



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Naturwissenschaften für Querdenker

Mpemba-Effekt

Leipzig, 15.06.2023

Johannes Klimke, Lukas Kraatz,
Niklas Wohlfarth

**IDEEN?
KENNT IHR DEN MPEMBA-EFFEKT?
SCHON EINMAL GEHÖRT?**

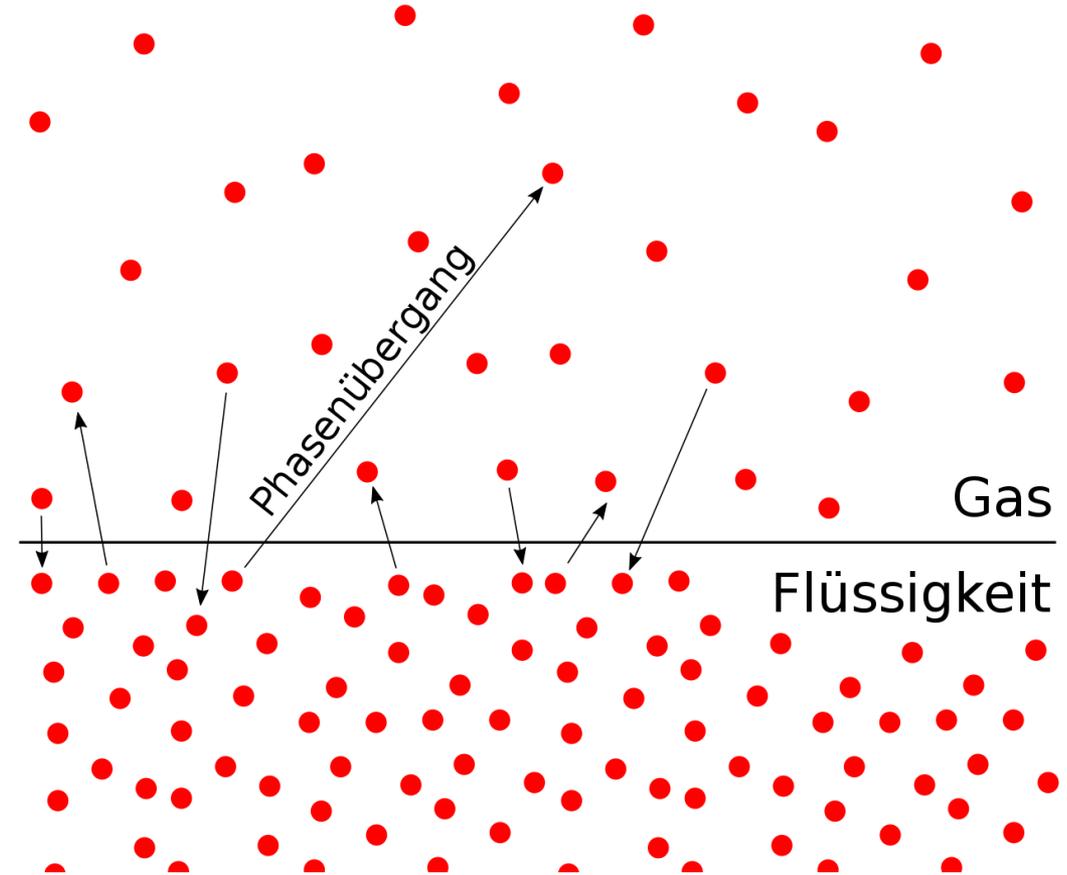
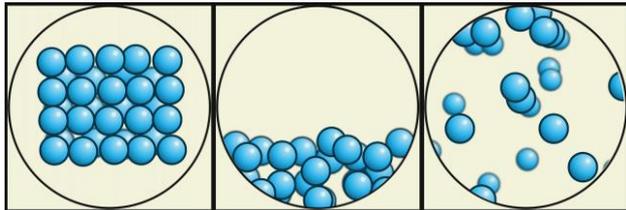
GERNE DAMIT ASSOZIIERT – ABER **FALSCH**

MPEMBA-EFFEKT MIT GEGENWIND

<https://www.youtube.com/watch?v=O8U8fXSxH0I>

EXKURS: DAMPFDRUCK

- abgeschlossenes System
- Phasengleichgewicht
- $p = p_s(T)$
 - Druck p
 - Sättigungsdampfdruck p_s
 - Temperatur T



Übergang von Teilchen zwischen Flüssig- und Gasphase

WAS IST NUN DER WAHRE MPEMBA-EFFEKT?

ERFAHRUNGSBERICHT

My name is Erasto B Mpemba, and I am going to tell you about my discovery, which was due to misusing a refrigerator. All of you know that it is advisable not to put hot things in a refrigerator, for you somehow shock it; and it will not last long.

In 1963, when I was in form 3 in Magamba Secondary School, Tanzania, I used to make ice-cream. The boys at the school do this by boiling milk, mixing it with sugar and putting it into the freezing chamber in the refrigerator, after it has first cooled nearly to room temperature. A lot of boys make it and there is a rush to get space in the refrigerator.

