



# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Fächerübergreifender Unterricht im Fach Chemie mit  
Bewegung und Sport – Unterrichtskonzept zur  
Verbesserung der Leistungsfähigkeit im Sport“

verfasst von / submitted by

Katharina Haas, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Education (MEd)

Wien, 2023 / Vienna 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

UA 199 500 504 02

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB)  
Unterrichtsfach Bewegung und  
Sport Unterrichtsfach Chemie

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton





## Eidesstattliche Erklärung

Ich, Katharina Haas, erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die nachfolgende Masterarbeit selbstständig und ohne Hilfe Dritter verfasst habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als Zitate kenntlich gemacht und alle verwendeten Quellen angegeben habe.

Wien, 03. März 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Katharina Haas' in a cursive script.

Katharina Haas



## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die eine helfende Hand während des Entstehungsprozesses der vorliegenden Arbeit waren.

In erster Linie gebührt meinem Betreuer, Herrn Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton, Dank, welcher mir in meiner Themenwahl und Vorgehensweise ununterbrochen motivierend zur Seite gestanden ist. Diese Arbeit hat mich nicht nur fachlich bzw. didaktisch wachsen lassen, sondern auch persönlich. Außerdem möchte ich mich für das große Interesse an der Teilnahme bei den Sportgymnasien bedanken, die den Grundbaustein legten, um meine Arbeit überhaupt zu ermöglichen.

Natürlich kommt mein Dank auch allen Expert\*innen zu, die meine Unterrichtskonzepte bewertet haben und deren Feedback mich noch einen Schritt weiter Richtung Professionalisierung gebracht hat.

Vor allem aber möchte ich mich bei meinem Freund bedanken, der meine unzähligen Entscheidungen objektiv mit Ratschlägen unterstützt hat, meinen Blickwinkel in vielerlei Hinsicht erweitern konnte und mir Tag für Tag eine emotionale Stütze darstellte.

Abschließend möchte ich mich noch bei meinen Eltern bedanken, die mir dieses Studium überhaupt erst ermöglicht haben, und hier möchte ich vor allem meiner Mama danken, die nicht nur eine Stütze während des Verfassens meiner Masterarbeit war, sondern nahezu jede meiner Arbeiten kontrollgelesen hat.

DANKE!

# Inhaltsverzeichnis

<b>Eidesstattliche Erklärung.....</b>	<b>4</b>
<b>Danksagung .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>9</b>
1.1 Ursache der Themenwahl .....	9
1.2 Aufbau der Arbeit.....	10
<b>2. Theoretische Fundierung .....</b>	<b>12</b>
2.1 Faszination: Bessere Leistungen im Sport durch chemische Kenntnisse? .....	12
2.2 Beliebtheit des Chemieunterrichts.....	13
2.2.1 Chemie im Kontext .....	13
2.3 Mögliche Quervernetzungen der Fächer Bewegung & Sport und Chemie.....	18
2.4 Begriffsklärung fächerübergreifender Unterricht.....	20
2.4.1 Fachüberschreitender Unterricht.....	21
2.4.2 Fächerverknüpfender Unterricht.....	21
2.4.3 Fächerkoordinierender Unterricht.....	22
2.5 Lehrplanverortung .....	23
2.5.1 Unterrichtsfach Chemie .....	23
2.5.2 Fächerübergreifender Unterricht im Sportgymnasium .....	23
2.6 Motivation im Fach Chemie .....	24
2.6.1 Motivationstransfer .....	25
2.7 Kompetenzorientierung .....	27
2.8 Schüler*innenvorstellungen und Vorwissen .....	28
<b>3. Forschungsfrage .....</b>	<b>31</b>
3.1 Hypothesen .....	32
<b>4. Untersuchungsdesign.....</b>	<b>33</b>
4.1 Ergebnisse des Fragebogens.....	35
4.1.1 Charakteristika der Proband*innen .....	37
4.1.2 Allgemeines Vorwissen und Schüler*innenvorstellungen .....	40
4.1.3 Einstellungen zur Sporternährung.....	50
4.1.4 Persönliche Erfahrungen rund um einen Wettkampf.....	53

