

## Exkurs

### Mikrogravitation

Eingangs hatten wir erwähnt, dass Fachleute lieber von „Mikrogravitation“ als von „Schwerelosigkeit“ sprechen. Dazu an dieser Stelle eine kurze Erläuterung. Ob Sie dies im Unterricht (bei älteren Schülerinnen und Schülern) thematisieren wollen, bleibt natürlich Ihnen überlassen.

Der Begriff „Mikrogravitation“ deutet an, dass hier Schwerelosigkeit nicht vollständig, sondern nur in größtmöglicher Näherung erreicht wird. Der Grund dafür sind sogenannte Rest-Beschleunigungen: kleine Störfaktoren, die die „Qualität“ der Schwerelosigkeit minimal, aber messbar beeinträchtigen. So bremst beispielsweise der Luftwiderstand eine Fallkapsel leicht ab, was den freien Fall und damit die Schwerelosigkeit beeinflusst. Selbst wenn die Luft in der Fallröhre großer Falltürme abgepumpt und so ein Vakuum erzeugt wird, stellen sich noch minimale Bremsereffekte durch die verbliebenen Luftmoleküle ein. Und auch auf der *ISS* spielt die Reibung an der – wenn auch nur extrem dünnen – Rest-Atmosphäre der Erde eine Rolle: Sie sorgt dafür, dass die Station permanent leicht abgebremst wird. Deshalb verliert die *ISS* täglich etwas an Höhe und muss gelegentlich durch Zündung der Triebwerke angedockter Versorgungsschiffe wieder angehoben werden.

#### Handversuch: Der Papier-Test

Wie stark sich der Luftwiderstand ganz grundsätzlich auf den freien Fall auswirkt, können Sie den Schülerinnen und Schülern durch einen kleinen Handversuch verdeutlichen. Nehmen Sie ein Blatt Papier und lassen Sie es zu Boden fallen. Danach knäulen Sie das Blatt zu einer Kugel zusammen, die Sie aus identischer Höhe ebenfalls fallen lassen. Die Zeitdifferenz ist offensichtlich und es ist auch klar: Beide Male fiel dasselbe Blatt Papier zur Erde, sodass die Masse also keine Auswirkungen auf die Dauer des Falls haben kann. Vielmehr ist der Luftwiderstand entscheidend, der je nach Form des fallenden Objekts stärker oder schwächer ist. Im Sinne einer Gegenprobe sei hinzugefügt: Bekanntlich würden im Vakuum beide Versuche dieselbe Zeitspanne benötigen.

Dass die *ISS* selbst in 400 Kilometern Bahnhöhe noch einen „Luftwiderstand“ erfährt, ist natürlich stark übertrieben formuliert. Aber immerhin gibt es auch im erdnahen Weltraum noch genügend Luftteilchen (wenn auch viele Milliarden weniger pro Kubikzentimeter als auf der Erdoberfläche), um die *ISS* merklich abzubremesen.

Hier liegt es nahe, kurz den Aufbau der Erdatmosphäre zu erwähnen. Sie können das an der Tafel durch eine Schichten-Grafik illustrieren, welche die vier „Etagen“ der Atmosphäre skizziert: nämlich von unten nach oben Troposphäre (0-15 km), Stratosphäre (15-50 km), Mesosphäre (50-80 km) und Thermosphäre (80-500 km). Interessante Aspekte sind in unserem Zusammenhang:

- Die höchsten Berge der Erde sind über 8000 Meter hoch. Dort benötigen die meisten Bergsteiger bereits Sauerstoffgeräte, weil die Luft so dünn ist.
- Wer in einem Flugzeug in typischer Reiseflughöhe von 10000 Metern sitzt, hat schon mehr als zwei Drittel der Luftmassen der Erde unter sich: Etwa 70 % der Luftmassen befinden sich in den unteren 10 Kilometern unserer Atmosphäre.
- Wetterballons steigen oft auf 20 bis 30 Kilometer Höhe auf.
- Der Übergang in den Weltraum ist zwar fließend; um aber eine Grenze zu ziehen, gilt allgemein die Höhe von 100 Kilometern (nach anderer Definition 80 Kilometer) als Beginn des Weltraums.

Die Qualität der Schwerelosigkeit kann auf der Raumstation durch weitere Störfaktoren beeinträchtigt werden: Jede Erschütterung hat eine – wenn auch manchmal nur minimale – Beschleunigung in die eine oder andere Richtung zur Folge. Dockt ein Raumschiff an, überträgt sich dieser Impuls natürlich auf die ganze Station. Wird die *ISS* gar durch Zündung der Triebwerke eines angedockten Versorgungsschiffs angehoben, ist die Schwerelosigkeit für die ganze Dauer dieses Manövers gestört: Zwar tritt hier keine Beschleunigung wie beim Start einer Rakete auf – aber das Prinzip ist dasselbe. Und selbst ein Astronaut, der auf einem Fahrrad-Ergometer Sport treibt, löst minimale Erschütterungen aus (wenn auch durch entsprechende Vorrichtungen extrem gedämpft). Das alles muss berücksichtigt werden, wenn besonders sensible Experimente etwa zur Kristallzüchtung auf dem Programm stehen.