



KIRSTEN BIEDERMANN · EMMANUEL THIBAUT

# GETRÄNKE MIT KICK



 Energydrinks, isotonische Getränke, Koffein, Zucker, Leistung

 Chemie, Biologie, Physik, Mathematik

 Teil 3.1: 14–18 Jahre und Teil 3.2: 8–18 Jahre.

Das Kennenlernen der Inhaltsstoffe von Energydrinks und deren Gefahren für die Gesundheit ist für alle Schüler zwischen 8 und 18 Jahren geeignet.

## 1 | ZUSAMMENFASSUNG

Der Markt bietet eine ganze Reihe von Energydrinks, Powerdrinks oder revitalisierenden Getränken mit deklarierten Inhaltsstoffen, die leistungsfördernd wirken, aber auch gesundheitliche Gefahren mit sich bringen können. Hier machen wir einige Vorschläge zur Aufklärung über diese Getränke und bieten Methoden an, wie man ihre Inhaltsstoffe und deren Auswirkungen auf die Gehirn- und Muskelaktivität erforschen kann.

## 2 | VORSTELLUNG DES KONZEPTS

In dieser Unterrichtseinheit geht es um Getränke mit Bezug zu Fußball und zu Sport im Allgemeinen. Heutzutage kommen immer mehr Getränke auf den Markt, die zu einer Verbesserung der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit der Konsumenten führen sollen.

Dies sind die Hauptfragen in diesem Projekt:

- Woraus bestehen diese Getränke? Wie können wir ihren Inhalt analysieren?
- Welche Auswirkungen haben sie auf die geistige und körperliche Aktivität? Wie können wir diese Auswirkungen messen?

Der Fokus liegt hierbei auf drei unterschiedlichen Arten von Getränken:

- Energydrinks: erhöhen den Puls und den Blutdruck
- Isotonische Getränke: liefern Zucker und Mineralstoffe zur Förderung der Muskel- und Gehirnaktivität
- Lebenswichtige Getränke: Wasser

## 3 | AUFGABE DER SCHÜLER

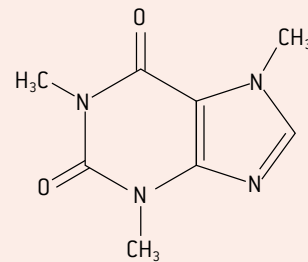
### 3 | 1 | Energydrinks

Energydrinks sind Getränke, die dem Konsumenten durch eine Mischung unterschiedlicher anregender Inhaltsstoffe einen Energieschub geben sollen. Zu diesen Inhaltsstoffen gehört Koffein, ein Alkaloid, das stimulierend und psychotrop wirkt. Außerdem kann noch Taurin enthalten sein, eine Aminosäure, deren Wirkungen auf den menschlichen Körper bis heute nicht bekannt sind.

### Biologie

Zunächst können die Schüler jeder Altersgruppe über Energydrinks sprechen und mit einem Blick auf das Etikett einiger kommerziell erhältlicher Produkte deren Koffeingehalt ermitteln (dazu brauchen die Schüler die Drinks nicht zu kaufen, es reicht, wenn sie in ein Geschäft gehen und die Etiketten fotografieren). Sie können zum Koffeingehalt recherchieren, ihre Ergebnisse

ABB. 1 Koffein



mit dem Koffeingehalt in einem Espresso vergleichen und die gesundheitlichen Fragen dazu besprechen.

### Fazit

Koffein, dessen Auswirkungen auf den menschlichen Körper heute wohlbekannt sind, hat als Inhaltsstoff solcher Getränke die bei weitem stärkste Wirkung, sei es im positiven oder im negativen Sinne.

Eine Dose Energydrink (250 ml) enthält rund 80 mg Koffein, was in etwa einer Tasse starkem schwarzen Kaffee entspricht. Diese Menge reicht sehr nahe an die Dosis heran, bei der Nebenwirkungen zu erwarten sind (100 bis 160 mg). Sie liegt auch knapp unter der täglich empfohlenen Obergrenze (200 mg/Tag für Erwachsene). Das Risiko für Athleten liegt nicht in einer positiven Dopingkontrolle, sondern vielmehr in der Aufnahme einer toxischen Dosis.

