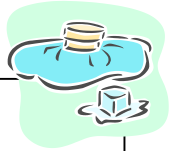


## **8.7. Station 7: Kältemischung**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgaben
- **Materialien für Aufgabe 1** (zur Gefrierpunktserniedrigung):
  - Thermometer
  - 2 Gläser
  - Eiswürfel
  - Salz
- **Materialien für Aufgabe 2** (Optimierung der Salz-Wasser-Mischung):
  - Thermometer
  - Gläser/Becher
  - Zerstoßenes Eis
  - Wasser
  - Salz

## Station 7: Kühlmischung



### Eine wissenschaftliche Untersuchung zu Salz und Eis

#### Info:

Du hast bestimmt schon gemerkt, dass im Winter Salz auf die Straßen gestreut wird, um sie von Schnee und Eis zu befreien. Hinterher ist die Straße nass, Eis und Schnee sind also geschmolzen.

#### Man kann sich jetzt fragen:

**Warum schmilzt Eis, wenn es mit Salz vermischt wird?**

#### Was wissen wir schon?

Du weißt, dass Eis schmilzt, wenn es wärmer als 0 Grad Celsius ist.  
(diese Temperatur nennt man den **Schmelzpunkt** von Eis).

#### Du kannst also mit diesem Wissen schon eine Vermutung aufstellen:

**Vermutung: Eis vermischt mit Salz wird wärmer als 0 Grad Celsius.**

(Die Straße wird also warm)

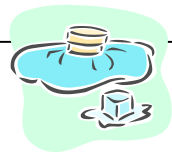
Überlege, ob du schon Beobachtungen gemacht hast, die für oder gegen diese Vermutung sprechen. Diskutiere mit deinen Mitschülern darüber und finde heraus, was sie dazu meinen. Notiere, was für und was gegen die „Warme-Straße-Vermutung“ spricht.

**Wenn du die Vermutung überprüfst, kannst du damit die Frage vielleicht beantworten.**

Stimmt sie, kannst du die Frage beantworten.

Stimmt sie nicht, schmilzt das Eis aus einem anderen Grund. Du weißt jetzt aber immerhin, dass es nicht am Wärmer-werden liegt.

**Führe die folgende Untersuchung durch.**



## Untersuchung 1

Weil wir nicht auf Schnee und Winter warten wollen, bilden wir die Verhältnisse auf der Straße nach.

Materialien: Thermometer, 2 kleine Gläser/Becher, Eiswürfel (gleich groß), Salz

Teste vorher:

(1) **Klappt das Eis-Schmelzen mit Salz auch bei uns (statt auf der Straße)?**

Nimm dir 2 Eiswürfel und lege sie jeweils in ein kleines Glas.  
Streue auf einen der Würfel 2 Esslöffel Salz.

a) Was erwartest du? Warum erwartest du das?

b) Was beobachtest du?

c) Was folgerst du?

Teste jetzt die Vermutung:

(2) ***Eis vermischt mit Salz wird wärmer als 0 Grad Celsius.***

Messe jetzt möglichst dicht an beiden Eiswürfeln die **Temperatur des Schmelzwassers**.

a) Was erwartest du? Warum erwartest du das?

b) Was beobachtest du?

c) Was folgerst du für die Vermutung? Warum folgerst du das? (Nenne die Beobachtungen, die für oder gegen die Vermutung sprechen.)

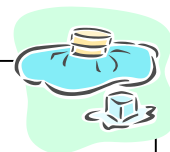
d) Wie würdest du jetzt die Forschungsfrage „**Warum schmilzt Eis, wenn es mit Salz vermischt wird?**“ beantworten?  
(schaue noch mal auf die vorige Seite)

Aufgabe:

Denke nach und notiere:

Manchmal kommen Wissenschaftler zu Ergebnissen, die ihre Vermutung widerlegen.

Ist das gut oder schlecht? Begründe deine Meinung!



Info: Das Bedürfnis nach Kühlung ist schon seit sehr langer Zeit allgemein und weit verbreitet. Dies zeigen viele Berichte, zum Beispiel

- aus China, wo schon vor 2600 Jahren Eis für die Sommermonate aufbewahrt wurde.
- aus Indien: Dort stellte man in kühlen Nächten Wasser in flachen Tonschalen in Erdgruben oder auf Hausdächer. Vor Sonnenaufgang bildete sich eine Eisschicht auf dem Wasser.
- ....

Früher verfügte man nicht über Kältemaschinen (siehe Station 4). Wenn man also tiefe Temperaturen erzeugen wollte, musste man dafür eine spezielle Technik benutzen.

Das machte man so:

Man mischte Wasser bzw. Eis mit Salz. Vor allem nutzte man bestimmte Salze, die aus feuchten Kellerwänden austraten. Dieser "Salpeter" (also das von den steinernen Kellerwänden abgekratzte Salz) war ein Bestandteil der Gülle, der aus dem benachbarten Abfluss oder Misthaufen durch die Kellerwand drang.

Man hatte beobachtet, dass man mit Salz stark abkühlen konnte: Mischte man zum Beispiel Salpeter mit Schnee, so sank die Temperatur der Mischung sehr stark.

**Heute nennt man diese Mischungen von Eis mit Salz Kältemischungen.**

## Untersuchung 2

Eis, aber vor allem Salz war vor 400 Jahren in vielen Gegenden schwer zu beschaffen und daher auch sehr teuer. Wenn man dort Kältemischungen herstellte, wollte man also nichts davon verschwenden und trotzdem so stark wie möglich kühlen.

Wenn man also in einem Gefäß mit Eis eine Kältemischung herstellt, will man wissen, wie die Menge des dazu gemischten Salzes die Temperatur der Mischung beeinflusst.

Stell dir vor, du bist ein Mensch aus dieser Zeit und willst dieses Problem lösen, denn du bist nicht sehr reich. Führe eine Untersuchung durch, mit der du folgende Forschungsfrage beantworten kannst:

**Bei welcher Mischung von Salz und Eis haben Kältemischungen die niedrigste Temperatur, so dass es sich nicht mehr lohnt, mehr Salz hinzu zu geben?**

Geräte: Zerstoßenes Eis, Kochsalz, Waage, Esslöffel, Becher, Thermometer (ein Thermometer, wie wir es kennen, hatten die Menschen damals allerdings nicht!).

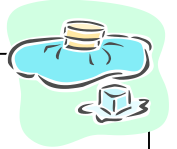
So kannst du eine gute Kältemischung vorbereiten: Gib abwechselnd eine dicke Schicht Eis und eine dünne Schicht Salz in einen Becher. Wenn deine Schichtung fertig ist, rühre die Mischung gut um. Nun kannst du die Temperatur deiner Kältemischung messen.

Stelle drei oder mehr Kältemischungen her. Mische dafür die gleiche Menge Eis mit unterschiedlichen Mengen Salz.

Mischung 1	200 Gramm Eis und 40 Gramm Salz
Mischung 2	200 Gramm Eis und 60 Gramm Salz
Mischung 3	200 Gramm Eis und 80 Gramm Salz
	usw.

Notiere die tiefste Temperatur, die jede Mischung erreicht. Trage diese Temperatur und die Daten der Kältemischung (Menge Eis, Menge Salz) dann in die folgende Tabelle ein.





Verschiedene Kochsalz-Eis-Mischungen:		
Menge Salz in Gramm:	Menge Eis in Gramm:	Tiefste Temperatur in °C:
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Kannst du deine Forschungsfrage nun beantworten? Benutze deine Daten, um zu einem Ergebnis zu kommen.

#### Aufgabe zu Untersuchung 2:

Du bist nun wieder der Mensch vor 400 Jahren, der diese Untersuchung durchgeführt hat. Gerade hast du in einer Zeitung folgendes gelesen:

*Das Forschen mit Kältemischungen sollte nur den wohlhabenden Naturforschern gestattet sein, denn nur sie können sich das nötige Salz leisten. Wie jeder weiß, werden Kältemischungen immer kälter, je mehr Salz man hinzu tut. Die Untersuchung bei den tiefsten Temperaturen wird für die meisten Naturforscher unmöglich bleiben. Sie sollten sich auf andere Bereiche konzentrieren.*

Nimm Stellung dazu, indem du einen Brief an den Verfasser des Artikels schreibst. Stelle darin deine Untersuchung und deine Ergebnisse so dar, dass er von deinem Ergebnis überzeugt wird.