4.2 Analyse und Interpretation der Ergebnisse .....	59
<b>5. Unterrichtskonzept.....</b>	<b>65</b>
5.1 Fachliche Klärung.....	65
5.1.1 Kohlenhydratverdauung durch Enzyme zu Glukose .....	66
5.1.2 Glykolyse.....	67
5.1.3 Wie kann ATP Arbeit verrichten? .....	77
5.1.4 Glykämischer Index – Glykämische Last .....	78
5.1.5 Blutzuckerspiegel und Insulin.....	79
5.2 Lernziele .....	80
5.3 Kompetenzen .....	81
5.4 Konzeption und Unterrichtsentwurf .....	83
5.5 Evaluierung des Konzepts.....	92
5.5.1 Informationen zur Datensammlung .....	92
5.5.2 Auswertung des Expert*innenratings .....	94
5.5.3 Interpretation des Expert*innenratings und Überarbeitung .....	100
<b>Reflexion und Fazit.....</b>	<b>102</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>104</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>111</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>112</b>
Abstract .....	112
Abstract (Englisch) .....	113
Fragebogen Schüler*innen.....	114
Arbeitsblatt (Unterrichtseinheit 1) .....	121
PowerPoint-Präsentation (Unterrichtseinheit 2 und 3) inklusive Notizen - Erstversion .....	124
Fragebogen Expert*innenrating.....	156
Überarbeitetes Unterrichtskonzept.....	161
Überarbeitete PowerPoint-Präsentation mit Notizen .....	170
Versuchsanleitung (Überarbeitetes Unterrichtskonzept) .....	204

# 1. Einleitung

## 1.1 Ursache der Themenwahl

„Das Fach Chemie gehört in der Schule zu den unbeliebtesten Fächern, nicht nur, weil es sehr anspruchsvoll ist, sondern auch, weil die Schüler\*innen oftmals den Bezug der fachlichen Inhalte zu ihrem täglichen Leben nicht erkennen und weil außerdem in der Regel viel zu wenig experimentiert wird.“ (Holfeld et al., 2005, p. 10).

Doch es gibt so viele Anknüpfungspunkte an die Erfahrungswelt der Lernenden.

Im Zuge dieser Masterarbeit wird erforscht, wie Schüler\*innen eines österreichischen Sportgymnasiums durch das Unterrichtsfach Chemie in ihren sportlichen Leistungen unterstützt werden können.

Wer kennt das Problem nicht, dass man Schultag für Schultag, Unterrichtseinheit für Unterrichtseinheit, Fach für Fach voneinander unabhängige, nicht gedanklich miteinander in Einklang zu bringende Thematiken vorgeführt bekommt. Von den Schüler\*innen wird verlangt, dieses Wissen wie ein Schwamm aufzusaugen, über einen kurzen Zeitraum zu speichern, allenfalls bis zum nächsten Test, und dann das gesamte Wissen wieder zu entleeren (Moegling, 1998). Die zuvor erworbenen Erkenntnisse erscheinen dann oftmals als bedeutungslos und geraten in Vergessenheit. Mit der Postulierung der Bildungsstandards im Jahre 2004 setzte man das Fundament für einen outcome-orientierten Unterricht, der darauf abzielt, Kompetenzen zu entwickeln (Nerdel, 2017). Kompetenzen sind demnach keine Demonstrationen transienten Wissens (Nerdel, 2017). Um Kompetenzen erwerben zu können, muss das gelernte Wissen in Verbindung mit eigenen Erfahrungen gebracht, neu strukturiert und angewendet werden (Nerdel, 2017).