### Chemie für 14- bis 18-Jährige

Die Analyse beliebter kommerzieller Produkte in Chemie-Laborstunden ist eine bewährte Methode zur Förderung des Engagements, des Interesses und des Verständnisses der Schüler. Viele Analysen lassen sich auf unterschiedlichem Niveau und mit verschiedenen Methoden und Materialien durchführen.

### 3 | 1 | 1 Extraktion und Identifikation von Koffein

Mit einer qualitativen Analyse mit Hilfe der klassischen Dünnschichtchromatografie lässt sich prüfen, ob Energydrinks überhaupt Koffein enthalten. Zunächst müssen die Schüler nach einer einfachen Behandlung zur Löslichmachung der Säuren und schließlich des Tannins das Koffein mit einem unschädlichen Lösungsmittel wie Ethylacetat extrahieren.

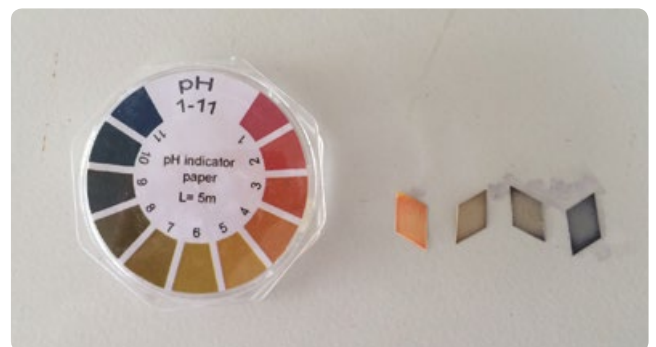


ABB. 2 Prüfung der Erhöhung des pH-Werts mit Indikatorpapier



ABB. 3 Lösungsmittelextraktion des Koffeins

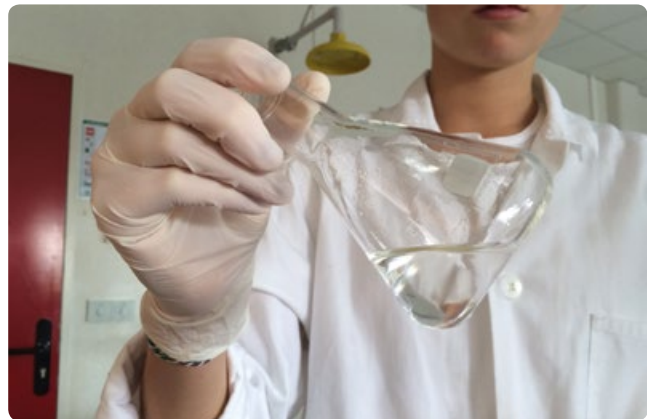


ABB. 4 Trocknung der organischen Phase mit einem Trockenmittel



ABB. 5 Chromatografie der organischen Phase

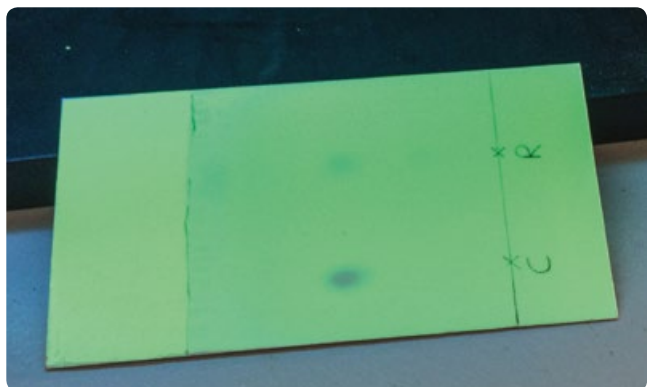


ABB. 6 Visualisierung der chemischen Spezies mit UV-Licht

### Extraktionsmethode

- 50 ml des Getränks mit einem Glasstab umrühren, damit ggf. die Kohlensäure entweicht.
- 1 mol/l Natriumcarbonatlösung (Waschsoda) hinzugeben und den Behälter dabei schütteln, um einen pH-Wert nahe 9 zu erreichen.
- Extraktion mit 15 ml Lösungsmittel und einem Scheidetrichter.
- Sammeln der Phase mit dem Koffein in einem Becherglas.
- Wiederholung der Extraktion mit 15 ml Lösungsmittel.
