

55. Internationale ChemieOlympiade 2023



Zürich, Schweiz

Weitere Informationen unter: www.icho.de

Informationen zur Teilnahme

Dies ist die erste von vier Auswahlrunden zur Internationalen ChemieOlympiade. Die ChemieOlympiade ist ein Einzelwettbewerb. Eingereichte Gruppenarbeiten oder offensichtlich identische Lösungsbeiträge werden nicht berücksichtigt und sind von der Bewertung ausgeschlossen. Eingereichte Lösungen werden nicht zurückgegeben. Zur Bearbeitung der Aufgaben wird die Nutzung von Fachbüchern sowie Onlinequellen empfohlen. Die Korrektur erfolgt durch eine Lehrkraft. Bei Rückfragen stehen die Landesbeauftragten gerne zur Verfügung.

Für die Teilnahme am deutschen Auswahlverfahren zur Internationalen ChemieOlympiade muss eine Registrierung im Online-Anmeldeportal erfolgen. Die Adressen der Landesbeauftragten, den Abgabetermin sowie den Zugang zum Online-Anmeldeportal für die Registrierung und die Erzeugung eines Anmeldeformulars sind unter www.icho.de zu finden. Das Anmeldeformular muss den Lösungen beigefügt werden.

Wer kann mitmachen?

Mitmachen können in der ersten und zweiten Runde alle Jugendlichen und jungen Erwachsenen, die im Schuljahr 2022/2023 eine weiterführende Schule des deutschen Bildungssystems besuchen. Ab der dritten Runde ist eine Teilnahme aufgrund der internationalen Vorschriften nur für Schüler:innen möglich, die das 20. Lebensjahr am 1. Juli 2023 noch nicht vollendet haben.

Kontakt

IPN an der Universität Kiel
Olshausenstr. 62, 24118 Kiel
Tel.: 04 31-8 80-31 68
Fax: 04 31-8 80-54 68
E-Mail: icho@leibniz-ipn.de



Hier geht's zur Anmeldung >>>

1. Runde
bis 15. Sept. 2022

2. Runde
2. Dez. 2022

3. Runde
Februar / März 2023

4. Runde
Mai / Juni 2023

Internationaler Wettbewerb
Juli 2023 Zürich, Schweiz



55. Internationale ChemieOlympiade 2023

Zürich, Schweiz

Scharfe Chemie...

Aufgabe 1: Scharf wie ein Schweizer Taschenmesser

33 Punkte



Die Internationale ChemieOlympiade in Zürich 2023 wirft ihre Schatten voraus – die Schweiz wird im kommenden Jahr also Schüler:innen aus der ganzen Welt begrüßen. Woran denkt man zuerst, wenn man an die Schweiz denkt? An Käse, Schokolade, das Matterhorn – und natürlich Schweizer Taschenmesser!

Die Klinge von Schweizer Taschenmessern besteht dabei aus einem Stahl, der umgangssprachlich als Inox (vom Französischen inoxydable, also „nicht oxidierbar“) bezeichnet wird. Neben Eisen enthält dieser Kohlenstoff, Chrom, Molybdän und Vanadium.

Element	Massenanteil
Kohlenstoff	0,58 %
Chrom	14,20 %
Molybdän	0,56 %
Vanadium	0,15 %

Tabelle 1.1: Zusammensetzung eines Inox-Stahls.

a) Begründe anhand der elementaren Zusammensetzung von *Inox*, warum die Klingen beim Schweizer Taschenmesser nicht rosten.

Neben der Korrosionsbeständigkeit der Inox-Klingen ist auch die hohe Schärfe ein Qualitätsmerkmal – die Klingen sind an der Schnittkante häufig nur 0,1 mm dick! Der exakte Herstellungsprozess der Inox-Klingen ist dabei ein gut gehütetes Geheimnis: Der Stahl muss hierzu bei verschiedenen Temperaturen in genau definierten Prozessen bearbeitet werden. Dies lässt sich anhand eines Phasendiagramms beschreiben. Im Folgenden soll zur Vereinfachung "ICh0"-Stahl betrachtet werden, der ausschließlich Eisen und Kohlenstoff (0,58 Gew.-%) enthält. Das zugehörige Phasendiagramm des Eisen-Kohlenstoff-Systems ist in Abbildung 1.1 gezeigt und kann unter www.icho.de auch heruntergeladen werden.