Das Ganze könnte so anfangen:

*„Sehr geehrter Verfasser des Artikels zu Kältemischungen. Sie schrieben, dass Kältemischungen immer kälter werden, je mehr Salz man hinzu tut. Vor kurzem habe ich eine Untersuchung dazu durchgeführt...“*



## **8.8. Station 8: Schnee, Früchte und Honig**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgaben
- **Materialien für Aufgabe 1** (Ordnen von Geschichten zur Eisherstellung)
  - Schere
  - Klebstoff
- **Materialien für Aufgabe 2** (Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Materialien)
  - 1 Teeglas oder Tasse
  - 1 Metall-, 1 Holz- und 1 Plastiklöffel (alle lang)
  - Teebeutel
  - heißes Wasser.

## Station 8: Schnee, Früchte und Honig



### Aufgabe 1

Speiseeises gibt es schon sehr lange. **Das erste Eis** war noch sehr anders als unser Eis, denn Milch oder Sahne konnte man früher nicht gefrieren lassen. Wasser gefriert bei 0°C. Milch und Sahne enthalten Fett und damit das gefriert, muss es noch sehr viel kälter sein.

Auf den Karten findest Du einzelne Geschichten über die Eisherstellung.



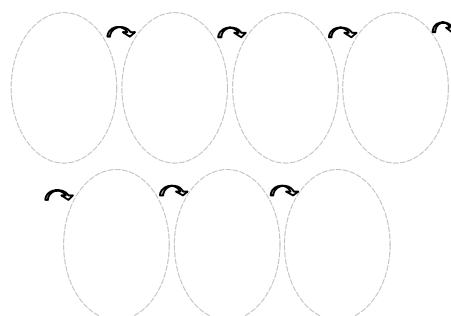
Lies alle Karten



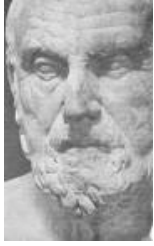
Schneide sie aus und



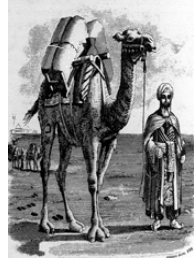
klebe sie in zeitlich richtiger Reihenfolge auf das vorgefertigte Blatt.







@ Der berühmte Arzt **Hippokrates** (460-375 vor Christus), wusste schon, dass Eis oder Schnee „die Körpersäfte belebt und das Wohlbefinden hebt“.  
Er hat Eis als Medizin und



@ Der **Sultan von Kairo** baute 1040 nach Christus eine ganze Kühltransportkette auf, um sein Leben erträglicher zu machen. Täglich kamen 14 Kamelladungen mit Schnee aus Syrien in



@ Nach dem **Zerfall des römischen Reiches** (um ca. 500 nach Christus) ging in Europa das Wissen über die Eisherstellung verloren.



@ Der venezianische Kaufmann und Forscher **Marco Polo** (1254-1324) berichtete um 1300 von Eisspeisen in China, Zentralasien und im Orient. Er erzählte, dass die Chinesen seit mehr als 3000 Jahren Speiseeis kannten. Er brachte als Geschenk des Mongolenfürsten Kublai Khan ein Rezept zur Herstellung von Gefrorenem mit. So kam um 1300 das Wissen über die Eisherstellung wieder nach Europa.



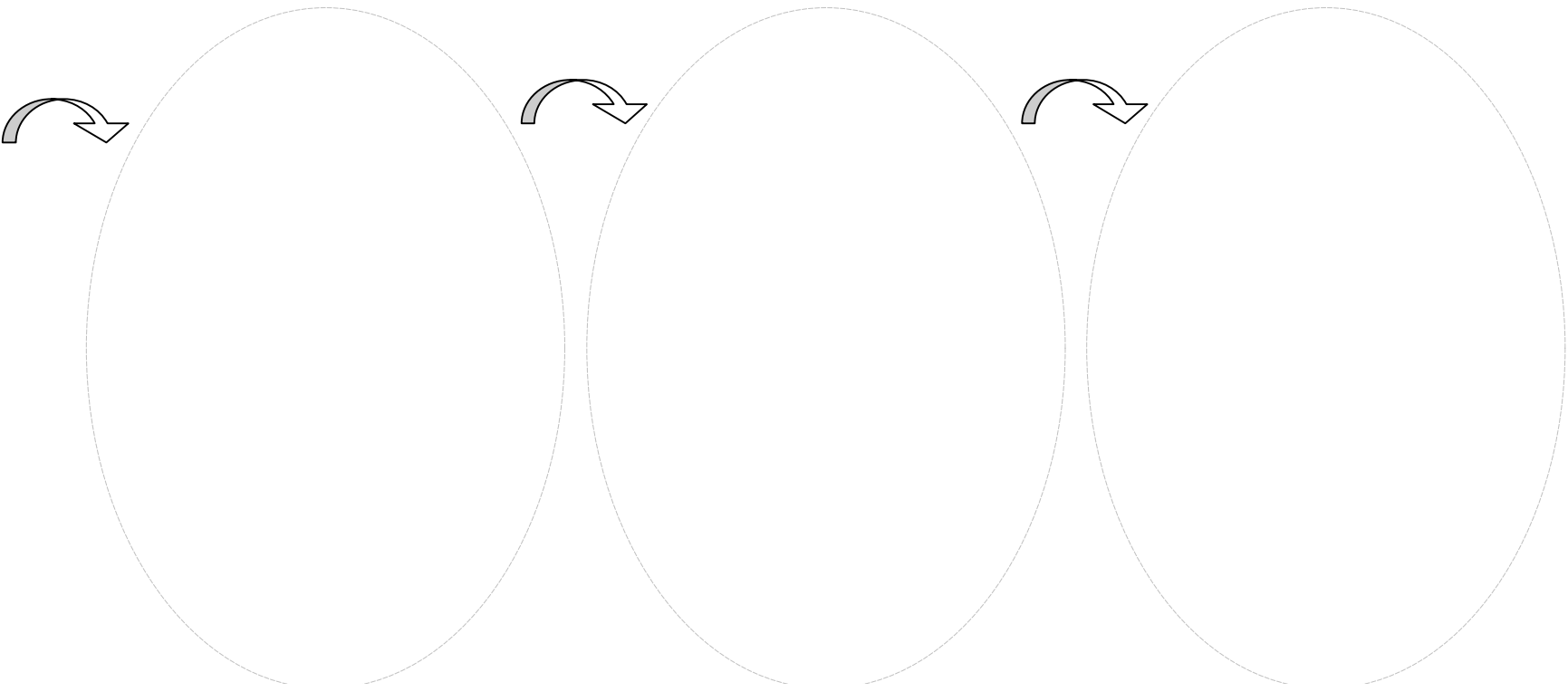
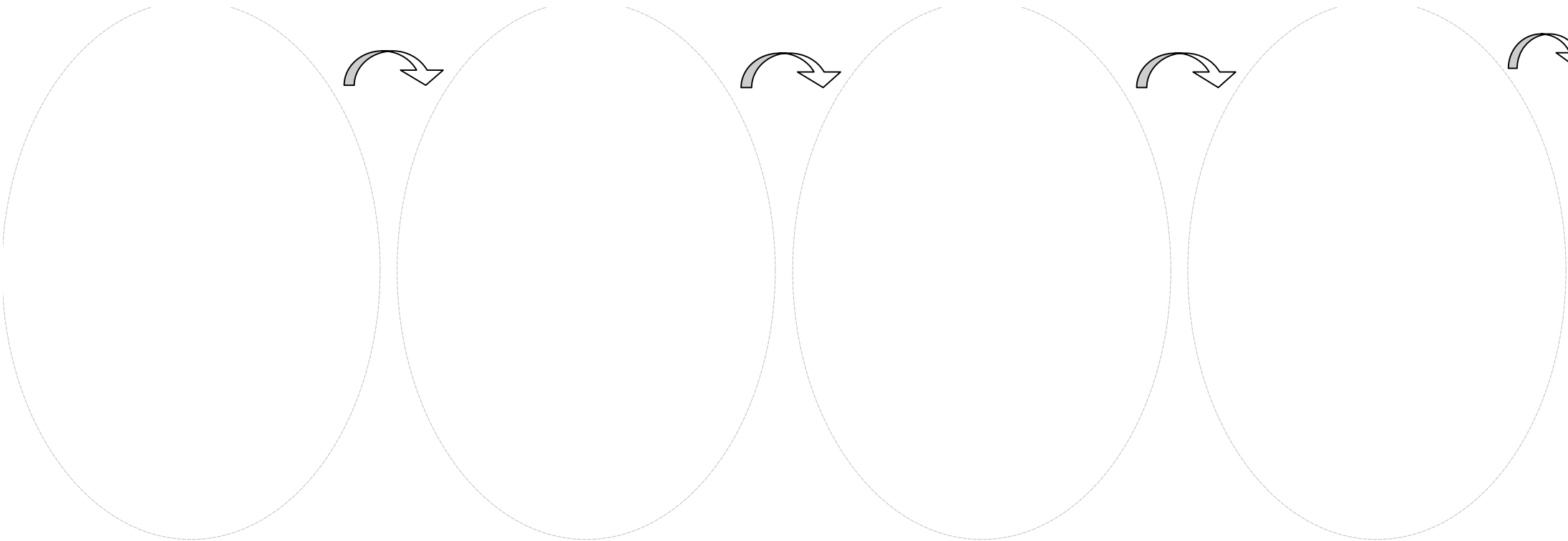
@ Bevor **Alexander der Große** (356-323 vor Christus) in den Krieg zog, ließ er an seine Soldaten mit Honig und Apfelsaft gemischten Schnee austeilen.  
Er hatte in den Bergen zufällig in Erdgruben konservierten Schnee gefunden. Seitdem benutzte er diese Methode, um immer kalte Getränke und Eis zu haben.