WAS IST NUN DER WAHRE MPEMBA-EFFEKT?

ERFAHRUNGSBERICHT

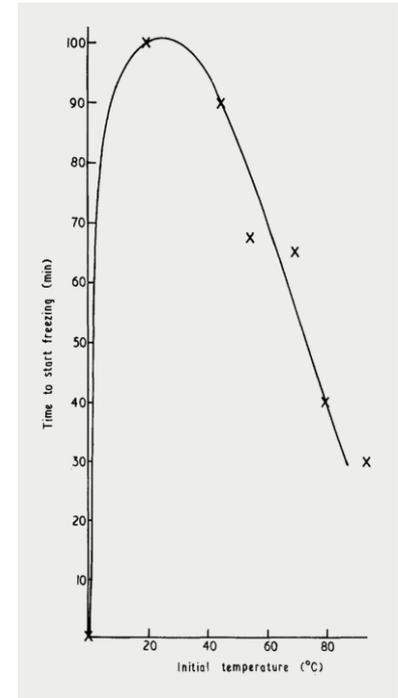
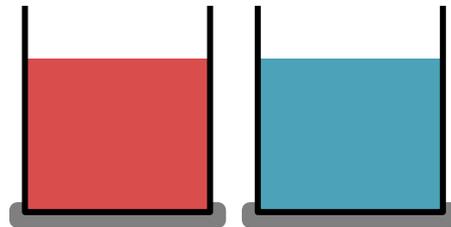
One day after buying milk from the local women, I started boiling it. Another boy, who had bought some milk for making ice-cream, ran to the refrigerator when he saw me boiling up milk and quickly mixed his milk with sugar and poured it into the ice-tray without boiling it; so that he may not miss his chance. Knowing that if I waited for the boiled milk to cool before placing it in the refrigerator I would lose the last available ice-tray, I decided to risk ruin to the refrigerator on that day by putting hot milk into it. The other boy and I went back an hour and a half later and found that my tray of milk had frozen into ice-cream while his was still only a thick liquid, not yet frozen.

Erasto B. Mpemba

WAS IST NUN DER WAHRE MPEMBA-EFFEKT?

ERKENNTNISSE

- (1) Das **warme** Wasser gefriert schneller als das **kalte**.
- (2) Das Wasser gefriert von oben nach unten.
- (3) Es verdampft über den Gefrierprozess nur wenig Wasser.
- (4) Die Flüssigkeit weist einen Temperaturgradienten auf.



Messergebnis

WAS IST NUN DER WAHRE MPEMBA-EFFEKT?

FORMULIERUNG

Der Mpemba-Effekt, benannt nach Erasto B. Mpemba, ist ein der Intuition widersprechendes Phänomen, welches ursprünglich das schnellere Gefrieren von heißerem gegenüber kälterem Wasser beschreibt.

DAS PHÄNOMEN IST BEREITS SEHR ALT

- Aristoteles (4. Jh. v. Chr., Meteorologica I.12)

Zur Schnelligkeit des Gefrierens trägt es auch bei, wenn das Wasser vorher erwärmt ist; dann kühlt es nämlich schneller ab. Deshalb stellen viele Leute Wasser, das sie rasch abkühlen wollen, erst in die Sonne [...].

- Roger Bacon (13. Jh. n. Chr., Opus Majus VI.1)
- Francis Bacon (17. Jh. N. Chr., Novum Organum II.50)

[...] leicht lauwarmes Wasser leichter gefriert als völlig kaltes [...]

und René Descartes (Les météores I)

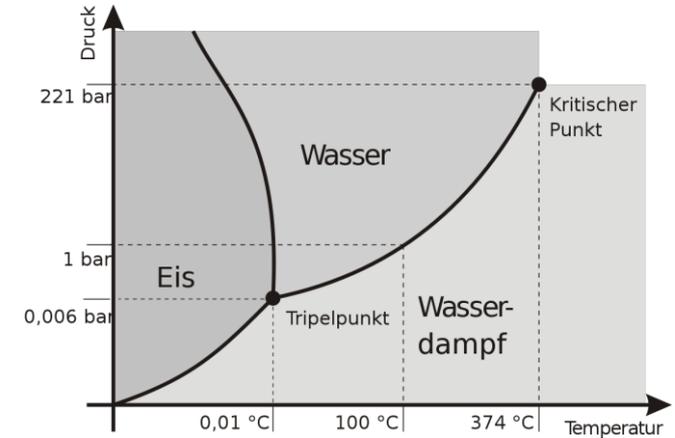
- George Christoph Lichtenberg (1788)
- **Erasto B. Mpemba und Denis Osborne (1969)**

