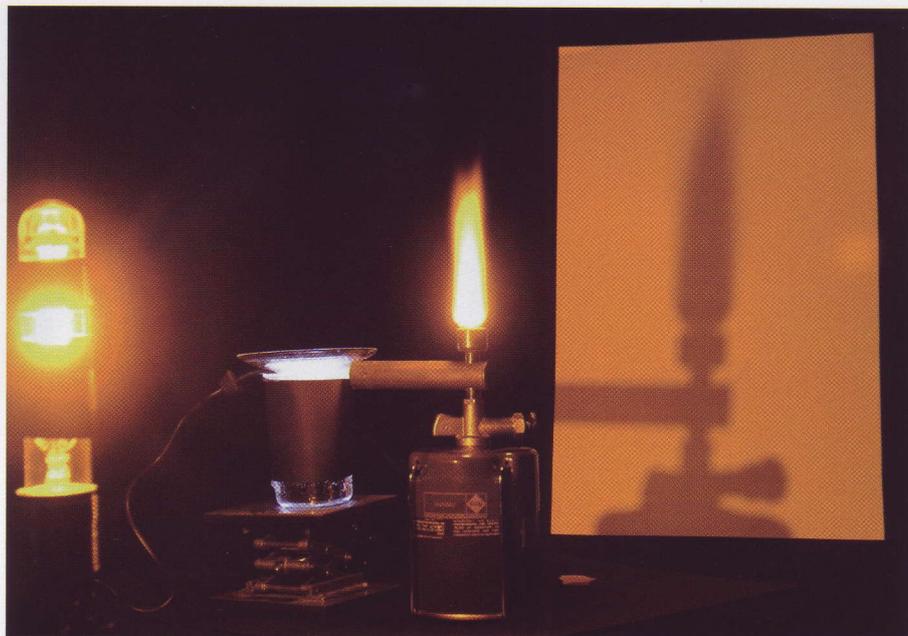


Kirchhoff zwei neue Elemente, Cäsium und Rubidium, entdeckten. Sie gaben ihnen die Namen nach der Färbung ihrer charakteristischen Spektrallinien. Die chemische Spektralanalyse ist also eine sehr empfindliche optische Methode, mit der man Informationen über die Stoffzusammensetzung in großer Entfernung gewinnen kann. Man kann zusätzlich, z. B. aus der Rotverschiebung charakteristischer Linien, etwa der Lyman- α -Linie des Wasserstoffatoms, auf die Entfernung der beobachteten Lichtquelle schließen. Das heißt, die Spektroskopie ist sowohl eine Analyse- als auch eine physikalische Methode der chemischen Zusammensetzung als auch der physikalischen Eigenschaften des beobachteten astrophysikalischen Objekts.

Heute kann man mit Hilfe der Quantenphysik erklären, dass es beim Übergang zwischen verschiedenen Energiezuständen im Atom oder Molekül zur Aussendung oder Absorption eines Photons charakteristischer Wellenlänge kommt. In Tabelle 1 ist der Zusammenhang zwischen der Art der Anregung und dem Wellenlängenbereich bzw. Frequenzbereich der emittierten oder absorbierten Photonen dargestellt [3]. Aus den beobachteten Linien lassen sich je nach Art der Anregung charakteristische Bindungsstärken (Kräfte zwischen den Atomen im Molekül) und/oder Bindungslängen (Abstände der Atome im Molekül) bestimmen. Aus diesen Analysen lassen sich durch Vergleich mit Labordaten die zugehörigen Moleküle eindeutig identifizieren. Durch die hohe Temperatur in der Sonnenatmosphäre liegen die chemischen Stoffe bei den Fraunhofer'schen Beobachtungen und in der Flamme der Laborexperimente von Kirchhoff und Bunsen vermehrt in atomarer Form vor, wodurch die Fraunhofer'schen Linien als charakteristisch für bestimmte Elemente (Atome) gefunden wurden. Die Spektroskopie ist auch heute noch das wichtigste Instrument zur Identifizierung astrophysikalischer Moleküle. Dabei wird inzwischen ein großer Teil des elektromagnetischen Spektrums ausgenutzt, wie man Tabelle 1 entnehmen kann.

