

Was passiert eigentlich, wenn ich mal keinen Lüfter auf meinem Prozessor habe? - Versuche mit der Wärmebildkamera

Alexander Strahl*, Rainer Müller*

* TU-BS, IFdN, Abteilung: Physik und Physikdidaktik,
Pockelsstraße 11, 38106 Braunschweig

Kurzfassung

Wärmebildaufnahmen stellen eine sehr gute Möglichkeit da, thermodynamische Prozesse anschaulich zu verdeutlichen. Sowohl zeitliche als auch räumliche Vorgänge lassen sich zeigen. Die hier untersuchten Phänomene gehen vom Schreiben mit Kältespray über den Bénard-Effekt bis zur „Prozessorerschmelze“. Da Wärmebildkameras im Moment noch sehr teuer sind, werden alle Bilder und Videos zur Verfügung gestellt.

1. Versuche

In diesem Artikel werden spannende und spektakuläre Versuche gezeigt, die sich mit einer Wärmebildkamera durchführen lassen. Zu allen Versuchen stehen die Wärmebildvideos zum Download bereit. Zum einen ist bei den einzelnen Versuchen ein direkter Link angegeben, zum anderen sind die Filme im Internet zu finden:

<http://www.strahl.info/waermebilder.php>

Bei YouTube kann man sich die Videos ansehen:

<http://www.youtube.com/user/PhysikFilme>

1.1 Schreiben mit Kältespray

Es ist möglich mit „Kälte“ zu schreiben. Hierfür lässt sich z. B. kaltes Wasser verwenden. Viel eindrucksvoller ist aber die Benutzung von Kältespray, wie in Abbildung 1 gezeigt und im Video demonstriert. Die Wärmebildkamera macht die Schrift sichtbar.

Es ist gut zu erkennen, dass Punkte, die länger angesprüht wurden, länger kalt bleiben und dass die Schrift sich wieder auflöst, da sich die abgekühlten Stellen wieder erwärmen. Es hat sich herausgestellt, dass es spannend ist, mit unterschiedlichen Hintergrundmaterialien zu arbeiten, wie z. B. Holz, Stein oder Karton. Beim Ausprobieren hat sich z. B. die Feuerschutzunterlage für Bunsenbrenner als sehr gut herausgestellt.

Video – Spannende Versuche (2fache Geschw.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/versuche_2fache.wmv

Video – Physik:

http://www.strahl.info/versuche_waerme/physik.wmv

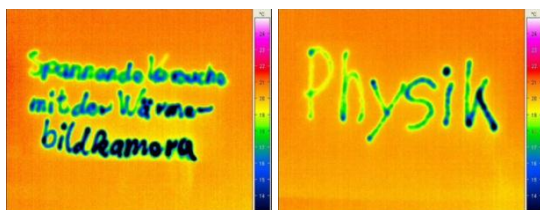


Abb.1: Kältespray

2.2 Motherboard

Die Idee, das Innenleben eines PCs mit einer Wärmebildkamera zu betrachten, scheint sehr reizvoll, da jedem bekannt sein sollte, dass einige Bauteile gekühlt werden müssen (Abb. 2 links). Aber was passiert, wenn man den Kühler vom Prozessor entfernt und ihn dann anschaltet (Abb. rechts)? Beeindruckend ist es, zu sehen, wie sich der Prozessor unmittelbar auf 250°C erhitzt und bei dieser Temperatur für einige Minuten stabil bleibt, um dann durchzubrennen. Interessant ist, dass die Spannungsstabilisatoren (oberhalb des Prozessorsockels) ebenfalls sehr heiß werden. Während der Aufnahme war ein lautes hohes Pfeifen zu vernehmen, welches abrupt mit dem Durchbrennen endete.

Bei diesem Versuch wurde ein AMD XP 1600+ verwendet, da hier der „Die“ (der eigentliche Prozessorkern) offen liegt und nicht, wie bei den meisten Prozessoren, unter einer Metallabdeckung verborgen ist. Nach diesem Versuch waren das Motherboard, der Prozessor und der Trafo unbrauchbar. Außerdem muss auf mögliche Explosionsgefahr hingewiesen werden, sodass geeignete Schutzmaßnahmen getroffen werden sollten. Auf der Website sind die Videos mit normaler Geschwindigkeit zu finden.