MODERNE UNTERSUCHUNGEN

Ursachen

Verdunstung

- $p_2 = p_1 \cdot e^{-\frac{\Delta_{Verd}H}{R \cdot \Delta T}}$ (Clausius-Clapeyron)
 - Verdampfungsenthalpie $\Delta_{Verd}H$
 - Ideale Gaskonstante R
 - Temperaturdifferenz $\Delta T = T_2 - T_1$
- in einem offenen System entzieht sich dem heißeren Wasser über die Zeit mehr Energie



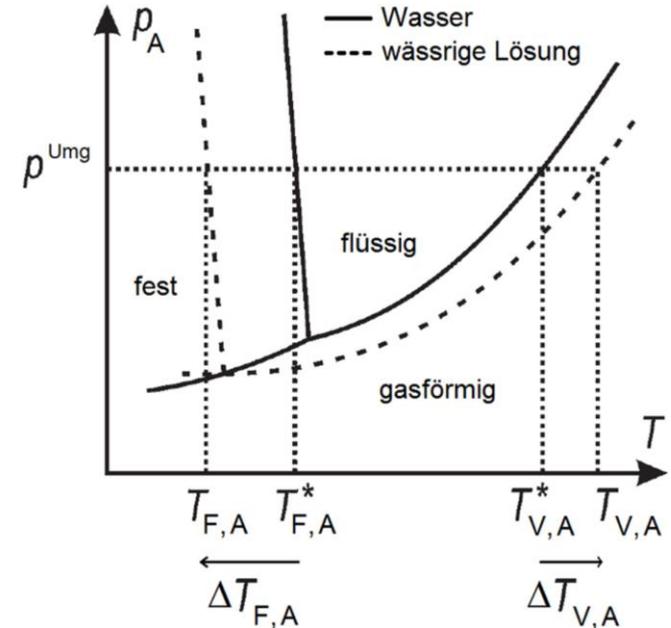
Phasendiagramm von Wasser

MODERNE UNTERSUCHUNGEN

Ursachen

Gefrierpunktserniedrigung

- $2 \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Löslichkeit von z. B. Hydrogencarbonaten nimmt mit steigender Temperatur ab
- Siedepunkt der Lösung ist geringer als der des reinen Lösungsmittels



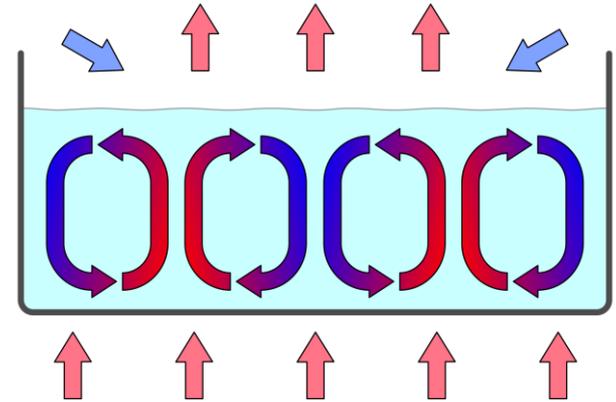
Phasendiagramm: Siedepunktserniedrigung

MODERNE UNTERSUCHUNGEN

Ursachen

Wärmezirkulation

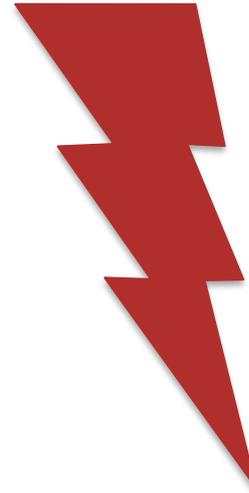
- Temperaturgradient führt zu Dichtegradient
- wärmerer Bereich geringerer Dichte steigt auf
- Konvektionseffekt beobachtbar
- bessere Durchmischung, stärkere Abkühlung
- Effekt für warmes Wasser stärker



Wärmeabgabe durch Konvektion

EINFLUSSPARAMETER

- Temperaturunterschied zwischen Gefäßen
- Wasseroberfläche/Gefäßform
- Umgebungstemperatur
- Wärmeleitfähigkeit des Gefäßes
- Unterkühlungseffekt
- Temperaturgradient im jeweiligen Gefäß
- gelöste Fremdstoffe



FAZIT

- keine Studie kann eine gute Reproduzierbarkeit nachweisen
- statistische Relevanz nicht gegeben
- niemand hat wirklich alle Parameter bedacht
- Störfaktoren lassen sich nicht vollständig eliminieren
- Ergebnisse unterliegen Fehlinterpretation
- **Mpemba-Effekt bis heute noch nicht geklärt**

KLEINE ZUSAMMENFASSUNG

WARUM GEFRIERT HEIßES WASSER SCHNELLER? DER MPEMBA-EFFEKT | #PHILIPSLAB

<https://www.youtube.com/watch?v=S0kRt20MHVQ>



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

VIELEN DANK!

Johannes Klimke, Lukas Kraatz, Niklas Wohlfarth
Fakultät für Chemie und Mineralogie