Fächerübergreifender Unterricht bietet nicht nur die Möglichkeit, einen Motivationstransfer von dem überaus beliebten Fach Sport auf das eher unbeliebte Fach Chemie zu erreichen, sondern vielmehr einen Chemieunterricht auf der Erfahrungswelt und den Interessen der Schüler\*innen aufzubauen. Somit wird unter anderem einem großen Baustein des Lehrplans der AHS-Oberstufe im Fach Chemie

Rechnung getragen, welcher unter den didaktischen Grundsätzen im Punkt: „Situier und an Hand authentischer Probleme lernen“ angeführt wird.

Aus dem erlernten Wissen, welches schon in Verbindung mit den eigenen Erfahrungen gebracht wurde, soll in weiterer Folge die Entwicklung einer Handlungskompetenz das Zentrum bilden, um der ganzheitlichen Erziehung einen Schritt näher zu kommen (Moegling, 1998).

Die eben beschriebenen Entwicklungen und die aus eigenen Erfahrungen immer noch vorherrschende Ausrichtung des Unterrichts auf stupides Auswendiglernen hat mein Interesse für fächerübergreifenden Unterricht geweckt und schlussendlich zur Themenwahl für diese Masterarbeit geführt.

## 1.2 Aufbau der Arbeit

Die nachfolgende Arbeit lässt sich grob in vier Teile gliedern.

Im ersten Teil wird ein Überblick über die Möglichkeiten, Grenzen und Ziele fächerübergreifenden Unterrichts mit speziellem Augenmerk auf die Fächerkombination Bewegung und Sport & Chemie dargestellt.

Im zweiten Teil wird das Untersuchungsdesign vorgestellt. Die zu beantwortende Fragestellung wird anhand der Auswertung eines Fragebogens bearbeitet. Dazu wurde an österreichischen Sportgymnasien in der siebten & achten Klasse (elften & zwölften Schulstufe) ein digitaler Fragebogen ausgeteilt, um Informationen über das Ernährungsverhalten in der Vorbereitung auf einen Wettkampf beziehungsweise Ernährungsgewohnheiten während eines Wettkampfs von den teilnehmenden Schüler\*innen zu gewinnen.

Auf Grundlage der erworbenen Erkenntnisse durch die anfangs rein deskriptive Auswertung der Fragebögen führt im nächsten Schritt die Interpretation der Ergebnisse zur konkreten Themenwahl des gestalteten Unterrichtskonzeptes.

Im dritten Teil der Arbeit wird das Unterrichtskonzept im Fach Chemie vorgestellt, die das sportliche Handeln mit chemischem Faktenwissen untermauern sollen. Hierfür werden sowohl Aspekte aufgegriffen, die von einem Großteil der Schüler\*innen schon



bewusst oder unbewusst gut angewandt werden, als auch Aspekte, die ein mögliches Optimierungspotential mit sich bringen.

Im Zuge dieser Arbeit wird ein umfassendes Unterrichtskonzept entwickelt, welches im letzten Teil einem fachkundigen Expert\*innenrating unterzogen wird. Hierbei werden gezielt Einschätzungen und Rückmeldungen von Expert\*innen aus dem entsprechenden Fachgebiet eingeholt, um die Qualität des Konzeptes zu verbessern und weiterzuentwickeln. Die Ergebnisse des Expert\*innenratings werden im Rahmen eines Überarbeitungsprozesses berücksichtigt, um das Unterrichtskonzept in seiner Gesamtheit zu optimieren und somit einen bestmöglichen Lernerfolg zu gewährleisten.

## 2. Theoretische Fundierung

### 2.1 Faszination: Bessere Leistungen im Sport durch chemische Kenntnisse?

„Hier noch ein paar Sekunden rausholen, da noch den einen oder anderen Zentimeter höher springen oder die Energie für noch einen zusätzlichen Sprint im Match aufwenden können“. Großartige Leistungen im Sport und die Faszination, das Unmögliche mit dem eigenen Körper möglich zu machen, zeichnen die hohe Attraktivität des Sports in der Gesellschaft aus.