Video – Motherboard normal (25fache Geschw.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/motherboard_normal_25fache.wmv

Video – Motherboard Kernschmelze (4fache G.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/motherboard_ausbrennen_4fache.wmv

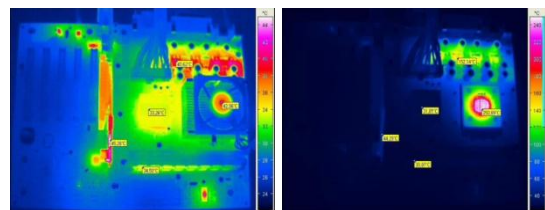


Abb.2: Motherboard

2.3 Widerstandsdraht

Spannt man einen Widerstandsdraht (Isachrom-60) zwischen zwei Klemmen und schließt den Stromkreis, so lässt sich erkennen, dass sich der Draht sehr schnell erwärmt. Die Erwärmung des Drahtes ist auf seiner gesamten Länge gleich. Ab der Mitte wurde eine „Seele“ eingesteckt (ein Bleistift) um die Erwärmung der Umgebung zu verdeutlichen. Dort wo „Material“ ist, wärmt sich die Umgebung schneller auf. An den anderen Stellen wird der Draht von der Luft gekühlt. Nach 30 Sekunden wird im Film mit Druckluft auf den Bleistift gesprüht, um die Kühlung von Luft zu verdeutlichen. Nach 40 Sekunden wird der Stromkreis geöffnet. Der Draht kühlt schnell ab, der Bleistift bleibt länger warm.

Video – Widerstandsdraht:

http://www.strahl.info/versuche_waerme/widerstandsdraht.wmv

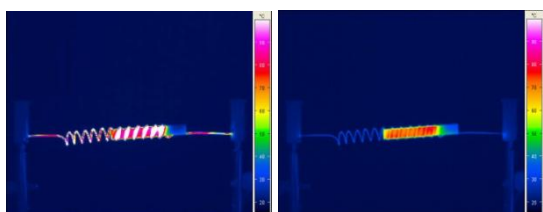


Abb.3: Widerstandsdraht

2.4 Batterie

Eine 9-Volt-Blockbatterie besteht aus 6 einzelnen Zellen, von jeweils 1,5 Volt. Ein spektakuläres Ergebnis lässt sich mit der Wärmebildkamera erzielen, wenn man die äußere Metallhülle der Batterie entfernt und sie dann kurzschließt. In Abbildung 4 ist zu erkennen, dass sich die Zellen sehr stark aufheizen. Interessant ist, dass sich während des „Leerens“ der Batterie einzelne Zellen stärker erhitzen als andere. Es hat den Anschein, als ob die Zellen nacheinander „ausbrennen“. Es zeigte sich, dass nicht jeder 9-Volt-Block geeignet ist. Bei diesem Versuch muss darauf hingewiesen werden, dass beim Kurzschließen einer Batterie Explosions- und Feuergefahr besteht. Dies wird durch die starke Erhitzung (über 90°C) der Batterie in Abbildung 4 rechts gut illustriert. Schutzbrille, Schutzhandschuhe und Abstand sind hier unerlässlich.

Video – Batterie 1 (16fache Geschw.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/batterie_1_16fache.wmv

Video – Batterie 2 (16fache Geschw.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/batterie_2_16fache.wmv

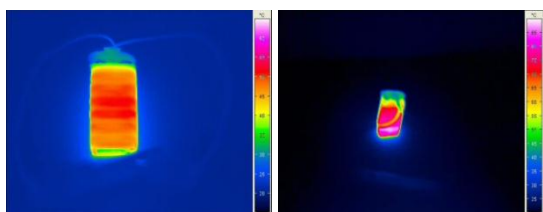


Abb.4: Batterie

2.5 Flamme

Durch das Umherzüngeln der Flamme und das Erhitzen der Luft ergeben sich eindrucksvolle Bilder bei der Betrachtung von Flammen mittels Infrarotkamera. Eine Bunsenbrennerflamme ist dann am heißesten, wenn das Luftventil geöffnet ist. Vergleicht man die beiden Bild in Abbildung 5, ist gut zu erkennen, dass sich die höchste Temperatur über dem blauen Kegel (Bild rechts) ergibt. Die Angabe einer absoluten Temperatur ist hier wegen der komplexen Emissionseigenschaften der Gase und Rußpartikel in der Flamme nicht sinnvoll.