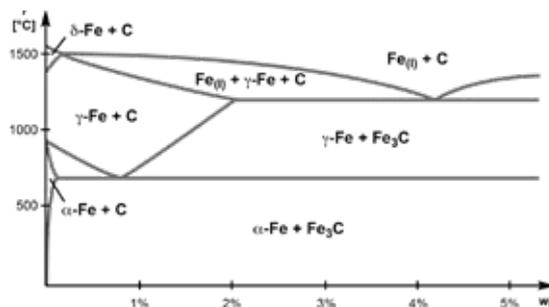


Abbildung 1.1: Vereinfachtes Phasendiagramm des Eisen-Kohlenstoff-Systems in Abhängigkeit vom Massenanteil an Kohlenstoff. Fe_3C beschreibt die metastabile Verbindung Zementit. (Nicht beschriftete Bereiche können vernachlässigt werden.)

b) Beschreibe anhand des Phasendiagramms ausgehend von der Schmelztemperatur von reinem Eisen qualitativ die Abhängigkeit der Schmelztemperatur vom Kohlenstoffgehalt. Begründe das auftretende Verhalten.

c) Bestimme anhand des Phasendiagramms, in welchen Modifikationen oder Verbindungen Eisen und Kohlenstoff in einer Messerklinge aus "ICh0"-Stahl nach Aushärten und Abkühlen vorliegen.

d) Erläutere am Beispiel von Zementit, was eine metastabile Verbindung ist.

Das Phasendiagramm des Eisens zeigt dabei verschiedene Modifikationen des Eisens, deren Strukturen in Abbildung 1.2 anhand ihrer Elementarzellen (d. h. der kleinsten sich periodisch wiederholenden Einheit im Festkörper) dargestellt sind.

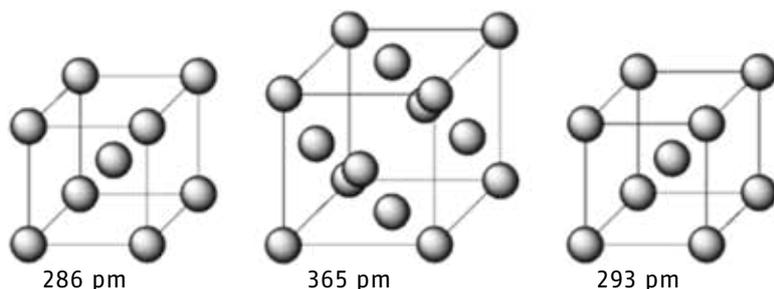


Abbildung 1.2: Elementarzellen des α -Eisens (links), des γ -Eisens (Mitte) sowie des δ -Eisens (rechts).

- e) Gib an, in welchen Temperaturbereichen die gezeigten Eisen-Modifikationen die jeweils stabilste Modifikation darstellen. Begründe Deine Entscheidung.
- f) Berechne, welche der gezeigten Eisen-Modifikationen die höchste Dichte aufweisen sollte.

Die Struktur des α -Eisens ist sogar zum Wahrzeichen einer anderen europäischen Großstadt geworden: Das Atomium in Brüssel (Abbildung 1.3) stellt die oben gezeigte Elementarzelle des α -Eisens dar. Jedoch bilden weder das Atomium in Brüssel noch die Darstellung in Abbildung 1.2 die Größenverhältnisse zwischen Atomen und der Elementarzelle korrekt ab.

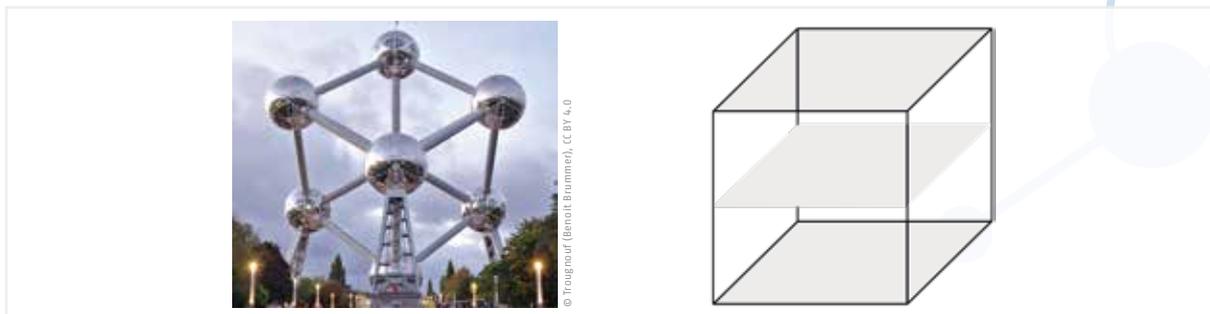


Abbildung 1.3: Darstellung der Struktur des α -Eisens im Atomium in Brüssel (links). „Schichten“ an Atomen in den Elementarzellen des Eisens (rechts).

