

56. Internationale ChemieOlympiade 2024

Weitere
Informationen
unter:
www.icho.de

Riad, Saudi-Arabien



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 und Anmeldung im Online-Portal erfolgen. Die Adressen der Landesbeauftragten, der Abgabetermin sowie der Zugang zum Online-Portal sind unter www.icho.de zu finden.

Wer kann mitmachen?

Mitmachen können in der ersten und zweiten Runde alle Jugendlichen und jungen Erwachsenen, die im Schuljahr 2023/2024 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 2024 noch nicht vollendet haben.

Kontakt

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



Hier geht's zur Registrierung und Anmeldung >>>

1. Runde
bis 15. Sept. 2023

2. Runde
1. Dez. 2023

3. Runde
Februar / März 2024

4. Runde
Mai / Juni 2024

Internationaler Wettbewerb
Juli 2024 Riad, Saudi-Arabien

Alles nano in Icholandia

Aufgabe 1: Icholandia

70 Punkte

Diese Aufgabe führt uns in das Land der Moleküle (Icholandia). Ein typischer Einwohner Icholandias namens Kolbi sieht so aus:

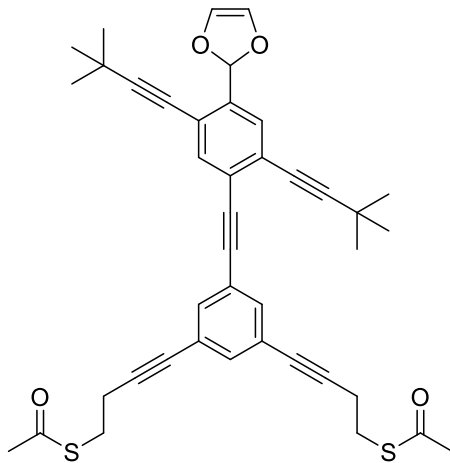
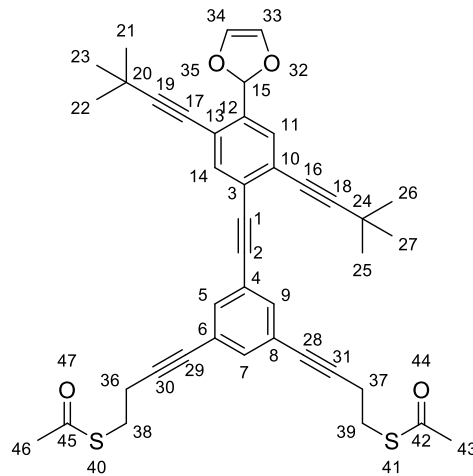


Abbildung 1: Körper von Kolbi.



- a) Vervollständige die folgende Tabelle, indem du für alle fehlenden Element-Element-Bindungen, die im Körper von Kolbi vorkommen, deren Bindungslänge ergänzt.

Element-Element-Bindung	Bindungslänge in pm
C-C	154
⋮	⋮

Das Konzept der Hybridisierung dient zur Beschreibung der Bindungssituation in organischen Molekülen. Dabei werden s- und p-Atomorbitale zu Hybridorbitalen vom Typ sp , sp^2 bzw. sp^3 zusammengeführt. Die Bindungsordnung und der Bindungswinkel werden dabei von der Hybridisierung der beteiligten Atome beeinflusst.

- b) Vervollständige die folgende Tabelle.

Bindungswinkel	Bindungsordnung	Geometrie	Hybridisierung
180°			sp
	Doppelbindung		
		tetraedrisch	

- c) Vervollständige die folgende Tabelle, indem du die Nummer von jeweils fünf weiteren Kohlenstoffatomen mit sp -, sp^2 - bzw. sp^3 -Hybridisierung im Körper von Kolbi der entsprechenden Hybridisierung zuordnest.