Im Video ist das Ventil erst ungeöffnet, wird dann geöffnet und wieder geschlossen. Das Wärme- und Realvideo laufen zeitliche synchron ab.

Video – Flamme (Wärmevideo):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/flamme.wmv

Video – Flamme (Realvideo):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/flamme_video.wmv

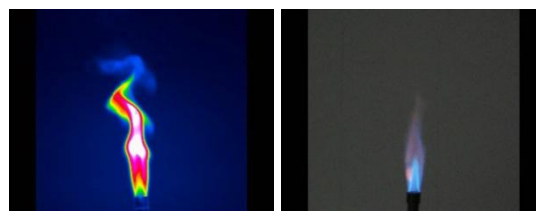


Abb.5: Flamme

2.6 Milch

Mittels einer Wärmebildaufnahme kann man den Füllstand einer Milchtüte messen. Durch die kalte Flüssigkeit kühlt sich die Packung bis zum Füllstand ab. Im Video ist der träge Prozess der Abkühlung der Packung beim Schrägstellen gut zu sehen.

Video – Milch (4fache Geschw.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/milch_4fache.wmv

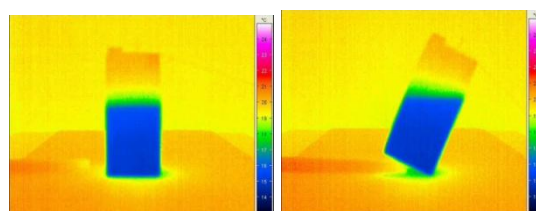


Abb.6: Milch

2.7 Taschenwärmer

Bei den heute üblichen Knickwärmern wird der Effekt der unterkühlten Schmelze verwendet. In einer speziellen Flüssigkeit (z. B. Natriumacetat-Trihydrat) wird durch Knicken eines Metallplättchens ein Kristallisationskeim geschaffen, der die Kristallisation ermöglicht. Eine detaillierte Beschreibung ist von J. Schormann und B. Priemer in [1] zu entnehmen.

Eines der Videos zeigt im Zeitraffer das Abkühlverhalten des Knickwärmers. Die Wärme- und Realvideos laufen zeitlich synchron ab.

Video – Taschenwärmer (IR):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/taschenwaermer_1fache.wmv

Video – Taschenwärmer (Real):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/taschenwaermer_video.wmv

Video – Taschenwärmer (IR – 25 fache Geschw.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/taschenwaermer_25fache.wmv

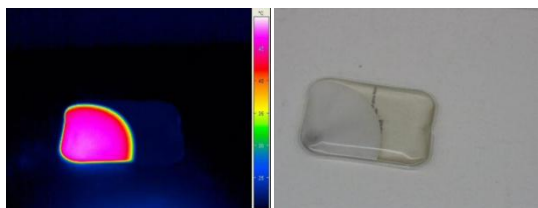


Abb.7: Knickwärmer

2.8 Kaltes Wasser und warmes Wasser

Bei diesem Versuch wurde dieselbe Menge warmes Wasser in kaltes Wasser geschüttet. Man kann erkennen, wie sich das Wasser mischt und sich eine einheitliche Temperatur einstellt.

Die beiden Videos zeigen zwei unterschiedliche Aufnahmen. Das erste Video wurde von der Seite aufgenommen und das Wasser in eine Plastiktüte geschüttet. In Video 2 wurde das Wasser in eine Glasschüssel gegossen.