- Sammeln der organischen Phase und Trocknung mit wasserfreiem Magnesiumsulfat. Das Ergebnis der Chromatografie muss am Ende dieses Schritts notiert werden, ehe das Lösungsmittel verdampft wird.
- Elutionsmittel (mobile Phase) für Koffein: eine Mischung aus Ameisensäure und Butylacetat (30 ml/50 ml).
- Stationäre Phase: eine dünne Kieselsäureschicht.

- Visualisierung: UV.
- Koffein als Referenz gelöst in Ethanol oder im Elutionsmittel.

Mit Hilfe der Chromatografie können die Schüler Koffein und eine andere Verbindung, die einen separaten Flecken erzeugt, identifizieren (mit dem Hinweis, dass diese zweite Verbindung in der organischen Phase nach der Extraktion nicht ignoriert werden kann). Nach dem Ablesen der Zusammensetzung des Getränks können die Schüler ableiten, dass es sich bei dieser zweiten Verbindung um ein Vitamin handelt, das über viele aromatische Verbindungen verfügt, insbesondere B3 und B6.

### ABB. 7 B6 (Pyridoxin) und B3 (Niacin oder Niacinamid)

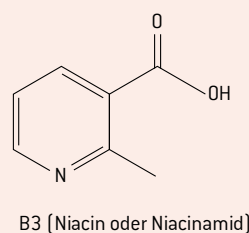
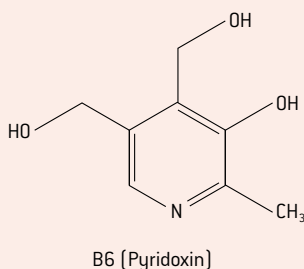


ABB. 8 Verdampfung des Lösungsmittels im Rotationsverdampfer (links) · Pulver am Rand des Kolbens nach der Verdampfung des Lösungsmittels



Weitere Schritte:

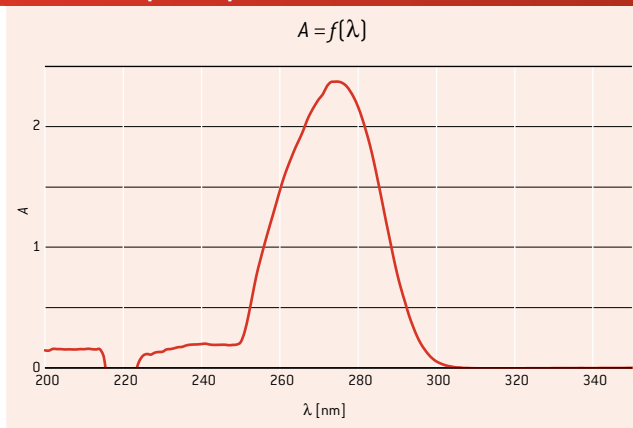
- Die Schüler könnten eine weitere Chromatografie mit den Vitaminen B6 und B3 als Referenz durchführen.
- Das Lösungsmittel (Methylacetat) kann verdampft werden, um ein Pulver zu erhalten, das aus Koffein besteht.

### 3 | 1 | 2 Dosierung von Koffein

Zunächst kann mit Hilfe des Lambert-Beerschen Gesetzes eine Analyse durchgeführt werden.