@ Schon 3000 v. Ch. stellte man **in China** Eis her. Man bewahrte Schnee und Eis in Eiskellern auf und machte daraus im Sommer Speiseeis. Die Rezepte waren sehr einfach: Eis mit Milch mischen oder mit



@ **Kaiser Nero** (37 - 68 nach Christus) richtete zwischen Rom und den nahe gelegenen Albaner Bergen eigene Läuferkette ein, um seinen verwöhnten Gästen eisgekühlten Nachtisch aus Schnee, Rosenwasser, Honig und Früchten anbieten zu können. Angeblich ließ Nero diejenigen Läufer umbringen, die den Schnee nicht vor dem Schmelzen zu ihm bringen konnten.





## **Aufgabe 2:** Was wird schneller warm?

### Material:

- 1 Teeglas oder Tasse;
- Löffel (Silber / Edelstahl / Holz / Plastik / Glas)
- Teebeutel, heißes Wasser (Wasserkocher).

Ablauf: Bereite zuerst eine Tasse Tee, indem du den Teebeutel in die Tasse gibst und sie mit dem heißen Wasser füllst. Stelle jetzt alle Löffel in das Glas und lasse den Tee zwei Minuten ziehen.

Jeder Löffel **leitet die Wärme** von seinem unteren Ende zum oberen **unterschiedlich schnell**.

Was glaubst du, welcher der drei Löffel sich nach zwei Minuten am stärksten erwärmt hat und welcher am schwächsten?

Jetzt berühre alle drei Löffel nacheinander am oberen Ende.

Beschreibe deine Beobachtungen. Versuche deine Beobachtungen auch zu erklären.



## **Aufgabe 3**

In der Aufgabe 1 hast du gelesen, wie die Läufer von Kaiser Nero sich bemühen mussten, den Schnee nicht geschmolzen in den Palast zu bringen. Vielleicht kannst du ihnen mit deinem Wissen aus Aufgabe 2 helfen.

Als kleiner Naturwissenschaftler hast du das in Aufgabe 2 schon ausprobiert und unterschiedliche Stoffe darauf untersucht, ob sie gut oder schlecht Wärme leiten. Benutze dein Wissen, um Neros Stafettenläufern zu helfen, der Todesstrafe zu entgehen. Was schlägst du ihnen vor?

## **Aufgabe 4**

In der Aufgabe 1 hast du gelesen, dass die Technik der Eisherstellung verloren ging und erst viel später wieder eingeführt wurde.

Notiere deine Ideen und begründe:

Wie ist das in den Naturwissenschaften? Kann sich naturwissenschaftliches Wissen ändern? Kann es verloren gehen und wieder auftauchen? Warum?



## **8.9. Station 9: Erste Revolution in der Eisherstellung: Kältemischungen**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgaben
- Materialien für Aufgabe 3 (Eisherstellen)
  - Kleiner Kochtopf
  - Plastikeimer oder Plastikschaale (größer als der Kochtopf)
  - Kochlöffel oder Spachtel

## Station 9: Erste Revolution in der Eisherstellung: Kältemischungen



Info1: Das erste Eis war von unserem Eis ziemlich verschieden, denn Milch oder Sahne konnte man lange Zeit nicht gefrieren lassen. Wasser gefriert bei  $0^{\circ}\text{C}$ . Milch und Sahne enthalten Fett und damit das überhaupt gefriert, muss es sehr viel kälter sein. Sahne z.B. wird erst bei  $-20^{\circ}\text{C}$  ganz fest.

### Aufgabe 1

Schon im 16. Jahrhundert haben italienische Zuckerbäcker entdeckt, dass solche tiefen Temperaturen sich mit Hilfe von so genannten **Kältemischungen** erreichen lassen: **Eis vermischt mit Salz wird sehr kalt (bis minus 21 Grad Celsius)**.

Damit kühlt der Eisverkäufer auf dem Bild sein Speiseeis.

Kennzeichne auf dem Bild den Behälter mit der Kältemischung und den Behälter mit dem Speiseeis.

Behälter mit

Behälter mit



### Info 2:

- ✦ 1530 beobachtete ein neugieriger Konditor aus Catania (Sizilien), dass Salpeter (eine Art Salz) die Temperatur des Wassers zur Kühlung seines Weins so stark senkt, dass es anfängt zu gefrieren. Er kratzte die Eiskruste ab, es bildete sich eine neue, und nach und nach entstand gefrorenes Wasser – also schneeartiges Eis. Lange Zeit erkannte niemand die Bedeutung dieser Erfindung. Man benutzte sie als lustigen Zaubertrick auf Jahrmärkten.
- ✦ 1550 beschreibt der spanische Arzt Blasius Villafranca die Anwendung künstlicher Kältemittel (Wasser-Salz-Mischung) bei Fieber.
- ✦ 1626 erzielte ein gewisser Santorio die niedrigste Temperatur einer Kältemischung durch das Mischen von Salz und Eis in einem Verhältnis von 1 zu 3.
- ✦ 1635 stellt der italienische Physiker Aggiunti wissenschaftliche Untersuchungen mit verschiedenen Kältemischungen an. Er untersuchte die Wirkung verschiedener Arten von Salz.
- ✦ 1724 benutzte der deutsche Physiker Fahrenheit die niedrigste mit Salz und Eis mögliche Temperatur, um den Nullpunkt seines Thermometers festzulegen.
- ✦ Der italienische Arzt Monardus behauptete, dass Kühlung mittels Salpeter von den durstigen Galeerensklaven (Sklaven auf einem Ruderschiff) erfunden und verbreitet wurde.
- ✦ Es gibt Berichte, dass in China und Asien der Gebrauch des Salzes zum Kühlen schon viel



## Aufgabe 2

Lies Info 2. Das ist die Geschichte der Kältemischungen.

- Beschreibe, was zuerst da war – das Benutzen der Kältemischungen im Alltag oder die wissenschaftliche Untersuchung von Kältemischungen?
- Denke nach und notiere deine Ideen: Wie wird alltägliches Wissen zu wissenschaftlichem Wissen? Was meinst du, kann es auch umgekehrt sein: wissenschaftliches Wissen wird zu alltäglichem? Wenn ja, auf welche Weise?



Info 3: Hier siehst du einen Auszug aus dem alten Rezept im „Oekonomischen Handbuch für Frauenzimmer“ (1803):

*Zu einer halben Maas guter Milch gibt man die gewünschten Zutaten mit etwas Zucker, tut es in eine eiserne Büchse, und setzt dieselbe in einen hohen Eimer. Ringsherum soll zerstoßenes Eis gelegt werden, welches beständig herumgekehrt werden muss. Wenn sich nun die Masse an die Büchse gefroren ansetzt, wird das Gefrorne mit einem langen hölzernen Löffel fleißig abgelöst und unter das noch nicht Gefrorene gemischt. An das Eis, welches im Eimer ist, tut man etwas Salz, damit es stärker gefriert. Wenn das Eis in der Büchse nun durchaus gefroren ist, füllt man's mit dem Löffel in die Tassen.*



## Aufgabe 3

Lies das Rezept durch.