Doch dieses Spiel lässt sich nicht ins Unermessliche fortsetzen. Ab einem gewissen Leistungsniveau werden die Leistungszuwächse immer geringer und nähern sich vergleichbar eines Graphen an eine Asymptote an einen Grenzwert des absolut Möglichen an. Die Wahrscheinlichkeit, noch schneller zu laufen, nimmt somit ab, da die Grenzwerte der persönlichen Leistungsfähigkeit ausgeschöpft sind, gäbe es nicht die Chemie (Holfeld et al., 2005).

Die Oberflächenbeschaffenheit der Laufbahn, die Sohlenzusammensetzung der Laufschuhe, der strukturelle Aufbau von Stabhochsprungstäben oder die Nährstoffaufnahme am Wettkampftag bieten beispielhafte Ansatzmöglichkeiten, die Rekordzeiten noch weiter in die Höhe zu treiben.

Abgesehen von den legalen Mitteln der Leistungsoptimierung, sind Dopingskandale im Hochleistungssport keine Einzelfälle und unterliegen deshalb strengen Regelungen, deren Einhaltung anhand analytischer Kontrollverfahren überprüft wird (Holfeld et al., 2005).

Chemische Kenntnisse und sportliche Leistungen gehen also Hand in Hand, wenn man durch legale oder oft auch illegale Mittel versuchen möchte, sein Leistungsniveau anzuheben.

Ein Wettkampfsieg bedeutet Ehre, Lob und Achtung. Schafft man es jedoch nur auf den zweiten Platz, bleibt von diesen anerkennenden Würdigungen nur noch wenig übrig. Es liegt daher auf der Hand, dass ein\*e Sportler\*in am Wettkampftag die bestmögliche Leistung erbringen möchte. Um das Maximum ihrer\*seiner

Leistungsfähigkeit auszuschöpfen, muss nicht nur das Training zielgerichtet und effektiv gestaltet werden, auch das Equipment muss umsichtig gewählt werden, wie auch der Ernährung die notwendige Beachtung geschenkt werden muss (Wiskamp & Holfeld).

Sport und Chemie sind beides Unterrichtsfächer, die an der Schule gelehrt werden. Auf den ersten Blick zwei komplett verschiedene Fächer, die wenig Verknüpfungspunkte aufweisen, doch berücksichtigt man die zuvor angeführten Beispiele, so sind die Verbindungsstellen nicht unwesentlich (Holfeld et al., 2005). Insbesondere in einem Sportgymnasium, welches darauf ausgelegt ist, die Schüler\*innen in ihren sportlichen Leistungen zu unterstützen, ist es von hoher Priorität, die Möglichkeiten der Leistungssteigerung aus naturwissenschaftlicher Sicht mit den Schüler\*innen zu durchleuchten.

## 2.2 Beliebtheit des Chemieunterrichts

„Die Chemie ist ein Teil unserer modernen Wissenschaft und Wirtschaft. Verständnis für Sinn und Nutzen der Chemie ist ein notwendiger Bestandteil unserer Bildung. Sein Fehlen schließt für weite Bevölkerungskreise ein Verständnis für die Chemie aus. ... Chemie ist lebensnotwendig. Fast ein Drittel der heutigen Europäer könnte ohne die Arbeit der Naturwissenschaftler, besonders der Chemiker, nicht existieren.“ (Streithofen, 1989 zitiert nach Anton 2008, p. 31)

„Chemie ist wichtig“, darüber sind sich viele einig; warum aber ist dieses Fach bei Schüler\*innen so unbeliebt?

### 2.2.1 Chemie im Kontext

Die Lehrinhalte des Faches Chemie werden in vielen Fällen nur geringfügig an die Realitätsfelder und Erfahrungsbereiche der Lernenden angepasst. Damit geht einher, dass auch von den Schüler\*innen selbst erlerntes chemisches Wissen nicht automatisch auf die Lebenswelt übertragen werden kann. In dem Artikel „Chemie im Kontext – ein neues Konzept für den Chemieunterricht?“ werden hierfür zwei Hauptgründe genannt. Zum einen die oft unpräzisen Bezüge zu Umwelt und alltäglichem Leben und zum anderen das Fehlen der Miteinbeziehung von

Präkonzepten und bereits vorhandenen Schüler\*innenvorstellungen (Huntemann et al., 1999).