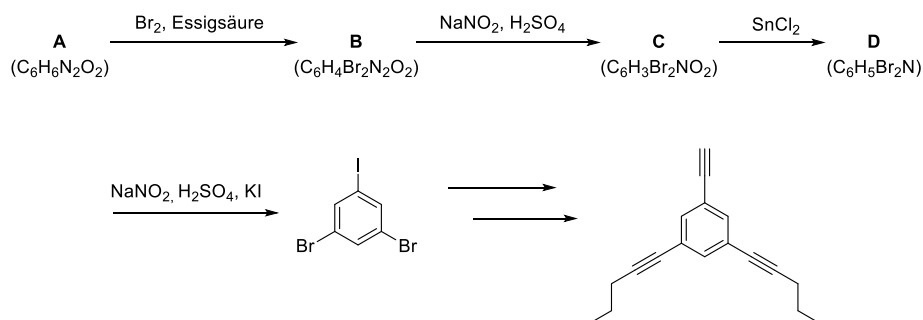
Hybridisierung	Atomnummern
sp	1, ...
sp^2	3, ...
sp^3	15, ...

Wenn wir Kolbis Körper mit dem menschlichen Körper vergleichen, können wir das Atom 36 als Knie und Atom 13 als Schulter auffassen. Um sich vor dem Joggen etwas zu dehnen, möchte Kolbi seine Knie und Schultern kreisen lassen.

- d) Erläutere kurz das Prinzip der freien Drehbarkeit entlang von C-C-Bindungsachsen am Beispiel von Ethan und Ethen. Gib dann an, ob Kolbi seine Knie bzw. Schultern kreisen lassen kann, und begründe deine Entscheidung.

*** Alle Abbildungen stehen unter www.icho.de in hoher Auflösung zum Download bereit ***

In Icholandia laufen Geburten etwas anders ab als beim Menschen. Verschiedene Körperteile werden getrennt voneinander geschaffen und anschließend zu einem ganzen Lebewesen zusammengesetzt. Die Herstellung des Unterkörpers verläuft nach folgendem Schema.



e) Gib die Strukturformeln der Verbindungen **A** bis **D** an.

f) Begründe unter Zuhilfenahme von mesomeren Grenzstrukturen die Regioselektivität der Bromierung bei der Umsetzung von **A** zu **B** und gib an, um welchen Reaktionstyp es sich handelt. Die Begründung für die Substitution durch eines der Brom-Atome ist ausreichend.

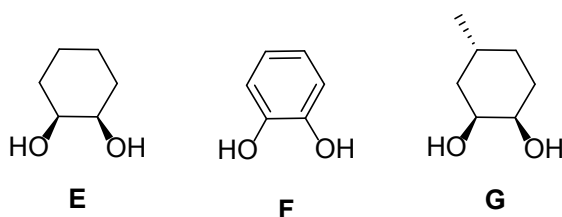
Die Einwohner*innen Icholandias gehen wie wir Menschen auch verschiedenen Berufen nach. Der durch sie ausgeübte Beruf lässt sich dabei durch eine Kopfbedeckung erkennen. In Icholandia gibt es Studierende, Bäcker*innen und Köch*innen. Die Kopfbedeckungen werden in einer Fabrik aus den entsprechenden Diolen hergestellt.

Beruf	Diol	Kopfbedeckung
Köch*innen	 E	
Bäcker*innen	 F	
Studierende	 G	

g) Kennzeichne alle Stereozentren in den Diolen **E** bis **G** mit einem Sternchen.

h) Gib für jedes Diol an, ob es chiral oder achiral ist.

i) Gib den systematischen IUPAC-Namen der Diole **E** bis **G** inklusive der Konfiguration der Stereozentren nach der CIP-Nomenklatur an.