- Die Schüler können das Spektrum einer wässrigen Koffeinlösung und von Energydrinks bestimmen, um den maximalen Absorptionsgrad zu finden. Sie können eine Lösung mit der ungefähren Koffeinkonzentration herstellen, die der Hersteller angibt. Wegen der Sättigung der Absorption müssen sie die Lösung verdünnen. Sie sollten sich dafür entscheiden, bei 271 nm zu arbeiten, da bei dieser Wellenlänge eine Absorptionsspitze auftaucht.
- Dann können sie mit verschiedenen wässrigen Koffeinlösungen eine Kalibrierungskurve herstellen und diese mit der 20-fach verdünnten Flüssigkeit einer Energydrinkmarke testen.
- Mit dieser Methode können sie ableiten, dass der Energydrink 17 % mehr Koffein enthält (373 mg/l) als vom Hersteller angegeben (320 mg/l). Natürlich hat der Hersteller keine falschen Angaben gemacht, denn es gibt interne und externe Qualitätskontrollverfahren. Es liegt an der zweiten Verbindung, die in der Chromatografie gefunden wurde (Vitamin B6 und/oder B3). Sie absorbiert ebenfalls in dieser UV-Region und wirkt sich auf die gemessene Kurve aus.

ABB. 9 Absorptionsspektrum von Koffein



Erzeugung einer besseren Kalibrierungskurve:

- Die Schüler können das Absorptionsspektrum von Vitamin B6 und/oder B3 erstellen, um herauszufinden, ob diese bei der zuvor ausgewählten Wellenlänge stark absorbieren. Je nach Ergebnis können sie sich dann für eine andere Wellenlänge entscheiden. Jetzt können sie anhand der Spektren von B6 und B3 eine Wellenlänge auswählen, bei der die Absorption gering ist (beispielsweise zwischen 240 und 250 nm).
- Es wäre außerdem sehr interessant, die Schüler dazu zu motivieren, eine andere Analysemethode zu finden, wie z. B. die HPLC im Labor, mit der sie ein besseres Ergebnis erzielen könnten.

ABB. 10 Kalibrierungskurve zur Absorption mit Bezug zur Koffeinkonzentration

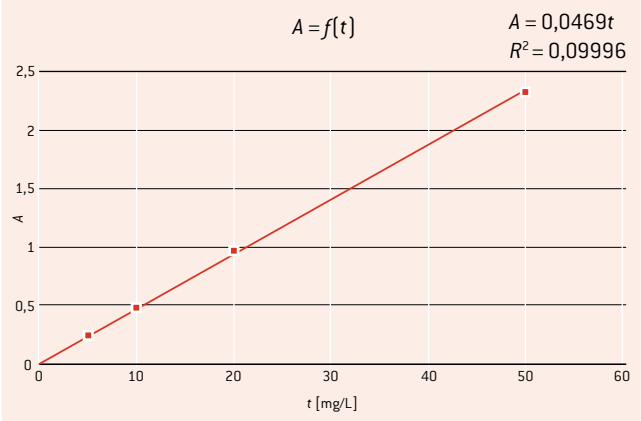


ABB. 11 Absorptionsspektrum von Vitamin B6

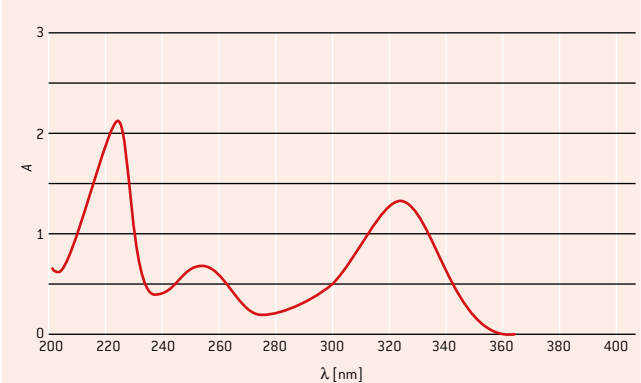
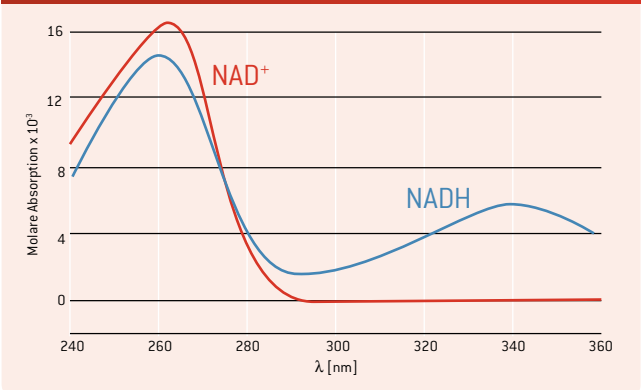