- Stelle dein eigenes Speiseeis her. Halte dich dabei an die Anweisungen im Rezept.
  - Deine Kältemischung: Eis-Salz-Mischung (vom Gewicht her 3 mal so viel Eis wie Salz);
  - Deine Zutaten für das Speiseeis: Sahne, Zucker, Gewürze, Früchte, Nüsse, ...

### Materialien:

Kleiner Kochtopf, Plastikeimer/-schale (größer als der Kochtopf), Kochlöffel

Während eines deiner Gruppenmitglieder euer Eis rührt, versuche zu begründen:

- 🗣️ Warum soll die innere Büchse aus Eisen sein?

⊙ Warum soll man das feste Speiseeis von den Wänden immer wieder abreiben?

b) Überlege dir noch weitere Fragen zu der Eiszubereitung, die deiner Meinung nach wissenschaftlich beantwortet werden können, und schreibe sie auf.

## **8.10. Station 10: Zweite Revolution in der Eisherstellung: Kältemaschinen**

### **Materialien:**

- Arbeitsblätter mit Aufgaben





## Station 10: Zweite Revolution in der Eisherstellung: Elektrische Kältemaschinen



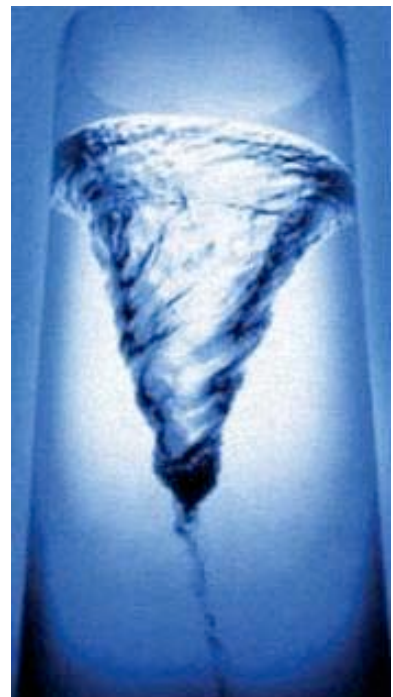
Info 1: Aus einem Buch „Der elegante Theetisch“ (1816):

*Das Eis wird in kleine Stückchen zerschlagen, in ein Gefäß getan und gesalzen. Dann wird die Büchse mit Masse für Eis hineingesetzt. Die Büchse wird nun bei dem Griff ungefähr eine viertel Stunde schnell herumdreht, während dessen sich das Eis in der Büchse wie eine Haut einsetzt. Dann wird die Büchse herausgenommen, mit dem Frierspatel das angesetzte Eis von deren Wänden abgestoßen, wohl durcheinander gerührt und mit dem Herumdrehen, Abstoßen und Zerreiben fortgefahren...*

**Aufgabe 1:** Um die hier beschriebene Funktionsweise einer der ersten Eismaschinen nachzuvollziehen, führe folgenden Versuch durch: Nimm eine leere Plastikflasche und fülle die Flasche zu einem Viertel mit Wasser. Bewege die Flasche, so dass ein Wirbel entsteht:

- 🕒 Notiere deine Beobachtungen.
- 🕒 Versuche zu erklären, warum man die Büchse mit der noch flüssigen Eismasse sehr schnell im Gefäß mit Eis-Salz-Mischung drehen sollte.

**Achtung!** Falls du noch nicht weiß, wozu diese Mischung ist, frage deine Mitschüler auf den Stationen 7 und 9.

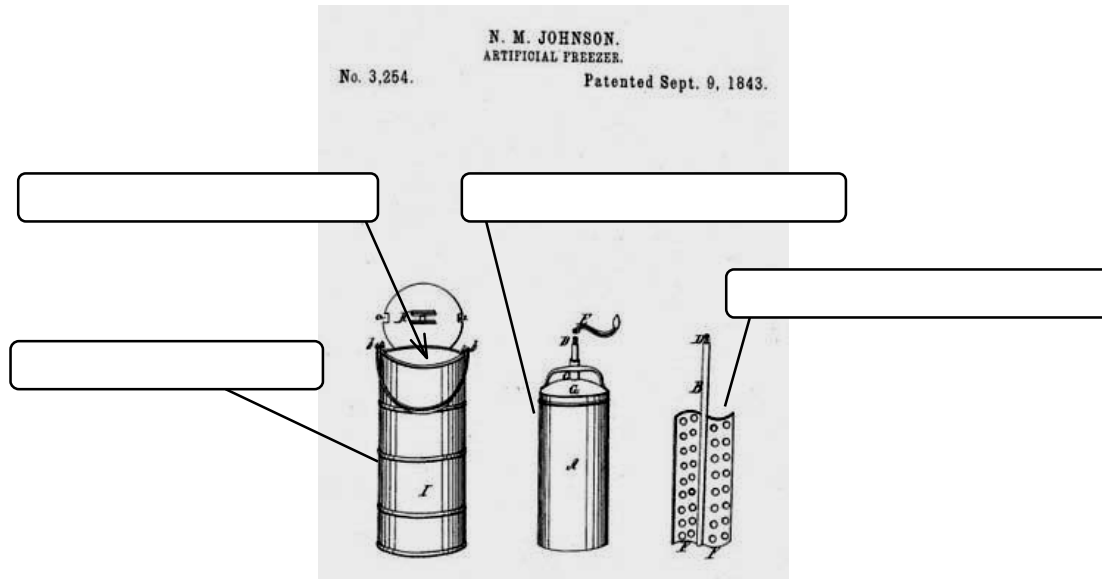




## Info 2: Amerika – erste patentierte Eismaschine

Die erste mechanische Eismaschine wurde **1843** von der amerikanischen Hausfrau **Nancy Johnson** erfunden und patentiert. Es war eine handbetriebene Eismaschine. Die innere Kanne wurde in den Außeneimer platziert, zwischen deren Wänden wurde Salz und Schnee gestreut. Die Mischung wird sehr kalt und eine dünne Schicht Milch an der Wand der inneren Kanne gefriert. Ein rotierendes Schaufelrad kratzt diese Schicht ab, so dass sich eine neue gefrorene Milchsicht bilden kann.

**Aufgabe 2:** Fülle die Kästchen neben dem Bild mit folgenden Wörtern aus: Innere Kanne, Außeneimer, Salz mit Schnee, Schaufelrad.



## Info 3:

Hier siehst du zwei alte deutsche Eismaschinen. Sie beide funktionieren ähnlich der ersten amerikanischen Eismaschine von Ms. Johnson. Die linke Eismaschine wurde auch per Hand angetrieben – man sieht einen Handgriff am Rad. Die rechte läuft mit einem Elektromotor. Das hat viel Arbeit gespart und erlaubte, mehr und schneller Eis zuzubereiten.



**Aufgabe 3:** Stell dir vor, du lebst im Jahr 1905. Entwirf deine eigene Eismaschine. Beachte dabei:

- Ⓢ Eisbeschaffung für Kältemischungen (Eis und Salz) war relativ teuer
- Ⓢ Salz war zu dieser Zeit nicht mehr sehr teuer
- Ⓢ Elektromotoren ersetzen das Handrührwerk und waren effektiver

- Ⓢ Riemen (spezielle Gürtel – siehe Bild), die von den Motoren zum Rührwerk führten, konnten oft Verletzungen verursachen und waren deswegen gefährlich.



Entscheide dich für eine mechanische oder eine elektrische Eismaschine, nachdem du die Argumente gegeneinander abgewogen hast. Schreibe deine Überlegungen auf.

Notiere, für welche Maschine du dich entschieden hast. Warum?

Mache eine Skizze deiner Eismaschine und erkläre, wie sie funktionieren wird.