Experimente im Unterricht

Im Weiteren werden zwei Laborexperimente vorgestellt, die auf sehr einfache Weise astrophysikalische Zusam-



2 Experimenteller Aufbau wie in Bild 1. Zugabe von Kochsalz in die Flamme bewirkt eine starke gelbe Emission der Flamme und eine starke Absorption bei derselben Wellenlänge, wie am Schattenwurf der Flamme ersichtlich.

menhänge im Labor demonstrieren. Die Aufbauten können leicht im Schulunterricht nachgebaut werden und sprechen Schüler und Studenten gleichermaßen an. Als erstes wird die Fraunhofer'sche F-Linie betrachtet. Der Aufbau ist in **Bild 1** dargestellt. Im linken Teil des Bildes dient eine in Betrieb befindliche Natriumdampflampe als Strahlungsquelle. Ihr typisches gelbes Licht, also die Emission der charakteristischen F-Linie, wird in alle Richtungen emittiert. Die sonst übliche Blende wurde entfernt, damit die Quelle des Lichts für das Experiment auch im Photo gut sichtbar ist. Die Lampe beleuchtet einen Bunsenbrenner mit Flamme in der Mitte des Bildes. Die Flamme dient, wie in den Experimenten von Bunsen und Kirchhoff, als Quelle für die Elemente, deren Absorptionslinien untersucht werden sollen. Rechts im Bild ist der Schattenwurf des Brenners auf einem Schirm als Detektor unseres Experiments gut ersichtlich. Die Flamme des Brenners ergibt dabei keinen Schattenwurf, lediglich ist eine leichte Schlierenbildung zu beobachten. Die Flamme leuchtet ein wenig bläulich mit einer schwachen gelblichen Einfärbung, die auch in diesem Experiment von einer geringen Verunreinigung mit Natrium herrührt.

Bild 2 zeigt denselben Versuchsaufbau. Allerdings wird dem Bunsenbrenner nun Kochsalz (NaCl) über das Ansaugrohr in der Mitte der Gaszufuhr

beigemischt. Das Kochsalz ist in Wasser gelöst und befindet sich in dem seitlich vom Brenner ersichtlichen Becherglas. Mittels Ultraschall werden gleichmäßig kleine Aerosoltropfen gebildet, die vom Brenner angesaugt werden. In einem einfacheren Aufbau kann man das Salz auch gleich auf den Brenner geben.

Dieses Kochsalz führt zu einer starken gelb-orangen Einfärbung der Flamme. Gleichzeitig ist ein klarer zusätzlicher Schattenwurf der Flamme am Schirm zu erkennen. Offensichtlich wird das Licht der Natriumdampflampe so stark durch die Absorption des Natriums in der Flamme abgeschwächt, dass sie auf dem Schirm einen Schatten wirft. (Der gesamte Schattenwurf in Bild 2 erscheint nicht so kontrastreich wie in Bild 1, da die helle Flamme selbst auf der charakteristischen Wellenlänge der F-Linie emittiert und den Schatten etwas überstrahlt. Diesen Effekt kann man leicht vermindern, indem man den Schirmabstand vergrößert. Hier wurde ein kleinerer Abstand gewählt, um möglichst alle Elemente des Aufbaus in einem Photo gut ersichtlich zu zeigen.) Der experimentelle Aufbau besteht aus allen wichtigen Elementen für ein Absorptionsexperiment, einer Strahlungsquelle (Na-Lampe), dem absorbierenden Gas (Flamme) und einem Detektor (Schirm). Durch die Verwendung monochromatischen Lichts ist es nicht notwendig, das Licht nach seiner Farbe