ABB. 12 Absorptionsspektrum von Vitamin B3<sup>[1]</sup>



### 3 | 2 Messung der Auswirkungen von isotonischen Getränken und Wasser auf die Gehirnaktivität

Unser Körper braucht Wasser, Zucker und Mineralstoffe, um richtig zu funktionieren. Eine äußerst beeindruckende Demonstration hierzu bietet ein Video von Gabriela Andersen-Schiess beim olympischen Marathonlauf 1984, als sie sich bei der letzten Getränkestation nichts zu trinken genommen hatte. Im Internet sind mehrere Videos davon zu finden.

Wir entwickeln Methoden zur Messung der Auswirkungen von isotonischen Getränken und Wasser auf die Effizienz unseres

ABB. 13 Beispieltabelle für diesen Test

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<	∩	Δ	X	+	⊥	∧	○	=
2	1	5	4	7	6	9	3	8
∩	<							
6	3	1	2	6	7	3	9	2

Gehirns. Bei der Erstellung unserer Studie achten wir auf Objektivität sowie Belastbarkeit und Zuverlässigkeit der Daten.

### Biologie

Schüler aller Altersgruppen sollten damit beginnen, ihr Wissen zusammenzutragen. Schüler ab 13 Jahren könnten dann zu verschiedenen Gehirnaktivitäten recherchieren (Sensoren, Aktoren, modale und intermodale Aktivitäten etc.) sowie zum Einfluss von Wasser und isotonischen Getränken. Dann können sie ihre Ergebnisse auf Postern präsentieren, bevor sie beginnen, darüber nachzudenken, wie man die o.g. Auswirkungen messen könnte.

Sie könnten sich für folgende Methoden entscheiden:

#### [A] Zahlen-Symbol-Test (der in vielen IQ-Tests vorkommt) – empfohlen für Schüler ab 13 Jahren

Dieser Test hilft bei der Beurteilung, ob ein Proband normale intermodale Aktivität aufweist.

Auf einem Blatt Papier steht eine Liste von Zahlen, z. B. von 1 bis 9. Jede Zahl wird mit einem Symbol in Verbindung gebracht (z. B. - / & / 0). Unter dieser Liste befindet sich eine Tabelle mit willkürlich wiederholten Zahlen. Der Proband muss so schnell wie möglich unter jede Zahl das zugehörige Symbol setzen.

Ein Schüler aus der Probandengruppe kann z. B. 90 Sekunden Zeit bekommen, um die Seite vollständig auszufüllen. Zur Halbzeit, z. B. nach 45 Sekunden, macht dieser Schüler eine Pause. Später kann man prüfen, ob der Schüler im Zuordnen von Zahlen und Symbolen schneller wird. Diese Gehirnaktivität nennt man Lernen.

Fünf Minuten später könnte der Schüler gebeten werden, aus dem Kopf die richtigen Symbole unter die Zahlen zu setzen, um zu sehen, wie viel er sich gemerkt hat. Diese weitere Gehirnaktivität nennt man Langzeitgedächtnis.

#### [B] Linealtest – für alle Altersgruppen geeignet

Der Testleiter lässt ein Lineal zwischen Zeigefinger und Daumen des Probanden fallen (ABB. 14). Der Proband versucht, es so schnell wie möglich aufzufangen. Die Schüler könnten unter sich ausmachen, wo die beste Ausgangsposition für das Lineal wäre. So ist es recht einfach, herauszufinden, wie weit das Li-

neal fällt, bevor der Proband es auffangen kann.

