

Physik des Espresso-Kännchens

von

Axel Donges

erschieden in

Naturwissenschaften im Unterricht Physik 1+2/16 (2005), S. 47

1. Einleitung

Fast jeder dürfte das in Abbildung 1a dargestellte Espresso-Kännchen (Macchinetta) schon einmal gesehen oder betrieben haben. Grund genug, sich einmal mit dem physikalischen Prinzip des Espresso-Kännchens zu beschäftigen!

2. Aufbau und Funktionsprinzip

Das mit Wasser und Espressopulver gefüllte Espresso-Kännchen (siehe Abbildung 1b) wird auf die Herdplatte gestellt und so das Wasser im unteren Teil des Kännchens (Boiler) erhitzt. Sobald das Wasser (bei einem angenommenen Luftdruck von 1013 hPa) die Siedetemperatur von 100 °C erreicht hat, beginnt das Wasser zu sieden. Der damit verbundene Druckanstieg drückt das siedende Wasser aus dem Boiler in das obere Auffanggefäß. Dabei durchströmt das heiße Wasser das Espressopulver. Das Espresso-Kännchen stellt im Prinzip eine Dampfmaschine dar, die die zugeführte Wärmeenergie teilweise in mechanische Hubarbeit umwandelt.

a)



b)

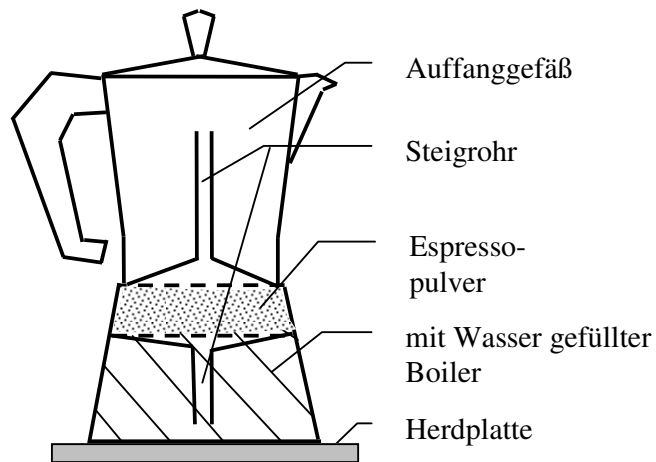


Abb.1: Espresso-Kännchen (Machinetta)

3. Das Espresso-Kännchen-Paradoxon

Tabelle 1 zeigt den Dampfdruck von Wasser bei verschiedenen Temperaturen. Steigt, thermisches Gleichgewicht vorausgesetzt, beispielsweise die Wassertemperatur von 20 °C auf 60 °C an, so steigt der Dampfdruck von Wasser (und damit auch der Gesamtdruck im Boiler) um $199,2 \text{ hPa} - 23,4 \text{ hPa} = 175,8 \text{ hPa}$ an. Dieser Druckanstieg wäre in der Lage, den Wasser-

spiegel knapp 18 cm anzuheben. Dies würde bedeuten, dass bereits bei einer Wassertemperatur von weniger als 60 °C das Wasser in das obere Auffanggefäß gedrückt werden würde, was jedoch nicht beobachtet wird. Wie ist diese Diskrepanz zu erklären?

Zur Erklärung muss der Unterschied zwischen Verdunsten und Sieden beachtet werden. Liegt die Temperatur des Wasser (z.B. 60 °C) unterhalb der Siedetemperatur (z.B. 100 °C bei einem Druck von 1013 hPa), so wird der Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand als Verdunsten bezeichnet. Im Unterschied dazu spricht man von Sieden, wenn das Wasser die Siedetemperatur erreicht hat und siedet. Das Verdunsten geht im Vergleich zum Sieden nur sehr langsam voran. Beispiel: Ein Glas Wasser benötigt zum Verdunsten bei Zimmertemperatur viele Tage, während das Verdampfen der gleichen Menge Wasser beim Sieden (je nach Größe der Oberfläche) nur wenige Minuten benötigt. Beim Verdunsten baut sich der Sättigungsdampfdruck (siehe Tabelle 1) über eine sehr lange Zeitspanne auf. Beim Verdunsten geht das wesentlich schneller. Dies erklärt, warum der Druck im Boiler während der nur wenige Minuten dauernden Heizphase quasi unverändert bleibt und erst mit Erreichen der Siedetemperatur ein schneller Druckanstieg einsetzt, der das Wasser binnen weniger Sekunden in das Auffanggefäß pumpt.

Tabelle 1: Dampfdruck von Wasser bei verschiedenen Temperaturen

Temperatur in °C	20	40	60	80	100
Dampfdruck in hPa	23,4	73,8	199,2	473,4	1013

4. Zusammenfassung

Das Wasser im Boiler des Espresso-Kännchens wird erhitzt. Dabei bleibt der Druck im Boiler praktisch konstant: In der nur wenige Minuten dauernden Heizphase *verdunstet* so gut wie kein Wasser. Sobald die Siedetemperatur des Wassers jedoch erreicht ist, beginnt das Wasser „heftig“ zu verdampfen und folglich steigt der Dampfdruck innerhalb weniger Sekunden merklich an. Wie bei einer Dampfmaschine ist der Wasserdampf in der Lage, mechanische Arbeit zu verrichten. Er befördert das Wasser aus dem Boiler in das darüber liegende Auffanggefäß. Dabei durchströmt das heiße Wasser das ESPRESSOPULVER und wird zu trinkbarem Espresso.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. Axel Donges, Fachhochschule und Berufskollegs nta
Prof. Dr. Grübler gGmbH, Seidenstraße 12-35, 88316 Isny im Allgäu