- g) Skizziere die Aufsicht (d. h. die oberste „Schicht“) einer Elementarzelle des α -, γ - und δ -Eisens unter maßstabsgetreuer Darstellung der Atome.
- h) Skizziere außerdem einen maßstabsgetreuen Querschnitt (d. h. die mittlere „Schicht“) der Elementarzellen. Zeichne in Deine Skizze weitere Atome außerhalb der Elementarzelle ein und zeige, dass die oberste und die mittlere „Schicht“ identisch sind.

Nun aber zurück zu unserem Schweizer Taschenmesser – nehmen wir an, dessen Klinge bestünde aus reinem α -Eisen.

- i) Berechne, wie viele Schichten an Eisenatomen eine durchschnittliche Schnittkante der Klinge eines Schweizer Taschenmessers dick ist.
- j) Begründe, weshalb eine abnehmende Klingendicke bei demselben Material das Messer nicht immer schärfer macht.

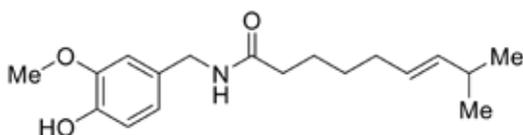
Aufgabe 2: Scharf wie Chili

33 Punkte

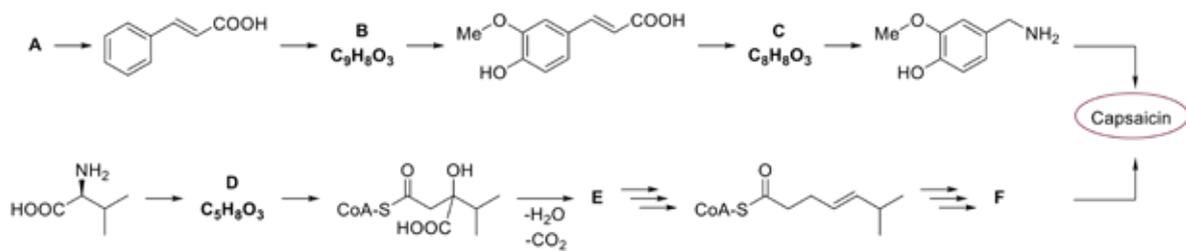
Eine andere Art Schärfe als die des Schweizer Taschenmessers kann man bei einer Pflanzenart aus der Familie der Nachtschattengewächse finden: Paprika (*Capsicum anuum*).

Der Ursprungsort dieser Pflanzen liegt in Mittelamerika. Seit der Zeit von Christoph Kolumbus' Reisen hat sich die Paprikapflanze über die ganze Welt verbreitet und wurde auch bei uns in Europa fester Bestandteil der Nahrung. Die von vielen Menschen so geschätzte Schärfe beruht auf den Inhaltsstoffen Capsaicin und Dihydrocapsaicin, die in der Pflanze durch mehrstufige Reaktionen ausgehend von den proteinogenen Aminosäuren Leucin bzw. Valin einerseits und Phenylalanin andererseits gebildet werden.

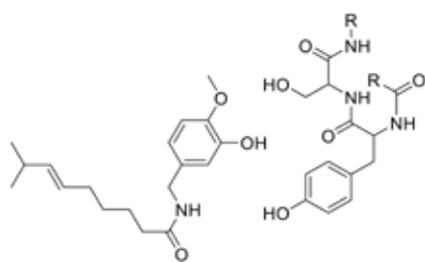
- a) Markiere und benenne die funktionellen Gruppen im Endprodukt Capsaicin.



b) Vervollständige die Biosynthese von Capsaicin (Hinweis: CoA („Coenzym A“) aktiviert das Molekül, so dass die weiteren Reaktionen ausreichend schnell ablaufen können. Es wird am Ende der Biosynthese unverändert wieder abgespalten.)