Das Aufsetzen der Kopfbedeckungen funktioniert über eine durch Mikrowellen unterstützte Reaktion. Dabei werden nicht handelsübliche Mikrowellen, wie man sie aus der heimischen Küche kennt, verwendet, sondern spezielle Labormikrowellen. Das Funktionsprinzip ist jedoch das gleiche: Die Mikrowellenstrahlung regt die Drehbewegung der Moleküle an. Die Reaktionslösung wird so erhitzt. Diese Art der Erwärmung einer Reaktionslösung hat verschiedene Vorteile.

j) Nenne fünf Vorteile von mikrowellen-unterstützten Synthesen.

NOTIZEN

Aufgabe 2: Move your body... (Schwingungen und Spektroskopie)

58 Punkte

Die Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung einer bestimmten Energie mit Materie ist die Grundlage der Spektroskopie. Sie ist eine Technik, mit der man Informationen über die chemische Zusammensetzung von Materialien gewinnen kann.

a) Markiere im Suchsel zwanzig Begriffe aus der Spektroskopie. Tipp: Sie haben sich senkrecht und waagrecht versteckt. Es handelt sich um Energieeinheiten, Spektrometer-Bestandteile, Forscher und Vorgänge bei der Spektroskopie.

E	B	A	B	S	O	R	P	T	I	O	N	L	Q	P	E	P	G
D	E	W	W	W	P	P	S	K	T	R	H	I	T	R	O	S	B
F	E	V	E	Z	G	I	T	T	E	R	G	N	I	O	R	P	A
H	R	H	L	O	D	P	N	P	E	P	A	S	Z	E	Q	E	L
L	J	U	L	S	D	F	Y	O	M	R	X	E	X	N	I	K	M
M	E	Y	E	P	V	R	D	F	I	I	J		Y	T	V	T	E
R	M	N	N	E	B	A	E	W	S	S	C	F	H	G	B	R	R
V	E	E	L	K	O	U	B	H	S	M	S	R	E	E	H	A	X
W	T	E	A	T	B	N	Y	Q	I	A	G	E	N	N	E	L	G
N	E	U	E	R	W	H	E	A	O	K	G	Q	E	U	R	L	O
Y	R	S	N	U	R	O	O	N	N	I	P	U	R	E	T	I	W
Z	S	O	G	M	L	F	I	O	O	O	C	E	G	G	Z	N	B
R	Z	R	E	K	J	E	D	U	W	M	C	N	I	E	Q	I	L
E	D	J	L	W	P	R	J	T	N	I	M	Z	E	N	J	E	C
F	Y	G	P	S	T	R	A	H	L	U	N	G	J	O	U	L	E
P	B	M	R	E	U	E	B	E	R	G	A	N	G	R	X	T	

b) Nutze die Begriffe aus dem Suchsel, um folgende Tabelle zu vervollständigen

Größe	(abgeleitete) SI-Einheit	Gebräuchliche Einheit in der Spektroskopie
		Ångström
		Wellenzahl (cm ⁻¹)
		Elektronenvolt
Dipolmoment	Coulomb-Meter	

Unter dem Begriff Molekülspektroskopie fasst man verschiedene spektroskopische Methoden zusammen, mithilfe derer Stoffeigenschaften charakterisiert und Strukturen von Verbindungen aufgeklärt werden können. Jede Methode erfordert einen spezifischen Wellenlängenbereich zur Anregung von Bewegungs- oder Elektronenzuständen im Molekül. Daraus ergeben sich außerdem methodenspezifische Anforderungen an die zu untersuchenden Moleküle.

c) Gib für die in der Tabelle genannten Methoden die verwendeten Wellenlängenbereiche an und ordne ihnen aus der folgenden Liste die untersuchte Eigenschaft sowie die Anforderungen an die zu untersuchenden Moleküle zu.