Video – Wasser und Wasser (Tüte):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/wasser_kalt_wasser_warm_tuete.wmv

Video – Wasser und Wasser (Glas):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/wasser_kalt_wasser_warm_glas.wmv

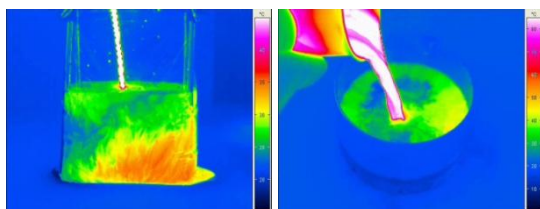


Abb.8: Wasser und Wasser

2.9 Kaltes Wasser und warmes Öl

Schöne Effekte kommen zustande, wenn man Öl und Wasser mit unterschiedlichen Temperaturen vermischt. Durch die unterschiedlichen Dichten entmischen sich die beiden Flüssigkeiten und man kann den Wärmeaustausch zwischen Öl und Wasser betrachten. Als Erstes wurde auf kaltes Wasser warmes Öl gegossen. Die Temperaturschichtung im Öl und im Wasser ist stabil; konvektive Ausgleichsströmungen finden nicht statt. Nach 40 Sekunden wurde das Gemisch durchgerührt.

Diese beiden Videos zeigen denselben Vorgang, lediglich zur besseren Illustration mit zwei unterschiedlichen Temperaturskalen.

Video – Wasser und Öl, Skala 0-100:

http://www.strahl.info/versuche_waerme/wasser_kalt_oel_warm_00_100_2fache.wmv

Video – Wasser und Öl, Skala 50-65:

http://www.strahl.info/versuche_waerme/wasser_kalt_oel_warm_50_65_2fache.wmv

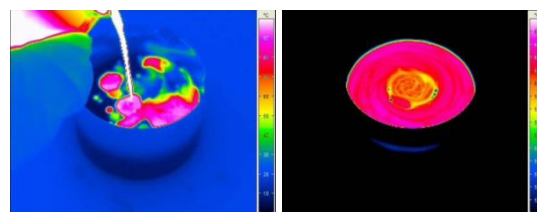


Abb.9: Wasser und Öl

2.10 Warmes Wasser und kaltes Öl

Als sehr beeindruckend hat sich aber das umgekehrte Verhältnis herausgestellt. Schüttet man kaltes Öl auf warmes Wasser, lassen sich zwei Erscheinungen beobachten. Da die Temperaturschichtung nun instabil ist (niedrige Temperatur oben, hohe unten), werden konvektive Ausgleichsströmungen in Gang gesetzt. (Abb. 10 links unten). Damit verknüpft ist der Bénard-Effekt, die Entwicklung von Konvektionszellen. Er tritt erst nach einiger Zeit auf und ist sehr gut in Abbildung 10 rechts oben zu sehen. In der optischen Fotografie rechts unten sind die Effekte nicht zu erkennen; sie werden erst in der Infrarotaufnahme sichtbar.

Zur besseren Illustration sind ebenfalls zwei unterschiedliche Temperaturskalen verwendet worden.

Video – Wasser und Öl (Glas, 4fache), Skala 10-90:

http://www.strahl.info/versuche_waerme/oel_kalt_wasser_warm_glas_4fache_10_90.wmv

Video – Wasser und Öl (Glas, 4fache), Skala 50-60:

http://www.strahl.info/versuche_waerme/oel_kalt_wasser_warm_glas_4fache_50_60.wmv

Video – Wasser und Öl (Tüte, 4fache Geschw.):

http://www.strahl.info/versuche_waerme/oel_kalt_wasser_warm_tuete_4fache_10_90.wmv

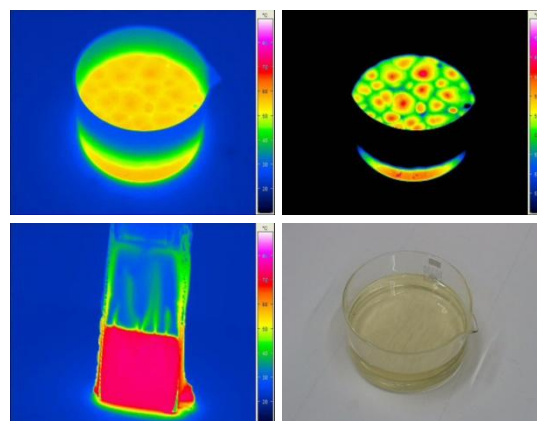


Abb.10: Wasser und Öl

3. Literatur

- [1] SCHORMANN, Jennifer; PRIEMER, Burkhard (2009): Der „Knickwärmer“ im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule - Versuche mit der Wärmebildkamera 8/57, S. 26-31