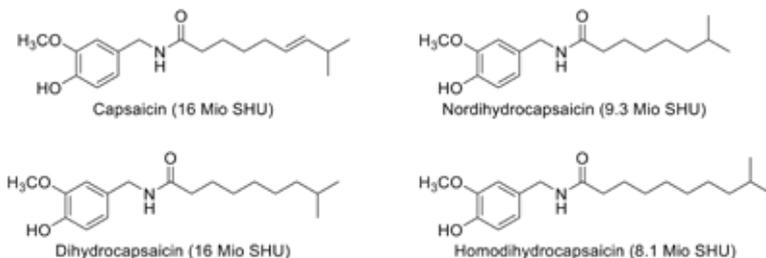


Das Brennen auf der Zunge wird durch die Bindung von Capsaicin an TRPV1-Thermorezeptoren ausgelöst. Für die Entdeckung der menschlichen Rezeptoren für Temperatur- und Berührungsempfinden wurde 2021 der Medizin-Nobelpreis an die Molekularbiologen David Julius und Ardem Patapoutian vergeben. Eine Aufgabe zu diesen Rezeptoren findest du auch im Aufgabenblatt zur Internationalen Biologie-Olympiade 2023 (www.biologieolympiade.info). Im Folgenden ist die Bindungsstelle am TRPV1-Rezeptor gezeigt, mit der Capsaicin wechselwirkt.



- Markiere und benenne die Aminosäuren im Struktur-ausschnitt des Rezeptors
- Zeichne die Wechselwirkungen zwischen Capsaicin und der Bindungsstelle am TRPV1-Rezeptor ein.
- Benenne die Art der Wechselwirkungen.
- Begründe, dass die Wechselwirkungen gerichtet sind, indem du folgende Begriffe verwendest: *Elektronenpaar, kovalente Bindung, Elektronegativität, Orientierung, polarisiert*

Die Schärfe einer Substanz wird in der Einheit SHU (Scoville Heat Unit) angegeben. Die Scoville-Skala endet bei 16 Mio. SHU, was dem Schärfegrad des reinen Capsaicins entspricht. Die dem Capsaicin strukturell verwandten Verbindungen Nordihydrocapsaicin und Homodihydrocapsaicin weisen eine wesentlich geringere Schärfe als Capsaicin und Dihydrocapsaicin auf.

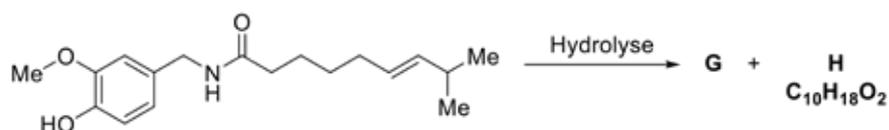


g) Stelle eine Hypothese auf für die Erklärung der unterschiedlichen Schärfegrade, die oben genannte Moleküle hervorrufen.

Ein möglicher Abbauweg von Capsaicin im Körper ist die Hydrolyse, wobei **G** und **H** als Endprodukte erhalten werden. Die Hydrolyse verläuft enzymkatalysiert.

Im Labor lässt sich Capsaicin ohne Verwendung von Enzymen nur schwer hydrolysieren.

h) Zeichne die Struktur der beiden Hydrolyse-Produkte **G** und **H**.



i) Begründe anhand geeigneter mesomerer Grenzstrukturen, warum Capsaicin gegenüber Hydrolyse sehr stabil ist.

Im Gegensatz zu einer Vielfalt an scharfen Gewürzen, die auf organischen Substanzen basieren, gibt es praktisch keine scharfen Gewürze mit anorganischem Ursprung – vielleicht eine Marktlücke?

Auf der Suche nach entsprechenden Mineralien stößt man auf Nitronatrit, auch bekannt als Natriumnitrat, das einen scharfen und bitteren Geschmack besitzen soll. Praktischerweise ist Natriumnitrat bereits als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen.

- a) Gib an, unter welcher E-Nummer Natriumnitrat als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen ist. Untersuche die Inhaltsangaben auf den Packungen verschiedener Lebensmittel auf Natriumnitrat und nenne ein Produkt, das Natriumnitrat enthält.

Da Nitronatrit ein sehr seltenes Mineral ist, müsste es für den Einsatz als Gewürz vorwiegend industriell hergestellt werden. Dabei bietet sich die Umsetzung von speziellen industriellen Restgasen, die viel Stickstoffdioxid enthalten, mit einer basischen Lösung an. Neben gelösten Nitrat-Ionen entstehen dabei außerdem Nitrit-Ionen.