Eigenschaften: Zustand der äußeren Elektronen, Kernspinzustand, Rotationszustand, Schwingungszustand

Anforderungen: Übergangsdipolmoment, konjugiertes π-System, Kernspin > 0, Dipolmoment

Wellenlängenbereich	Methode	Untersuchte Eigenschaft	Anforderung an die zu untersuchenden Moleküle
		Änderung bzw. Anregung von...	Vorhandensein von...
	UV/Vis-Spektroskopie		
	Infrarotspektroskopie		
	Mikrowellenspektroskopie		
	NMR-Spektroskopie		

In Aufgabe 1 hast du die Bindungsordnungen und -längen von Kolbis Körper identifiziert und überlegt, welche Beweglichkeit in Kolbis Gelenken möglich ist. In der Schwingungsspektroskopie beschäftigen wir uns mit den kleineren Bewegungen (Schwingungen), die Kolbis Körper fortwährend durchlaufen. Bei der Betrachtung von Schwingungen steht die Bindungsstärke im Fokus. Eine molekulare Streckschwingung zwischen zwei Atomen lässt sich näherungsweise mit dem mechanischen Modell einer Feder beschreiben. Die Kraftkonstante k stellt hierbei ein Maß für die Bindungsstärke dar. Unter Berücksichtigung der reduzierten Masse $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ und $\mu(CC) = 6 u$ gilt für die Schwingungsfrequenz:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

d) Sortiere die nicht-aromatischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen aufsteigend nach ihrer Bindungsstärke.

e) Gib für die angegebenen Wellenzahlen $\tilde{\nu} = \lambda^{-1}$ der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Streckschwingungen die jeweiligen Schwingungsfrequenzen und die Kraftkonstanten gerundet an.

Bindung	Wellenzahl / cm ⁻¹	Frequenz / s ⁻¹	Kraftkonstante / Nm ⁻¹
C-C	1100		
C=C	1600		
C≡C	2100		

Aufgabe 3: Goldene Chemie

65 Punkte

Gold ist das Edelmetall mit den höchsten Standardpotentialen aller Metalle, dadurch kommt es in der Natur vor allem gediegen vor. Außerdem ist Gold ein Reinelement. Trotz des hohen Standardpotentials gibt es stabile Verbindungen von Gold in verschiedenen Oxidationsstufen.

- a) Definiere die Begriffe „gediegen“ und „Reinelement“. Gib für beide der Eigenschaften jeweils zwei weitere Metalle an, auf welche diese zutreffen. Gib die Quelle deiner Recherche an.
- b) Nenne die beiden wichtigsten Oxidationsstufen, in denen Gold in Verbindungen auftritt und gib jeweils zwei Beispielverbindungen an, die in dieser Aufgabe nicht genannt werden.

	E°/V
Ag ²⁺ Ag ⁺	1,98
Au ⁺ Au	1,69
Au ³⁺ Au ⁺	1,40
O ₂ H ₂ O	1,23
Ag ⁺ Ag	0,80
Cu ⁺ Cu	0,52
Cu ²⁺ Cu ⁺	0,16

Anhand der Standardpotentiale wäre Au⁺ in wässriger Lösung in der Lage, Wasser zu oxidieren. Tatsächlich verhält es sich aber analog zu Cu⁺, während wässrige Lösungen von Ag⁺ stabil sind.

- c) Stelle eine Reaktionsgleichung für die hypothetische Oxidation von Wasser durch Au⁺ auf.
- d) Beschreibe anhand von Reaktionsgleichungen, wie Au⁺ und Cu⁺ in wässriger Lösung tatsächlich reagieren, und begründe dies anhand der Standardpotentiale.

Wässrige Lösungen von AuCl₃ sind stabil, sie enthalten die Koordinationseinheit [AuCl₃(H₂O)].

- e) Benenne diese Koordinationsverbindung mit einem systematischen Namen und formuliere die Gleichgewichtskonstante der Komplexbildungsreaktion ausgehend von [Au(H₂O)₄]³⁺ nach dem Massenwirkungsgesetz.
- f) Begründe, weshalb diese Lösung stabil ist, obwohl aufgrund der Standardpotentiale die Oxidation von Wasser durch die Goldverbindung zu erwarten wäre.