Daraus resultierend wirkte man dieser weltweiten Problematik mit der Konzipierung eines Konzeptes entgegen, welches auf forschungsrelevanten und alltagsnahen Thematiken aufbaut (Holfeld et al., 2005). Beispiele hierfür sind Salters Chemistry Course aus Großbritannien oder Chemistry in Community aus den USA (Huntemann et al., 1999). Dabei wird versucht, das erforderliche chemische Fachwissen in Zusammenhang mit einem für Lernende nachvollziehbaren und lebensweltlichen Kontext zu vermitteln (Huntemann et al., 1999).

Das Konzept „Chemie im Kontext“ von Huntemann et al. (1999) zielt darauf ab:

- eine Vielzahl der Schüler\*innen anzusprechen,
- Einsichten in alltagsrelevante Problemstellungen zu gewähren,
- Chemie als ein Fach, welches einen wichtigen Beitrag zur Allgemeinbildung leistet, wahrzunehmen,
- die Handhabung unterschiedlicher Medien sowie Methoden zu erproben,
- die Schüler\*innen dazu zu befähigen, aus eigenem Interesse heraus Antworten und Lösungen auf chemiebezogene Problemstellungen und Fragen zu finden (Huntemann et al., 1999)

In dieser Arbeit wird in methodischer und didaktischer Anlehnung an diese Konzepte versucht, Unterrichtskonzepte zu entwickeln, welche auf die Lebenswelt der Schüler\*innen in einem Sportgymnasium aufbauen. Dabei soll die Bedeutung des Chemieunterrichts insbesondere in dem Fach Sport, welches in einem Sportgymnasium – dem äußeren Anschein nach zu urteilen – ein Fach von essenzieller Bedeutung darstellt, aufgezeigt werden.

Dabei steht man als Lehrperson vor einigen Herausforderungen:

- die unterrichtlichen Konzepte mit einem Alltags- und Lebensbezug zu verbinden,
- die Konzepte forschungsrelevant zu gestalten,
- fachsystematisches Wissen zu generieren.

- Die Konzeption muss zwangsläufig auch im schulischen Kontext umsetzbar sein.  
(Holfeld et al., 2005)

Parchmann, Ralle und Demuth fordern, dass „im Chemieunterricht komplexe, fachübergreifende Fragestellungen im Bezug zur Lebenswelt dargestellt werden, welche die Sinnhaftigkeit der Beschäftigung mit der Wissenschaftsdisziplin einsichtig machen.“ (Holfeld et al., 2005, p. 15)