- b) Zeichne die Lewis-Formeln von Stickstoffdioxid, dem Nitrat- und dem Nitrit-Ion und nenne jeweils die Oxidationszahl des Stickstoffatoms. Formuliere die Teilgleichungen und die Gesamtgleichung für die oben beschriebene Redoxreaktion.
- c) Erkläre anhand des Prinzips des kleinsten Zwangs zwei Möglichkeiten, wie das Gleichgewicht der beschriebenen Reaktion auf die Produktseite verschoben werden kann.

Ein weiterer Kandidat für ein mineralisches Gewürz könnte Tachyhydrit ($\text{CaMg}_2\text{Cl}_6 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) sein, das ebenfalls scharf schmecken soll. Ein günstig zu beschaffendes Tachyhydrit soll eine Reinheit von über 90 Massenprozent besitzen und nur mit geringen Mengen Bischofit ($\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) und Halit (NaCl) verunreinigt sein.

- d) Berechne, wie groß die Massenanteile der einzelnen Elemente in reinem Tachyhydrit sein sollten.

Für die Analyse einer Probe des oben genannten Tachyhydrits wird eine Probe der Masse 2,022 g entnommen und eine Zeit lang erhitzt, bis die Masse der Probe konstant bei 1,316 g bleibt. Tipp: In diesem Schritt geben die Minerale in der Probe ihr Kristallwasser vollständig ab.

- e) Erkläre, was man unter Kristallwasser versteht und warum dieses bereits bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen abgegeben wird.
- f) Berechne die Stoffmenge von Wasser in der untersuchten Probe.

Im Anschluss wird das erhaltene Produkt in 100,0 mL destilliertem Wasser gelöst, um den Gehalt an Chlorid- und Erdalkalimetall-Ionen durch Titration zu bestimmen. Dazu werden jeweils 20,0 mL der Lösung in einen Erlenmeyerkolben überführt und wie in folgender Tabelle angegeben titriert:

Nr.	Zur Bestimmung von...	Maßlösung	Eingesetztes Volumen der Probelösung	Verbrauchtes Volumen der Maßlösung
1	Chlorid-Ionen	AgNO_3 (aq)	20,0 mL	50,1 mL
2		$c = 0,100$ mol/L	20,0 mL	50,9 mL
3	Erdalkalimetall-Ionen	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{EDTA}$ (aq)	20,0 mL	36,8 mL
4		$c = 0,050$ mol/L	20,0 mL	37,4 mL

- g) Gib jeweils einen Indikator an, den du für die Titration mit AgNO_3 - bzw. $\text{Na}_2\text{H}_2\text{EDTA}$ -Lösung verwenden kannst.
- h) Formuliere die ausgeglichenen Reaktionsgleichungen für die Reaktion von AgNO_3 (aq) mit Cl^- (aq) sowie von $\text{Na}_2\text{H}_2\text{EDTA}$ (aq) mit Ca^{2+} (aq). Begründe für beide Reaktionen, warum das chemische Gleichgewicht jeweils stark auf der Produktseite liegt und warum dies für Titrations wichtig ist.
- i) Berechne die Stoffmenge von Chlorid- und Erdalkalimetall-Ionen in der ursprünglichen Probe.
- j) Berechne die Massenanteile von Tachyhydrit, Bischofit und Halit in der Probe und beurteile, ob das Produkt tatsächlich die versprochene Reinheit von 90 % erreicht.

Grußworte

Die Bundesministerin für Bildung und Forschung und die Präsidentin der Kultusministerkonferenz laden zu einer Teilnahme an den ScienceOlympiaden, zu denen die ChemieOlympiade gehört, ein.



© Bundesregierung - Guido Bergmann



© Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein



Liebe Schülerinnen und Schüler,
liebe Eltern, liebe Lehrerinnen und Lehrer,
wie entsteht ein effektiver Impfstoff? Wie produzieren wir Grünen Wasserstoff? Wie kommen Bilder von brütenden Eisfischen zustande und was folgt aus der Entdeckung? Mit welchen Fragen sich Wissenschaftlerinnen und Forscher heute beschäftigen, prägt unser Leben von morgen. Deshalb ist es wichtig zu verstehen, wie die vielen klugen Menschen in Wissenschaft und Forschung arbeiten, wie sie auf die richtigen Fragen und Ideen kommen und wie sie ihre Erkenntnisse umsetzen.