Neben salzartigen Verbindungen bildet Gold auch Legierungen MAu (M = Na, K, Rb, Cs) mit Alkalimetallen, in denen Gold einen anionischen Charakter hat. In Gegenwart von Alkalioxiden M₂O können diese Legierungen durch Alkalihyperoxide zu ternären Oxiden MAuO oder M₃AuO₂ oxidiert werden. Ein Beispiel ist das Oxid A. Es weist einen Sauerstoffgehalt von 5,11 % auf.

- g) Bestimme, um welches ternäre Goldoxid es sich bei A handelt, und gib die Oxidationszahlen aller Elemente in A an.
- h) Stelle eine Reaktionsgleichung für die Oxidation der entsprechenden Legierung MAu zu A auf.

Bei Reduktion von Edelmetallsalzen aus wässriger Lösung fällt das elementare Metall in untypischen Farben an. Zum Beispiel wird bei Reduktion von Silbersalzen häufig ein schwarzer Niederschlag beobachtet. Gold kann beispielsweise durch Citrat zu sphärischen Nanopartikeln reduziert werden. Eine wässrige Dispersion der Gold-Nanopartikel mit einem Durchmesser von 25 nm erscheint beispielsweise rot.

- i) Benenne die Effekte, die dazu führen, dass die Metalle in diesen Formen nicht die typisch silberne bzw. goldene Farbe haben.
- j) Begründe, warum Nanopartikel einen deutlich verringerten Schmelzpunkt aufweisen als makroskopische Festkörper desselben Stoffs.

Goldoberflächen haben eine hohe Affinität zu schwefelhaltigen funktionellen Gruppen. Dies kann ausgenutzt werden, um Bewohner Icholandias aus Aufgabe 1 auf Gold zu immobilisieren: Die „Füße“ des nebenstehenden Einwohners wurden an die Oberfläche von Gold gebunden, indem eine Goldplatte in eine Lösung der Einwohner eingetaucht wurde. Die Schichtdicke der Einwohner wurde anschließend zu 1,97 nm bestimmt.

- k) Schätze die Größe eines Einwohners ab, indem du Bindungslängen aus Aufgabe 1 verwendest und von einer flachen Struktur wie in der Zeichnung ausgehst. Vergleiche mit der gemessenen Schichtdicke, zeichne und begründe, wie der Einwohner wahrscheinlich an die Goldoberfläche gebunden ist.
- l) Gib jeweils eine mögliche Erklärung an, falls der gemessene Wert deutlich unter- oder oberhalb der Größe des Einwohners liegt.

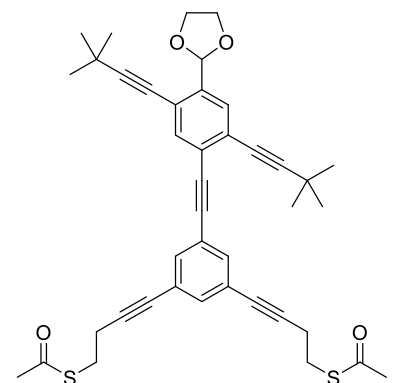


Abbildung 2: Ein weiterer Einwohner Icholandias.

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



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Liebe Schülerinnen und Schüler,
liebe Eltern und Lehrkräfte,

die Welt verändert sich. Und es gibt so viel zu tun. Wir müssen beim Klimaschutz vorankommen, die Digitalisierung klug nutzen, Fortschritte in der Medizin erzielen. Ich bin sicher: Wir kriegen das hin. Und warum bin ich sicher: Weil wir Wissenschaft und Forschung haben. Sie schaffen die Grundlagen für Neues, für Innovationen, für Antworten auf die Fragen unserer Zeit, damit wir ein gutes, selbstbestimmtes und gesundes Leben führen können.