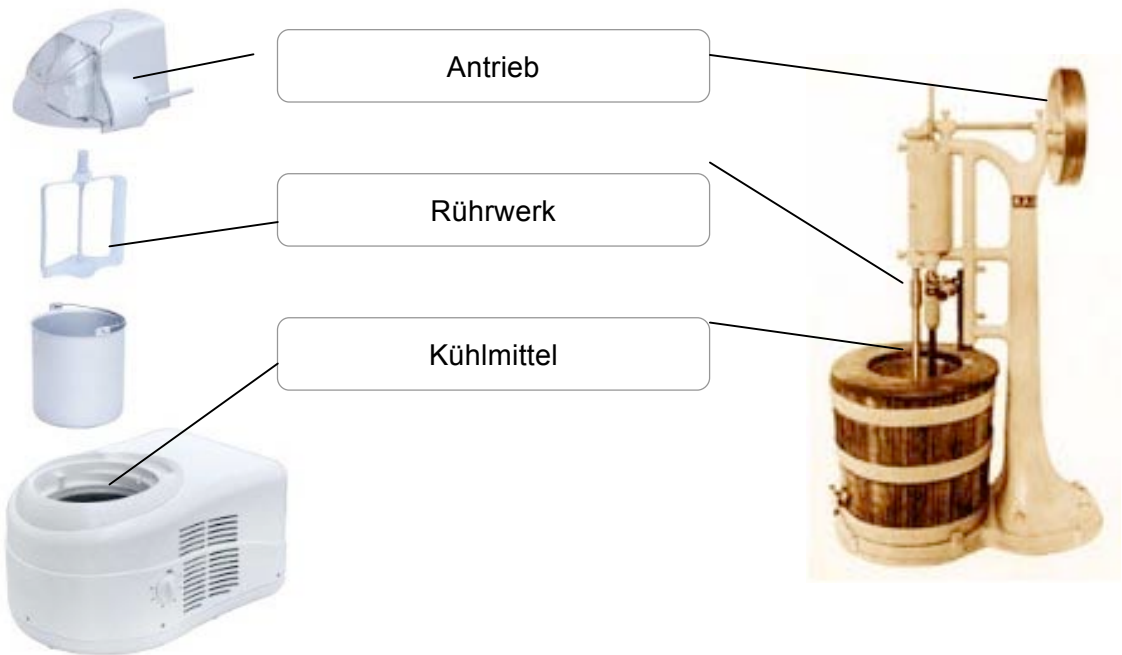




**Info 4:** Was passiert mit Eis, wenn es länger stehen bleibt? Wie würde seine Temperatur sich verhalten?

Für Industrie und Wirtschaft war es Anfang des 20. Jh. sehr wichtig, Dinge sehr kalt und auf der gleichen Temperatur zu halten. Genau deswegen ging die Suche nach neuen Kühlmöglichkeiten weiter. 1876 erfindet der deutsche Professor Carl Linde eine Kältemaschine, die kein Roheis und Salz benötigt. Sie erzeugt künstliche Kälte und kann die Kältemischungen nach und nach ersetzen. Mit diesem Fortschritt der Kältetechnik wird Speiseeis endgültig für alle zugänglich.

**Aufgabe 4:** Unten links siehst du eine moderne Eismaschine. Sie hat Ähnlichkeit mit den alten Eismaschinen (unten rechts). Sie kühlt jedoch nicht mehr mit einer Salz-Eis-Mischung, sondern funktioniert wie ein Kühlschrank (Station 4). Sie hat einen elektrischen Antrieb. Wie in den Kühlschränken wird dem Eis die Wärme über ein spezielles Kältemittel (zum Beispiel Ammoniak) entzogen. In der Eismaschine ist ein doppelwandiger Behälter. Zwischen seinen Wänden befindet sich das Kältemittel und im Innenraum die Zutatenmischung für das Eis. Das Kältemittel wird immer wieder verdampft und entzieht dabei dem Innenzylinder Wärme. Das an der Zylinderwand anfrirende Eis wird mit einem Rührwerk von einem Schaber abgeschabt.



- 🕒 Lese den Text.
- 🕒 Benutze dein Wissen über alte und neue Eismaschinen aus den vorherigen Texten und vergleiche (was ist gleich oder ähnlich geblieben und was hat sich wie verändert):

	Alte Eismaschine	Neue Eismaschine
<b>Antrieb</b>		
<b>Rührwerk</b>		
<b>Kühlmittel</b>		



## 8.11. Bildmaterial

### Bildmaterial zu 5.2.1. Kältetechnik

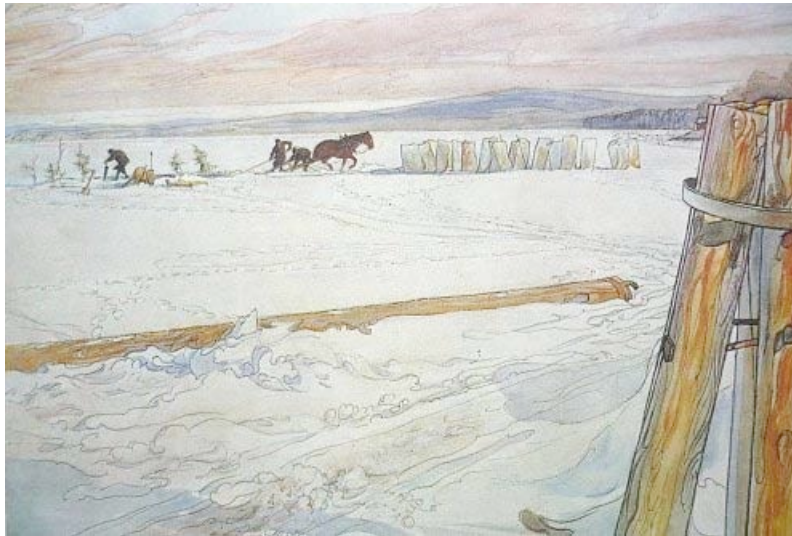


Abb. 1

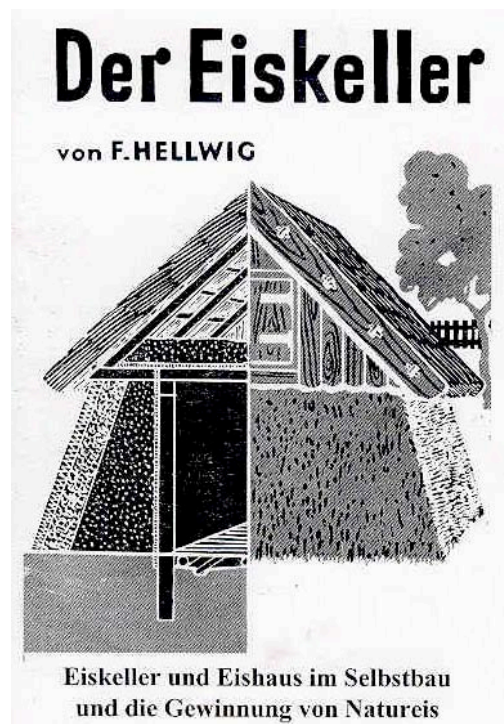


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4



## ESCHBACH-EISSCHRÄNKE

### Besonders preiswerte Modelle

#### Nr. 881/5 Ziso - Nr. 881/5 E

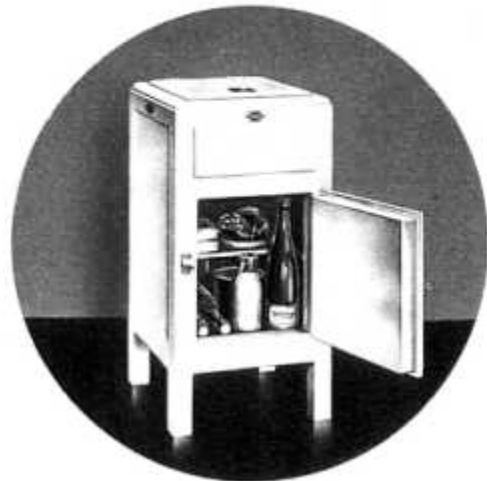
Eiskasten mit Doppelrost, herausnehmbar, aus Stahlblech, im Vollbade verzinkt, Beschläge vernickelt, Rostauflage mit 2 halben Holzrosten. Auf Wunsch mit Schmelzwasserkasten.

Außen weiße Öllackierung.

Nr. 881/5 Ziso = Auskleidung Zinkblech.

Nr. 881/5 E = Auskleidung Stahlblech, weiß emailliert.