Mit den Wettbewerben, die das Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik organisiert, laden wir Sie zu einer Entdeckungstour in das Reich der Wissenschaft ein. Mehr als 10.000 Schülerinnen und Schüler aus dem ganzen Land lassen sich jedes Jahr auf dieses Abenteuer ein und melden sich für die ScienceOlympiaden und den BundesUmweltWettbewerb an.

Liebe Schülerinnen und Schüler,
das ist Ihre Chance. Machen Sie mit. Lösen Sie spannende Aufgaben aus Biologie, Chemie und Physik oder bearbeiten Sie eigene Fragen zu Umwelt und nachhaltiger Entwicklung. Nutzen Sie Ihren wachen Verstand, lassen Sie Ihrer Kreativität Raum und begeistern Sie sich und andere. Denn genauso wichtig wie ein kluger Kopf ist die Fähigkeit, gut zusammenzuarbeiten. Naturwissenschaften sind echtes Teamwork. Im Wettbewerb können Sie sich mit Gleichgesinnten austauschen und zugleich authentische Einblicke in die Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erhalten. Eine Teilnahme lohnt sich also in jedem Fall.

Liebe Lehrerinnen und Lehrer, liebe Eltern,
uns als Ministerium für Bildung und Forschung ist es wichtig, junge Menschen für die Naturwissenschaften zu begeistern und so wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Aber dafür brauchen wir Sie und deshalb bitte ich Sie: Unterstützen Sie Ihre Kinder, ihr Talent im BundesUmweltWettbewerb und in den ScienceOlympiaden zu zeigen. Herzlichen Dank dafür.

Allen, die sich beteiligen: Viel Erfolg und vor allem viel Freude am Knobeln!

Bettina Stark-Watzinger
Mitglied des Deutschen Bundestages
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Liebe Schülerinnen und Schüler, liebe Eltern,
liebe Lehrerinnen und Lehrer,
wir brauchen Menschen, die sich mit Begeisterung und fundierten Fachkenntnissen für den Wissenschaftsstandort Deutschland einsetzen. Dies gilt in besonderem Maße für die Bereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT). Die aktuelle Corona-Epidemie und die rasche Entwicklung von hochwirksamen Impfstoffen haben uns allen deutlich vor Augen geführt, wie wichtig wissenschaftliche Erkenntnisse und Entwicklungen für das künftige Zusammenleben auf unserem Planeten Erde sind.

Wir brauchen junge naturwissenschaftliche Talente – und Initiativen, die solche Talente schon in der Schulzeit motivieren und fördern! Die sechs vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) organisierten naturwissenschaftlichen Wettbewerbe, die ScienceOlympiaden, bieten dazu vielfältige Gelegenheiten. Bundesweit werden damit mehr als 10.000 Schülerinnen und Schüler ab der 5. Klasse gefordert und gefördert. In mehreren Runden lösen sie zuhause oder in der Schule spannende und herausfordernde Aufgaben aus Biologie, Chemie und Physik oder erarbeiten Projekte im Bereich Umwelt und nachhaltige Entwicklung. Dabei geht es, wie bei den Olympischen Spielen, nicht (allein) ums Gewinnen. Die ScienceOlympiaden wecken und fördern „science spirit“ und sie bringen junge Menschen zusammen. Wer teilnimmt, kann seine Kenntnisse und Fähigkeiten vertiefen, Kontakte zu interessanten Menschen knüpfen und tolle Erfahrungen sammeln.

Wettbewerbe für Schülerinnen und Schüler spielen bei der Förderung wissenschaftlichen Nachwuchses eine wichtige Rolle: Sie ermöglichen Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen sich auszuprobieren, ihre Fähigkeiten zu entdecken und sich mit unterschiedlichsten Inhalten und Methoden über den Schulunterricht hinaus zu beschäftigen. Wettbewerbe wie die ScienceOlympiaden motivieren zu außergewöhnlichen Leistungen. Die Kultusministerkonferenz empfiehlt daher die Teilnahme an den Wettbewerben.

Den Fachlehrkräften in den Schulen und dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel danke ich für ihr großartiges Engagement. Und allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern wünsche ich Erfolg, vor allem aber viel Spaß im Wettbewerb!

Karin Prien
Präsidentin der Kultusministerkonferenz