Entscheidend ist, dass wir dafür alle unsere kreativen und intellektuellen Reserven aktivieren und vor allem auch junge Leute früh für Naturwissenschaften, für Mathe und Informatik begeistern. Dass sie sich fragen: Wie will ich einmal leben? Und: Was ist mein Talent? Was kann ich beitragen? Denn Deutschland ist ein Wissenschaftsland, das schon oft bewiesen hat, wie wandlungsfähig es ist, wenn es darauf ankommt. Wir haben so viele kreative Menschen – Menschen, die sich für Neues begeistern.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung engagiert sich darum seit vielen Jahren dafür, dass Kinder und Jugendliche die sogenannten MINT-Fächer und deren Möglichkeiten für sich entdecken. Auch die Förderung verschiedener Schüler- und Jugendwettbewerbe gehört dazu: die naturwissenschaftlichen Wettbewerbe, die ScienceOlympiaden und der BundesUmweltWettbewerb – alle organisiert vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Ich ermuntere alle jungen Menschen dazu, bei den Wettbewerben mitzumachen. Es lohnt sich. Jedes Jahr melden sich bundesweit rund 10.000 Schülerinnen und Schüler ab der 5. Klasse an. Sie lösen knifflige Aufgaben, machen neue Erfahrungen und treffen interessante Menschen. Sie entwickeln das weiter, was in ihnen steckt, was ihnen Freude macht – und das jenseits des Schulalltags.

Liebe Leserinnen und Leser, ich lade Sie ein: entdecken auch Sie die ScienceOlympiaden und den BundesUmweltWettbewerb. Erobern Sie sie. Weil es Spaß macht. Und gut ist: für Sie und für uns alle.

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



© Anne Moldenhauer



KULTUSMINISTER
KONFERENZ

Liebe Schülerinnen und Schüler, liebe Eltern,
liebe Lehrerinnen und Lehrer,

Kinder lernen ihre Welt zu verstehen, indem sie beobachten, entdecken, ausprobieren und begreifen. Schon sehr früh begeistern sie sich für Naturphänomene und Experimente – zu Hause in gewohnter Umgebung oder draußen in der Natur.

„Warum ist das so?“ – diese Frage beschäftigt ein Kind, wenn es sich intensiver mit biologischen, chemischen oder physikalischen Phänomenen befasst. Und diese Frage stellen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Beginn jedes Forschungsprojekts. Die Lust, Neues zu entdecken und Dingen auf den Grund zu gehen, wollen wir in Unterricht und Schule nach Kräften fördern.

Eltern, Erzieherinnen und Erzieher sowie Lehrkräfte können maßgeblich dazu beitragen, dieses Nachfragen, Ausprobieren und Experimentieren zu begleiten und zu vertiefen. Die ScienceOlympiaden unterstützen dieses Engagement auf vorbildliche Weise. Jedes Jahr nehmen mehr als 10.000 Schülerinnen und Schüler an den sechs naturwissenschaftlichen Wettbewerben des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel teil.

Dabei geht es auch ums Gewinnen. Und Wettbewerbe wie die ScienceOlympiaden motivieren Jahr für Jahr zu außergewöhnlichen Leistungen. Aber der gegenseitige Austausch und das Vernetzen untereinander sind viel entscheidender. Wer daran teilnimmt, kann seine Kenntnisse und Fähigkeiten vertiefen, Kontakte knüpfen und tolle Erfahrungen sammeln.

Die Kultusministerkonferenz unterstützt die Anliegen und Ziele der ScienceOlympiaden nachdrücklich. Wir brauchen Menschen, die sich mit Begeisterung und fundierten Fachkenntnissen den wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft stellen. Wir brauchen junge Talente in den Laboren und Forschungseinrichtungen, in der Softwareentwicklung, im Umweltbereich und last but not least als künftige MINT-Lehrkräfte in unseren Schulen. 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!

Astrid-Sabine Busse
Präsidentin der Kultusministerkonferenz 2023