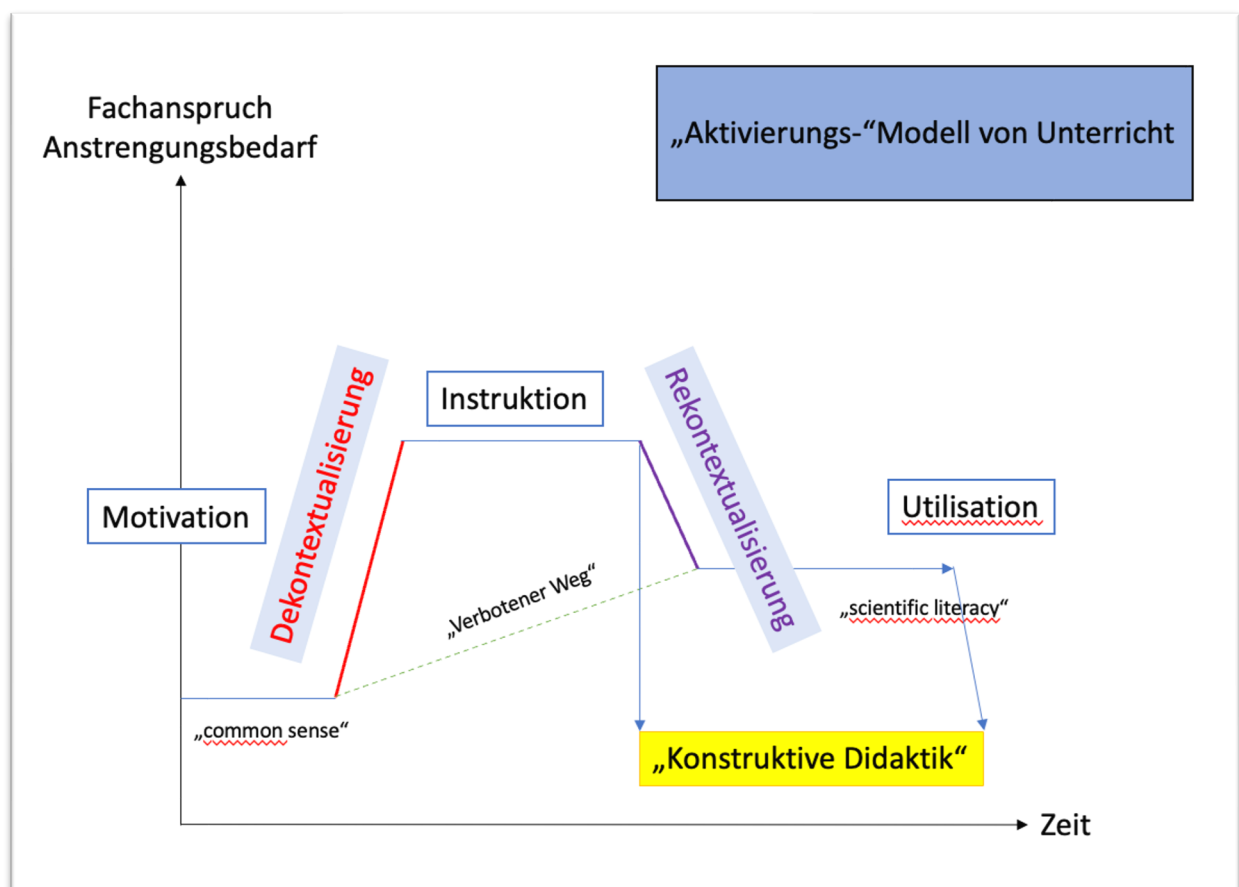
Durch fächerübergreifenden Unterricht<sup>1</sup>, wenn also chemische Inhalte in anderen Unterrichtsfächern thematisiert werden, hat der damit einhergehende Perspektivenwechsel zur Folge, dass auch die subjektive Bedeutung des Faches Chemie gesteigert wird (Holfeld et al., 2005).

Ziel dieser Arbeit ist es, das Fach Chemie im Kontext Bewegung und Sport zu betrachten und Wege der Vermittlung zu finden. Dabei wird versucht, neben den oben beschriebenen Zielen des Konzeptes „Chemie im Kontext“ auch den Anforderungen eines modernen Chemieunterrichtes gerecht zu werden sowie ein adäquates Anforderungsniveau zu wählen, bei dem mithilfe fächerübergreifender Aspekte ein Beitrag zur Allgemeinbildung geleistet wird. Chemisches Fachwissen in verschiedenen Kontexten zu betrachten, ermöglicht das Herstellen von Zusammenhängen, was darauf abzielt, dass der Sachverhalt wirklich verstanden wird. Dieses Verständnis führt wiederum zu einem Erfolgserlebnis, welches folglich eine höhere Motivation begünstigt. Man entfernt sich vom stupiden Auswendiglernen (wie oben angeführt) und schafft es, Kurs von dem unbeliebten, abstrakten Fach Chemie hin zu einem spannenden, hochinteressanten Fach zu nehmen.