Nr.	Außenmaße			Nutzraum ca.Ltr.	Preis RM	Mehrpreis f. Schmelz- wasserkast. RM
	hoch cm	breit cm	tief cm			
881/5 Ziso	88	44	42	42	49.—	3.—
881/5 E	88	44	42	42	60.—	3.—



### Haushalteisschrank

#### Nr. 951/5 E - Nr. 1051/5 E

Eiskasten mit Doppelrost, herausnehmbar, aus Stahlblech, im Vollbade verzinkt. Beschläge verchromt. Mit 2 Rostauflagen mit je 2 halben Holzrosten. Auf Wunsch mit Schmelzwasserkasten mit Ablaufbahn.

Nr. 1051 mit seitlichen Luftschächten.

Außen weiße Öllackierung.

Auskleidung Stahlblech, weiß emailliert.

Nr.	Außenmaße			Nutzraum ca.Ltr.	Preis RM	Mehrpreis f. Schmelz- wasserkast. RM
	hoch cm	breit cm	tief cm			
951/5 E	95	49	47,5	55	78.—	3.50
1051/5 E	105	54	50,5	78	96.—	4.50

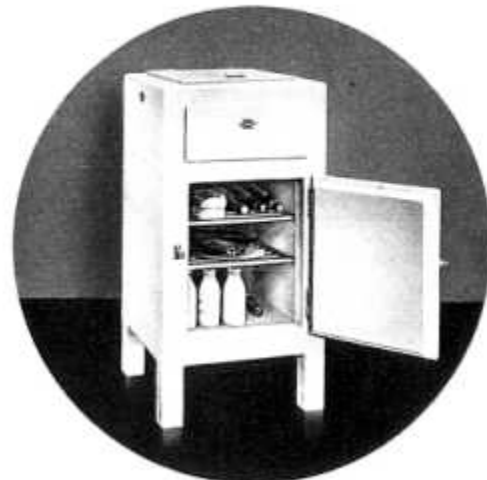


Abb. 4



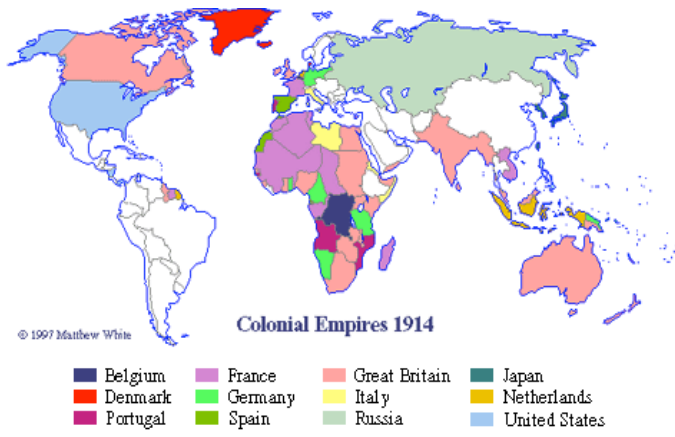


Abb. 6

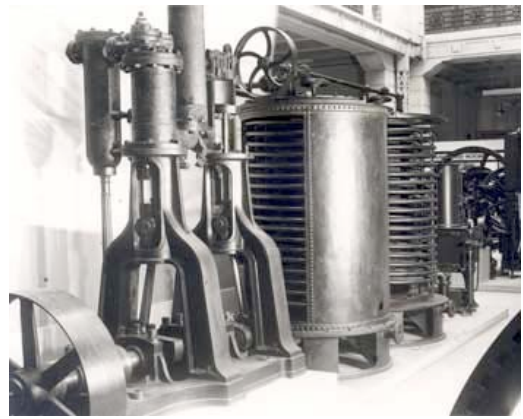


Abb. 7



Abb. 8

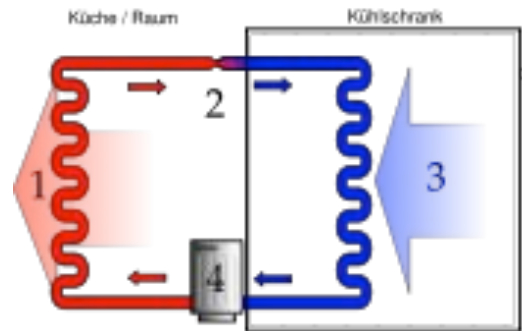


Abb. 9

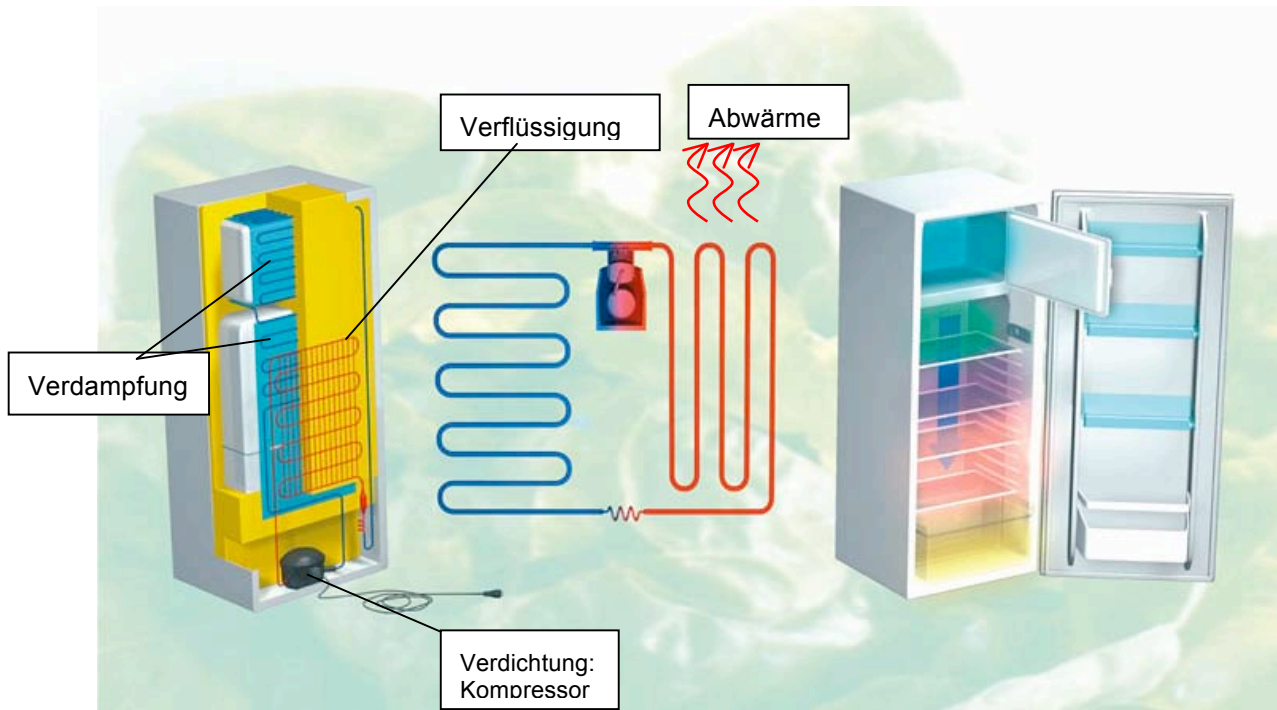


Abb. 10

Bildmaterial zu 5.2.2. Eisherstellung



Abb. 11

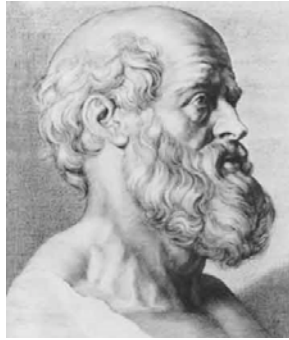


Abb. 12



Abb. 13

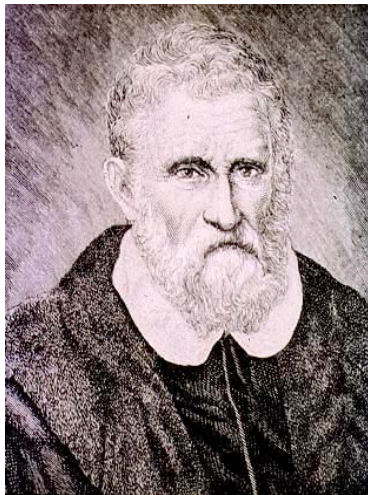


Abb. 14



Abb. 15



Abb. 16



Abb. 17



N. M. JOHNSON.  
ARTIFICIAL FREEZER.

No. 3,254.

