

# Die Entdeckung des Unsichtbaren jenseits des Rotlichtmilieus

In unserer Welt ist mehr unsichtbar als mit dem bloßen Auge erkennbar. Das gilt für Wärme und sogar für Licht. Was für manchen nach Mystik klingen mag, ist Physik. Ein Versuch zeigt, warum das so ist und wie Unsichtbares sichtbar gemacht werden kann

Von Gernot Stegert

Ob ein Gegenstand warm oder kalt ist, kann man mit der bloßen Hand fühlen. Will man es genau wissen, hilft ein Thermometer. Doch was macht man eigentlich, wenn etwas so heiß ist, dass man sich die Finger verbrennen, ja dass sogar jedes Messinstrument schneller schmelzen würde als Eis in der Sommersonne? Beim Start einer Rakete etwa kann man so wenig etwas ans Feuer „ranhalten“ wie es die Stahlkocher im 19. Jahrhundert an die flüssige heiße Masse konnten. Damals suchten Physiker nach Lösungen und kamen auf die optische Messtechnik. Denn Sehen können Menschen im Gegensatz zum Fühlen aus der Distanz.

Einer der zehn Versuche im „School-Lab“ (Schüler-Labor) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Lampoldshausen führt die Grundlagen der heutigen optischen Messtechnik vor Augen. Er macht damit selbst Unsichtbares – nämlich abstrakte Gesetze und Formeln der Physik – sichtbar.

An diesem Vormittag ist eine elfte Klasse aus Sindelfingen zu Gast. Vier Schülerinnen setzen sich zu Bettina Dollmann. Die promovierte Chemikerin beginnt anschaulich. Sie lässt ein Experiment nachbauen, das nach dem Astronomen Sir Frederick William Herschel (1738-1822) benannt ist. Der zerlegte im Jahr 1800 das Licht der Sonne mit einem Prisma in seine Spektralfarben und maß mit einem Quecksilberthermometer die Temperatur jeder Farbe. Ähnlich auch die Elfklasslerinnen heute.

Zuerst wird die Umgebungstemperatur abgelesen. Es sind 22,7 Grad Celsius. Zina Bretzel notiert für alle den Wert. Das Licht strahlt weiß bis zum Glasprisma und fällt von dort zerlegt fast im rechten Winkel auf eine schwarze Wand. Dort ist ein etwa 20 mal 30 Zentimeter großes farbiges Rechteck zu sehen. Zuerst hält Bettina Dollmann einen Thermofühler vor den violetten Farb-



Warmes Gesicht und eine kalte Nase: Ein Aussteller auf einer Fachmesse in Frankfurt demonstriert eine Wärmebildkamera. (Foto: dpa)

streifen, dann vor den blauen, grünen, gelben, orangen. Zina Bretzel schreibt auf ihren Block die Werte: 22,0 und 23,2 und 27,9 und 33,1 und 35,5 Grad Celsius. „Und wird es im roten Licht noch heißer? Verbrenne ich meinen Finger, wenn ich den da reinhalte?“ Die Schülerinnen zögern mit dem Ja, das schon auf den Lippen lag. Die Fragestellung macht sie hellhörig. Zu recht. Denn wirklich: Im Rotlichtmilieu sind es nur noch 30,2 Grad. Es gibt also ein Temperaturmaximum im orangen Bereich. „Und im

diesen Wert. Larissa Pfeiffer hat nun die Aufgabe, die Daten in eine vorbereitete Tabelle am Computer zu übertragen. Kaum getan, erscheint auf dem Bildschirm schon ein Diagramm mit einer Kurve der Temperaturverteilung. Erkennbar wird auf einen Blick, dass das sichtbare Licht, also das Farbspektrum, nur ein kleiner Ausschnitt aus der gesamten Strahlung ist.

Physikalisch gesehen besteht Licht aus elektromagnetischen Wellen. Diese haben eine jeweils bestimmte Länge und Frequenz (die

und je kürzer die Wellen, desto höher Frequenz und Energie. Blaues Licht hat kürzere Wellen und mehr Energie als rotes.

Zugrunde liegt die genau 100 Jahre alte Formel  $E = h \cdot \nu$  von Albert Einstein. Dabei steht  $E$  für Energie und  $\nu$  für die Frequenz,  $h$  ist eine Konstante, die Max Planck einführte. Sie heißt Plancksches Wirkungsquantum. Der deutsche Physiker stellte nämlich 1900 fest, dass Licht nicht kontinuierlich, sondern in kleinen Portionen abgegeben wird. Diese nannte er Energiequanten

sichtbaren Lichts messen und in sichtbares übersetzen. Dazu sind sie gleichsam geeicht. Ein Programm weist bestimmten Werten „jenseits von Rot“ andere im Diesseits zu und ordnet diese als Pixel in einer Bildfläche an. So lassen sich denn auch in stockfinsterner Nacht Menschen erkennen, weil sie Wärme ausströmen, das heißt: entsprechende Wellen aussenden. Es lassen sich aber auch vom Satelliten im Weltall aus Waldbrände lokalisieren.