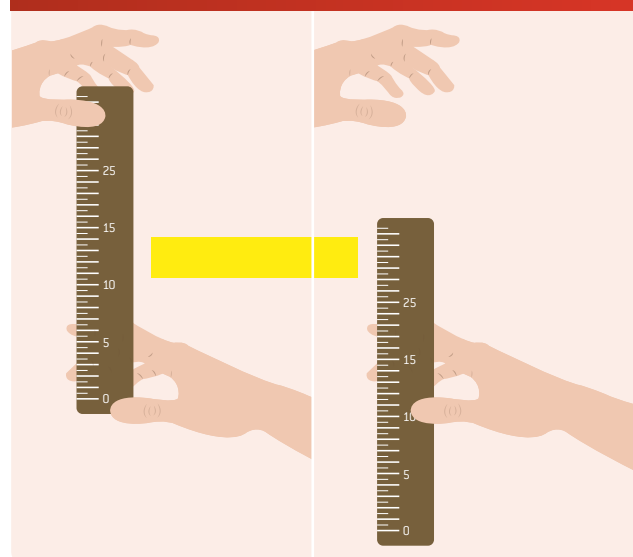
Außerdem müssen die Schüler den besten Aufbau für ihre Studie bestimmen. Sie messen auch die Zeit, die ein Schüler benötigt, der kein Getränk zu sich genommen hat. Dies ist natürlich ein kontrollierter Versuchsaufbau, was bedeutet, dass zwei zufällig gebildete Gruppen gleichzeitig miteinander verglichen werden (eine Kontrollgruppe und eine experimentelle Gruppe). Dieser Aufbau ermöglicht den Vergleich der Gehirnaktivität zweier Gruppen ohne weitere Einflüsse oder Störfaktoren außer dem Faktor des Getränks. In weiteren Tests können die Schüler die Auswirkungen unterschiedlicher Getränke messen und vergleichen.

### Mathematik

**[zu Test A]** Die Schüler (ab 13 Jahren) sammeln und analysieren Daten und präsentieren dann ihre Erkenntnisse.

**[zu Test B]** Die Schüler müssen (im Kopf) ausrechnen, wie viele Zentimeter das Lineal gefallen ist, wenn sie die Ausgangsposition nicht mit dem Daumen bei 0 cm gewählt haben. Die jüngsten Schüler vergleichen vielleicht einfach nur einzelne Ergebnisse, wohingegen die älteren Berechnungen anstellen können, in denen die Messungenauigkeit berücksichtigt und der Durchschnitt aus mehreren Messungen herangezogen wird.

ABB. 14 Linealtest



**Physik**

**[zu Test B]** Schüler ab 13 Jahren können mit Hilfe der gemessenen Höhe  $h$  die Zeit berechnen, während der sich das Lineal im Fall befand.

$$E_{kin(1)} + E_{pot(1)} = E_{kin(2)} + E_{pot(2)}$$

$$E_{kin(1)} + 0 = 0 + E_{pot(2)}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \quad | : m$$

$$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h$$

wobei  $v = g \cdot t$  da  $v = a \cdot t$  und  $a = g$

$$\frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot t^2 = g \cdot h \quad | \frac{2}{g^2}$$

$$t^2 = 2 \cdot \frac{h}{g} \quad | \sqrt{\quad}$$

$$t = \sqrt{2 \cdot \frac{h}{g}}$$

$a$ : Beschleunigung [ $\frac{m}{s^2}$ ]

$h$ : Höhe [m]

$g$ : Gravitationsbeschleunigung,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

$t$ : Zeit [s]

$v$ : Geschwindigkeit [ $\frac{m}{s}$ ]

**4 | FAZIT**

Dieses Projekt ist an verschiedene Stufen anpassbar und kann im Unterricht mit Schülern von 8 bis 18 Jahren verwendet werden, um zu vermitteln, wie man die Gehirnaktivität misst und eine Auswertungsmethode so optimiert, dass man möglichst wenig berechnen und zählen muss. Die Schüler lernen, wie man ein kontrolliertes Experiment entwickelt und können MINT-bezogene Aspekte aus der Biologie, Mathematik oder Physik einbringen.