Patented Sept. 9, 1843.

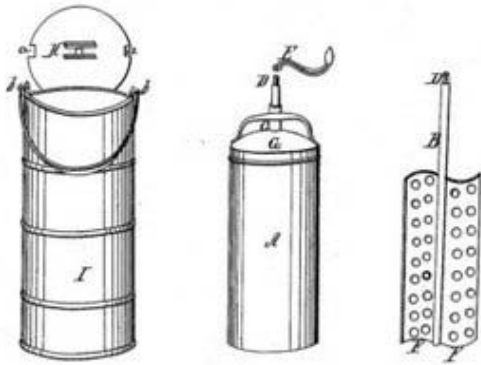


Abb. 22



Abb. 23



## 9. Methodisch-didaktische Hinweise

### 9.1. Die Reflection Corner – Wissenswertes über die Methode

#### **Hilfestellung zum Über-Physik-Reden**

Die Erfahrung und zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass SuS kaum etwas über die Natur der Naturwissenschaften lernen, wenn es in den Unterrichtsinhalten oder –prozessen „versteckt“ ist. Selbst wie ein Naturwissenschaftler handeln oder etwas über die Geschichte der Naturwissenschaften erfahren, führt also nur in den seltensten Fällen dazu, dass SuS naive Sichtweisen über Naturwissenschaften abbauen.

Erst wenn sicher ist, dass SuS ihre Handlungen explizit im Kontext verallgemeinerbarer naturwissenschaftlicher Prozesse reflektieren, kann auch davon ausgegangen werden, dass sie etwas über die Natur der Naturwissenschaften lernen. Gleiches gilt für alle anderen Quellen, aus denen im Unterricht potentiell über die Natur der Naturwissenschaften gelernt werden kann.

**Die Reflection Corner ist ein methodisches Hilfsmittel, welches den SuS das Reden über Rolle, Funktion, Bedingungen und Eigenschaften von Naturwissenschaft, naturwissenschaftlichem Wissen und dessen Produktion erleichtern und systematisieren soll.**

Werden SuS im normalen Unterrichtskontext dazu aufgefordert, über solche abstrakten Dinge nachzudenken, äußern sie sich erfahrungsgemäß in Form eigener konkreter Unterrichtshandlungen („Ich habe mir erst die Aufgabe durchgelesen...“), rekapitulieren Handlungen der historischen Wissenschaftler oder sind schlicht überfordert. Sie benötigen Hilfestellungen, um ihr eigenes Handeln und historische Beispiele als Forscherhandeln begreifen und verallgemeinern zu können.

**Mit geeigneten Fragen**, die sich aus Unterrichtsgeschehen und -inhalten ableiten lassen und ganz bestimmte Aspekte der Natur der Naturwissenschaften thematisieren, wird der Reflektionsprozess angeregt. Naive Vorstellungen können so vom Lehrer erkannt und **mit direktem Bezug zum Unterricht** in Frage gestellt werden.

#### **Integration in den Unterricht**

##### Material:

Die Fragestellungen und die Ideen der SuS sollten als gemeinsames Unterrichtsergebnis dauerhaft festgehalten werden. Dazu eignet sich ein Poster, eine Pinnwand oder ein Whiteboard.

##### Vorgehen:

Um die Diskussion ÜBER Naturwissenschaften anzuleiten und die SuS in den folgenden Stunden daran zu gewöhnen, sollte es **eine dauerhafte Fragestellung** geben, welche den Einstieg in die Reflektion ritualisiert. Erst danach sollen mit gezielten Fragen einzelne Aspekte der Natur der Naturwissenschaften herausgearbeitet werden.

##### Vorschläge für dauerhafte Fragestellungen:

Wir reden ÜBER Naturwissenschaft:

- Wie arbeiten Naturwissenschaftler?
- Wie kommt man in Naturwissenschaften zu neuem Wissen?
- Was ist typisch für Naturwissenschaften?
- Wie funktionieren Naturwissenschaften?
- Etc.

##### Woher soll ich das wissen?

Die für SuS zugänglichen und relevanten Aspekte der Natur der Naturwissenschaften werden ausführlich beschrieben und die entsprechenden Lerngelegenheiten dargestellt.

##### Woher sollen die SuS das wissen?

Dieses Unterrichtsmaterial kann dafür sorgen, dass die SuS vor der Beantwortung der Fragen alle nötigen Informationen besitzen, da sie

- im Unterricht zum Beispiel selbst forschend tätig sind (im Sinne forschenden Lernens).
- reale Forschungsprozesse simulieren (Konferenzen abhalten, Interviews geben, Forschertagebücher verfassen etc.).
- Forschungsprozesse historischer Wissenschaftler nachvollziehen (z.B. an Nachbauten arbeiten, Vermutungen historischer Wissenschaftler testen etc.).
- vieles über historische Wissenschaftler und die Bedingungen ihrer Zeit erfahren.

Das bedeutet, dass man als Lehrer zusammen mit den SuS folgende Dinge benutzen kann, um auf Ideen zu kommen:

- die eigenen konkreten Unterrichtshandlungen
- die Handlungen historischer Wissenschaftler
- den geschichtlichen Kontext (Biografisches zu einzelnen Naturwissenschaftlern und soziale/politische/ökonomische/religiöse Einflüsse von und auf Naturwissenschaften)

Das kann folgendermaßen aussehen:

#### Teil 1:

Zuerst findet eine offene Ideensammlung und Diskussion zu der ausgewählten dauerhaften Fragestellung statt. Dazu gehören dann Fragen wie:

**Was habt ihr heute darüber erfahren, wie Naturwissenschaftler arbeiten / wie man in den Naturwissenschaften zu neuem Wissen kommt / etc.**

**... wenn ihr daran denkt, was ihr heute getan habt?**

Mögliche Anregungen durch den Lehrer:

*Ihr habt auf ganz verschiedene Arten das Problem gelöst/...hattet unterschiedliche Ergebnisse/...habt euch gestritten/...musstet selbst eine Vermutung aufstellen/ ...musstet euer Vorwissen benutzen/ ...hattet ein unerwartetes Ergebnis/ ...wolltet unbedingt, dass eure Vermutung bestätigt wird/ ...*

**... wenn ihr daran denkt, wie XXX (z.B. Carl Linde oder Mohammed Bah Abba) vorgegangen ist?**

Mögliche Anregungen durch den Lehrer:

*XXX untersuchte traditionelle Handwerkstechniken/ ...stellte Vermutungen an/ ...wendete die wissenschaftlichen Erkenntnisse über Kreisprozesse an/ ...suchte nach einfachen und preisgünstigen Lösungen für seine Probleme/ ...schrieb wissenschaftliche Artikel/ ...war gleichzeitig Professor, Erfinder und Unternehmer/ ...konstruierte technische Geräte/ ...verbesserte bekannte Methoden auf wissenschaftlicher Grundlage/ ...untersuchte Wirkungsweise und Effektivität seiner Erfindungen genau/ ...*

**... wenn ihr daran denkt, was ihr über XXX (z.B. Carl Linde oder Mohammed Bah Abba) und seine Zeit erfahren habt?**

Mögliche Anregungen durch den Lehrer:

*Die Versorgung der Europäer mit Lebensmitteln aus den Kolonien erforderte effektive Kühlung auf dem Transportweg/ ...Das Verderben von Lebensmitteln durch unzureichende Kühlung verschärft den Hunger in der Dritten Welt/ ...Die Massenproduktion von Bier verlangt große Kühlmaschinen/ ...Naturwissenschaftler interessierten sich für das Verhalten von Stoffen bei sehr tiefen Temperaturen/ ...Die mangelhafte Elektrizitätsversorgung in der Dritten Welt verhindert die Benutzung von modernen technischen Geräten/ ...Die Einführung neuer Techniken darf keine traditionellen Arbeitsplätze kosten/ ...*

Die Ideen der SuS in diesem Teil sollten dokumentiert werden. Sollten die SuS keine eigenen Ideen haben, ist es angebracht, einzelne Vorschläge zur Diskussion zu stellen, wie oben beispielhaft angegeben. Bei ausgewählten Ideen sollte darüber diskutiert werden, ob sie eher typisch für Unterricht oder auch typisch für Naturwissenschaften allgemein sind.