Und weil das DLR über eine Wärmebildkamera verfügt, können die vier Schülerinnen das nun auch ausprobieren. Sie tun es ausgiebig, reihum und mit wachsender Begeisterung nach über zwei Stunden voller Physik mit reichlich Theorie. Anja Kienle nimmt zuerst Zina Bretzels Kopf ins Visier. Rot leuchtet das Gesicht, nur gelb die Haare und die offensichtlich kühle Nase. Der clowneske Anblick trägt zur wechselseitigen Erheiterung bei. Auch wer kalte Hände hat, ist schnell festgestellt: Larissa Pfeiffer erkennt sie bei Anja.

Für Erstaunen sorgt, wie gut Wärmeabdrücke der Hände auf dem Tisch noch minutenlang zu erkennen sind. Und auch die bisher meist still zuschauende Rebecca König wird nun aktiv. So anschaulich kann Physik sein, so sichtbar anscheinend unsichtbares Wissen.

## Wärmestrahlung



Häufigkeit der Schwingungen in der Zeit). Die Farben Violett bis Rot liegen im Bereich der Wellenlänge von 380 bis 750 Nanometer. Die Einheit ist ein milliardstel Meter. Gamma- und Röntgenstrahlen sowie Ultraviolett- (UV-) Licht liegen unter, Infrarot- (IR-) Licht und Radiowellen über dem sichtbaren Bereich (siehe Grafik in der Mitte). Je länger die Wellen, desto geringer die Frequenz und damit auch Ener-

gie und begründete damit die Quantenmechanik.

Doch was nutzen nun diese Erkenntnisse für die Temperaturmessung? Nun, heute wird mit Infrarot- oder Wärmebild-Kameras gearbeitet. Der Ausdruck ist eigentlich ein Widerspruch in sich. Denn Infrarotlicht ist ja unsichtbar und eine Kamera lichtet gewöhnlich Sichtbares ab. Das Prinzip ist aber, dass die modernen Geräte den Anteil des un-

und begründete damit die Quantenmechanik.

Doch was nutzen nun diese Erkenntnisse für die Temperaturmessung? Nun, heute wird mit Infrarot- oder Wärmebild-Kameras gearbeitet. Der Ausdruck ist eigentlich ein Widerspruch in sich. Denn Infrarotlicht ist ja unsichtbar und eine Kamera lichtet gewöhnlich Sichtbares ab. Das Prinzip ist aber, dass die modernen Geräte den Anteil des un-

## Durchblick im Weltraum wie im Haushalt

Infrarotlicht hilft Wissenschaftlern und Ingenieuren genauso wie Handwerkern, Landwirten und Privatpersonen im Alltag

Von Bernhard Heislbetz

Infrarotes Licht wird auch als Wärmestrahlung bezeichnet. Denn „warme“ Körper senden entsprechend ihrer Temperatur einen charakteristischen Anteil dieser Form des Lichts. Und warm ist ein Objekt, wenn seine Temperatur über dem absoluten Temperaturnullpunkt bei 0 K (Kelvin), das entspricht -273,15°C, liegt. Somit geben alle festen Körper, wie etwa die Sonne, ein glühendes Stück Eisen oder sogar Eiswürfel, Wärme in Form von elektromagnetischen Wellen ab. Diese Eigenschaft macht man sich heute in der IR-Diagnostik zu nutzen.

So nutzten Astrophysiker, bei Untersuchungen kosmischer Objekte

oder Vorgänge die IR-Transmissivität (die Durchlässigkeit für infrarotes Licht) interstellarer Materie aus, um durch optisch undurchsichtigen Sternstaub und Gaswolken zu blicken. Mit dem satellitengestützten IR-Teleskop „Spitzer“ können so Infrarotwellen aus den ältesten und dunkelsten Bereichen des Universums erfasst werden und ermöglicht den Forschern einen Blick in die Kinderstube unseres Universums.

Die Optische Diagnostik im langwelligen Teil des elektromagnetischen Spektrums hilft auch Wissenschaftlern und Ingenieuren am DLR-Standort Lampoldshausen bei der Entwicklung zukünftiger Raketenbrennkammern oder Düsenstrukturen. Durch die qualitative und quantitative Erfassung der Wärmeströme, die bei einem Heißlauf einer Modellbrennkammer oder dem Prototyp einer neuen Düsenform auftreten, können neue Erkenntnisse zur Verbesserung der Strukturen oder der Auslegung von



Auch Nachtsicht-Assistenten im Auto funktionieren durch Infrarot. (Foto: dpa)

Kühlkanälen an den Düsen gewonnen werden, um dort Materialversagen durch Überhitzung an lokalen, heißen Wärmezonen (Hot-Spots) zu vermeiden

Auch Waldbrände sind Wärmezonen, von denen, insbesondere in bevölkerungsdichten Regionen, große Gefahr ausgehen kann und die sich, bei einer großflächigen Ausdehnung, negativ auf das Öko-

system auswirken. Durch deren frühzeitige Entdeckung können Brandkastastophen verhindert und Feuerwehreinsätze bei bestehenden Bränden gezielt koordiniert werden. Hierzu wurde vom DLR der Satellit „BIRD“ entwickelt und – ausgestattet mit einer hochpräzisen Zweikanal-Infrarot-Sensorik – in den erdnahen Orbit geschossen. Von dort aus scannen seine Senso-

ren den gesamten Globus nach Hot-Spots (Busch-, Steppen-, und Waldbränden oder Vulkanausbrüchen) ab und ermöglichen so eine frühstmögliche Bekämpfung, auch wenn starke Rauchentwicklung und eine dichte Wolkendecken im Blick sind.