**5 | OPTION ZUR KOOPERATION**

Wir raten, dieses Projekt als schulübergreifendes und internationales Projekt zu sehen. Wenn Sie für den Chemieteil in Ihrer Schule nicht über die erforderliche technische Ausrüstung verfügen, könnten Sie sich an andere Schulen in der Nähe wenden, um dort in Kooperation Experimente durchführen zu können. Ihre Schüler müssen dann den anderen Schülern ihre Beobachtungen und Protokolle vortragen, was für sie viel sinnvoller ist, als ihre Ergebnisse einfach nur für sich ins Heft zu schreiben. Diese Art der Zusammenarbeit und des Teilens schafft zusätzliche Motivation und Input und bietet sogar die Möglichkeit, MINT-Fächer zweisprachig zu unterrichten bzw. zu lernen.

Sie können Getränke vergleichen, die in unterschiedlichen Ländern erhältlich sind, sowie die Einstellungen gegenüber deren Konsum. Außerdem kann der Aufbau der Studien besprochen

werden, die Schüler können weitere Ideen sammeln und die Aufgaben in zwei oder mehr Partnerschulen durchführen, um noch mehr Daten zu den Auswirkungen zu erfassen.

Sie sind herzlich eingeladen, die Ergebnisse aus der Kooperation mit anderen Schulen auf die Science on Stage-Homepage zu teilen. Weitere Information hierzu finden Sie auf unserer Website.<sup>[2]</sup>

**QUELLEN**

<sup>[1]</sup> Cronholm144 [own work] [public domain],  
via Wikimedia Commons [https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide\\_adenine\\_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_adenine_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg)  
(08.03.2016)

<sup>[2]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_Materialien](http://www.science-on-stage.de/iStage3_Materialien)





# IMPRESSUM

## ENTNOMMEN AUS

iStage 3 – Fußball im MINT-Unterricht  
verfügbar in Deutsch, Englisch, Französisch, Polnisch,  
Spanisch, Schwedisch, Tschechisch, Ungarisch  
[www.science-on-stage.de/istage3](http://www.science-on-stage.de/istage3)

## HERAUSGEBER

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin

## REVISION UND ÜBERSETZUNG

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## TEXT- UND BILDNACHWEISE

Die Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in  
dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für  
den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

## GESTALTUNG

WEBERSUPIRAN.berlin

## ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH  
[www.tricom-agentur.de](http://www.tricom-agentur.de)

## BESTELLUNGEN

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Zur besseren Lesbarkeit wurde auf die Verwendung der  
weiblichen Form verzichtet. Mit der männlichen Form ist  
stets auch die weibliche Form gemeint.

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial  
Share Alike



1. Auflage 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



## SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... ist ein Netzwerk von Lehrkräften für Lehrkräfte aller Schularten, die Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) unterrichten.
- ... bietet eine Plattform für den europaweiten Austausch anregender Ideen und Konzepte für den Unterricht.
- ... sorgt dafür, dass MINT im schulischen und öffentlichen Rampenlicht steht.

Science on Stage Deutschland e.V. wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für den Ingenieur Nachwuchs des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

### Machen Sie mit!

#### WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE

- Newsletter: [www.science-on-stage.de/newsletter](http://www.science-on-stage.de/newsletter)
- [www.facebook.com/scienceonstagedeutschland](https://www.facebook.com/scienceonstagedeutschland)
- [www.twitter.com/SonS\\_D](https://www.twitter.com/SonS_D)

Science on Stage Deutschland ist Mitglied in Science on Stage Europe e.V.

#### WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

- [www.facebook.com/scienceonstageeurope](https://www.facebook.com/scienceonstageeurope)
- [www.twitter.com/ScienceOnStage](https://www.twitter.com/ScienceOnStage)