Wenn sich die entsprechenden Gelegenheiten nicht schon in Teil 1 ergeben haben, schließt sich jetzt ein stärker zielorientierter Teil der Diskussion an.

### Teil 2: Zielgerichtetes Fragen

Um den SuS Gelegenheit zu geben, die dargestellten Lernziele zur Natur der Naturwissenschaften zu erreichen, schließt sich jetzt eine kurze Phase an, in der ganz spezielle Fragen im Vordergrund stehen. Diese stellen jeweils bestimmte Eigenheiten von Naturwissenschaften in den Vordergrund, die mit der Fallstudie gelernt werden können. Lerngelegenheiten können spezielle Schüleraktivitäten, historische Originaltexte oder fiktive Äußerungen sowie biografische und historische Erläuterungen durch den Lehrer sein.

Sowohl die Fragestellung als auch die zentralen Ideen der SuS sollten dokumentiert werden.

#### **Beispiel 1:**

In der Fallstudie stellen die SuS in verschiedenen Gruppen nach, wie ein Naturwissenschaftler eine große Menge von Versuchen durchführt und dokumentiert und daraus Schlüsse für die Konstruktion eines technischen Geräts zieht.

Eine mögliche Reflektionsfrage kann sein:

*Wir haben gesehen, dass XXX erst viele Versuche durchgeführt hat und danach eine Vermutung aufstellt. Kann man auch auf andere Weise zu naturwissenschaftlichem Wissen kommen? Ist seine Schlussfolgerung für den Gerätebau zwingend oder sind andere Möglichkeiten denkbar?*

#### **Beispiel 2:**

Ein Wissenschaftler beschreibt in einem fiktiven Brief, wie er seine Ergebnisse vor Vertretern der Wirtschaft präsentierte, diese aber daran zweifelten, dass mit seiner Entwicklung genügend Geld verdient werden könnte.

Eine mögliche Reflektionsfrage kann sein:

*Wir haben gesehen, dass der Wert und der Nutzen von XXX's Ergebnissen bezweifelt wurden. Was haben die technischen Vorschläge eines Wissenschaftlers/eines Ingenieurs damit zu tun, ob Unternehmer seine Ergebnisse akzeptieren? Was macht ein „gutes“ technisches Gerät aus?*

Das erste Beispiel enthält die Idee, dass es nicht *die eine* wissenschaftliche Vorgehensweise gibt und informiert über die induktive Methode, die mit Hilfestellung des Lehrers von der deduktiven abgegrenzt werden kann.

Das zweite Beispiel stellt dar, dass Wissenschaftler und Ingenieure ihre Ergebnisse vor anderen gesellschaftlichen Gruppen rechtfertigen müssen und dass sich daraus Qualitätskriterien für technische Geräte ableiten lassen.

## **9.2. Lernzirkel**

Im Lernzirkel sind mehrere **Stationen** aufgebaut, die sich an einem bestimmten Themenbereich orientieren. Für die Gestaltung der Stationen wird das Thema in kleinere Abschnitte zerlegt. Alle Schüler arbeiten praktisch gleichzeitig auf dasselbe Lernziel hin, obwohl sie mit unterschiedlichen Aufgaben beschäftigt sind.

Es wird zwischen "geschlossenen" und "offenen" Lernzirkel unterschieden.

Der geschlossene Zirkel ist dadurch gekennzeichnet, dass sich einzelne Stationen auf andere beziehen. Es ist also notwendig, dass die Teilnehmer bei der ersten Station beginnen und bei der letzten aufhören. Diese Form hat den Nachteil, dass der Aspekt der Wahlfreiheit von einzelnen Stationen wegfällt und dass einzelne Stationen überlaufen sein können.

Der offene Lernzirkel bietet den Schülern dagegen die Möglichkeit, sich eine Station zu wählen und so viel Zeit an dieser zu verbringen, wie sie möchten. Da viele Schüler oft zuerst eine Station wählen, die ihrem Lerntyp entspricht, wird das Problem dieser Station in der Regel gelöst. Dadurch

steigt die Attraktivität anderer Stationen und die Bereitschaft, bei komplexeren Fragen nicht gleich zur nächsten Station zu wechseln.

### **Mit dem Lernzirkel arbeiten heißt:**

1. Selbstverantwortlich einen Lernbereich wählen und sich mit diesem beschäftigen.
2. Individuelle Stärken und Begabungen gezielt einsetzen und einzelne Schwerpunkte intensiv bearbeiten.
3. In verschiedenen Sozialformen arbeiten, wobei das "Sich ergänzen" gefördert wird und das Einzelkämpfertum in den Hintergrund tritt.
4. Je nach Priorität und Komplexität der jeweiligen Aufgabe seine Bearbeitungszeit selbst wählen.

## **10. Forschungs- & Evaluationsergebnisse**

## **11. Thematische Ressourcen**

### **12. Literatur**

[1] Prell, H., (1987). Vom Gipfelschnee zur fröhlichen Eiszeit: Siegeszug der faszinierenden Köstlichkeit Speiseeis. Vom Genuß- zum Nahrungsmittel Hrsg.: Schöller Lebensmittel GmbH & Co. KG, Nürnberg, Text.

[2] Hellmann, U. (1990). Künstliche Kälte: die Geschichte der Kühlung im Haushalt. Anabas-Verlag.

[3] Edmund O. von Lippmann (1898). Zur Geschichte der Kältemischungen. In: Angewandte Chemie, Heft 33, S. 739-745.

[4] Unter Null. Kunsteis, Kälte und Kultur. Hrsg.: Centrum Industriekultur Nürnberg und Münchner Stadtmuseum, Verlag C. H. Beck 1991

[5] Breslyn, Wayne. "Clay pot refrigerators (Idea Bank)." The Science Teacher. 2007. Retrieved August 19, 2009 from accessmylibrary:

[http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary\\_0286-33603869\\_ITM](http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-33603869_ITM)

[6] Duit, R. (2007). Wärmeverstellungen. In: Müller, R., Wodzinski, R., Hopf, M. (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis Verlag Deubner.

### **Internetquellen:**

[1] Verschiedene Themen rund um die Eisherstellung in Italien: <http://www.sempre-italia.de/service/feuilleton/frostige-traeume-gelato-gelato-2003-7.xhtml>

[2] Uniteis e.V. Union der italienischen Eishersteller:

[http://www.uniteis.de/pagine\\_de/Handwerklich\\_hergestellte\\_Speiseeis/Eismaschine.htm](http://www.uniteis.de/pagine_de/Handwerklich_hergestellte_Speiseeis/Eismaschine.htm)

[3] Kühlschranks ohne Strom:

- <http://www.spirit-of-berlin.de/kultiges/Kuhlschrank/kuhlschrank.html>

- [http://www.suedwind-magazin.at/z\\_detail.asp?ID=881](http://www.suedwind-magazin.at/z_detail.asp?ID=881)

**[4]** Kältemischungen: Professors Blumes Bildungsserver für Chemie:

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/nacl/>

**[5]** Historische Kälte- und Klimatechnik: <http://www.hist-kaelte-klima.de/main/index.php>

**[6]** Geschichte der Kältetechnik: [http://www.coolpage4u.de/geschichte1\\_0.htm](http://www.coolpage4u.de/geschichte1_0.htm)

**[7]** Planet-Schule: Wissenspool, Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik:

<http://www.planet-schule.de/wissenspool/meilensteine-der-naturwissenschaft-und-technik/inhalt/links-literatur/technik/carl-von-linde-und-die-kuehltechnik.html>

**[8]** Portal „howstuffworks“: How Refrigerators Work:

<http://home.howstuffworks.com/refrigerator.htm>

**[9]** Carl von Linde – begnadeter Ingenieur und Unternehmer:

[http://www.linde.com/international/web/linde/like35linede.nsf/docbyalias/page\\_ch\\_personalities\\_carlvonlinde](http://www.linde.com/international/web/linde/like35linede.nsf/docbyalias/page_ch_personalities_carlvonlinde)

**[10]** Mohammed Bah Abba – der Erfinder des Wüsten-Kühlschranks

<http://rolexawards.com/en/the-laureates/mohammedbahabba-the-project.jsp>