DLR-High-Tech findet auch in der Land- und Forstwirtschaft Anwendung. Mit dem Wildretter soll verhindert werden, dass jährlich beim Abernten von Wiesen und Feldern Wildtiere, wie Rehe, Wildschweine, Hasen usw. von den Mähwerken erfasst und verstümmelt oder getötet werden. Auch hier wird mittels IR-Sensoren die Körperwärme der Tiere registriert.

Doch auch in den privaten Alltag hat die IR-Messtechnik bereits Einzug gehalten. Handwerker können heute mit IR-Kameras überprüfen, wo sich an einem Haus Wärmebrücken befinden, die es zu isolieren gilt, damit das teure Öl nur zum beheizen des Wohnraums und nicht der Umgebung genutzt wird.

## Wer macht mit?

### Wem geht ein Licht auf?

Welches Licht hat die höchste Energie?

- a) Infrarot  
b) Gelb  
c) UV-Licht



Schreiben Sie den Buchstaben mit der Lösung auf und schicken Sie die unter dem Stichwort „Wissen, das abgeht“ an die Heilbronner Stimme, Redaktion „Wissen“, Postfach 2040, 74010 Heilbronn. Einsendeschluss ist der 31. Dezember.

Als Preise winken: 1. Das DLR stiftet ein maßstabsgereutes Modell der Ariane 5. 2. Das Buch „Berge aus dem All“ vom DLR. 3. Ein Taschen-Werkzeugkästchen der Sparkasse Heilbronn. Außerdem sind als besonderes Extra zu Weihnachten und zum neuen Jahr zehn hochwertige Kalender des DLR zu gewinnen.

Die Auflösung der Aufgabe mit der Bekanntgabe der Gewinner erfolgt auf der nächsten Wissensseite am 23. Januar.

### Sonderpreis zum Abschluss

## Besuch beim DLR gewonnen

Mitmachen lohnt sich – auch bei „Wissen, das abgeht“. Die ersten Preise sind vergeben und am Ende aller Seiten und Aufgaben wird unter allen Einsendern ein besonderer Leckerbissen verlost: Das „Forum Ariane“ hat einen Hauptpreis im Wert von bis zu 500 Euro gestiftet.

Zum Start des Projekts „Wissen, das abgeht“ war nach dem Winkel gefragt, den die Schüler im ausführlich beschriebenen Experiment mit der Wasserrakete errechnen mussten. Die richtige Lösung ist c) 56 Grad bzw. 59 Grad. Die meisten Einsender kamen darauf.

Den ersten Preis hat Jochen Gebert aus Schwaigern gewonnen. Er darf das DLR in Lampoldshausen besuchen und dabei den Raketen-Prüfstand in Augenschein nehmen, das Museum sowie das „School-Lab“ besichtigen. Der zweite Preis geht an Steffen Strelbe aus Eberstadt. Er kann sich auf Hochglanzsatellitenaufnahmen in dem prächtigen Bildband „Kunstwerk Erde“ des DLR freuen. Corina Heinzmann aus Heilbronn erhält als dritten Preis ein praktisches Taschen-Werkzeugkästchen der Sparkasse Heilbronn. Auch Werner Schmelzele aus Künzelsau geht nicht leer aus. Er bekommt den Trostpreis. (sg)

### Zum Nachschauen

## Wissen geht auch im Internet ab

„Wissen, das abgeht“ findet sich mittlerweile auch im Internet. Unter [www.stimme.de](http://www.stimme.de) können alle erschienenen Beiträge in einem Special nachgelesen und die Seiten sogar als PDF-Datei heruntergeladen werden. Darüber hinaus bieten wir aktuelle Wissenschaftsartikel zu anderen Themen an. Vom „Wissen, das abgeht“-Logo oberhalb der Artikel ist über einen Link die Homepage des „School-Lab“ des DLR zu erreichen. Die Seite kann natürlich auch direkt angesteuert werden unter [www.schoolab.dlr.de/School-Lab/Lampoldshausen\\_Stuttgart](http://www.schoolab.dlr.de/School-Lab/Lampoldshausen_Stuttgart). Die Postanschrift lautet: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), School-Lab, Langer Grund, 74239 Hardthausen. (sg)

## Was ist was?

**Elektromagnetisches Spektrum** bezeichnet die Gesamtheit aller elektromagnetischen Wellen, von langen Radiowellen bis kurzen Gammastrahlen. **Infrarotstrahlung** beginnt ab 750 Nanometern Wellenlänge. **Thermographie** ist eine Visualisierungsmethode.