---

<sup>1</sup> Fächerübergreifender Unterricht = „der didaktische Oberbegriff für alle Unterrichtsversuche, bei denen verschiedene Fachperspektiven systematisch zur Lösung eines Problems so miteinander vernetzt werden, dass ein thematisch-inhaltlicher Zusammenhang erkennbar wird, eine mehrperspektivische Analyse und Beurteilung gefördert werden und eine handlungsorientierte Problemlösung oder handlungsorientierte Problemlösungsalternativen aus verschiedenen Blickwinkeln heraus entwickelt werden können“ (Moegling, K. (2010). *Kompetenzaufbau im fächerübergreifenden Unterricht : Förderung vernetzten Denkens und komplexen Handelns : didaktische Grundlagen, Modelle und Unterrichtsbeispiele für die Sekundarstufen I und II.* Prolog-Verl. <https://ubdata.univie.ac.at/AC07983077>

Ursprung des Lernens sollen laut Gräsel und Parchmann (2001) Fragestellungen oder Problemlagen sein, welche auf der Erfahrungswelt der Schüler\*innen beruhen, um das Interesse und die Motivation, etwas Neues lernen zu wollen, anzuspornen (vgl. Abbildung 1) (Gräsel & Parchmann, 2004). Aufbauend darauf soll mittels Dekontextualisierung (Erkennen und Verstehen der wesentlichen Aspekte) und Rekontextualisierung (Zusammenhänge erkennen und das Wissen neu verknüpfen) ein übergeordnetes Verstehen der Basiskonzepte der Chemie erreicht werden (Gräsel & Parchmann, 2004). Hierfür sollte bei der Auswahl der Unterrichtsmethode aus dem Vollen geschöpft werden, wobei das zu erfüllende Lernziel dabei immer im Hinterkopf behalten werden muss. Somit erhöht sich die Lernaktivität, welche in weiterer Folge zu einem selbstgesteuerten Lernen führt (Gräsel & Parchmann, 2004).



16

In der Abbildung 1 wird der Weg von teilweise fehlerhaften, unreflektierten Alltagsvorstellungen, die in den Köpfen der Schüler\*innen noch nicht strukturiert abgespeichert wurden (Schüler\*innenvorstellungen – siehe Kapitel 2.8), durch gezielten kontextorientierten Unterricht zu vernetztem, reflektiertem systematisch angeordnetem und anwendbarem Wissen dargestellt (Anton, 2019).

Trotz dieser erfolgversprechenden Konzeptionen müssen auch die Gefahren und Risiken in diesem Zusammenhang durchleuchtet werden. Als Kritikpunkte werden die Oberflächlichkeit der Fachkunde sowie fehlende fachsystematische Zusammenhänge genannt (Krischer, 2014). Weiters entstünde das Risiko, dass das erlernte Wissen ausschließlich in Kombination mit dem verwendeten Kontext verstanden werde, was ein Anwenden auf andere Situationen verhindern würde (Krischer, 2014). Durch eine gezielte Dekontextualisierung und Rekontextualisierung soll dieser Problematik entgegengewirkt und der Aufbau eines kontextunabhängigen Wissensfundamentes erreicht werden (Di Fuccia et al., 2007).

In dem CHiK-Projekt ist die Rede von sechs Basiskonzepten, welche die Grundlage für das Verständnis chemischer Prozesse sind (Di Fuccia et al., 2007):

1. Stoff-Teilchen-Konzept
2. Struktur-Eigenschafts-Konzept
3. Donator-Akzeptor-Konzept
4. Energie-(Entropie)Konzept
5. Konzept des chemischen Gleichgewichts
6. Konzept der Reaktionsgeschwindigkeit

Diese sechs Basiskonzepte lassen sich in den momentan gültigen didaktischen Grundsätzen des AHS-Lehrplans der Oberstufe für das Fach Chemie ebenfalls wiederfinden. Hierzu heißt es: „Die Auswahl der Inhalte und Methoden ist so vorzunehmen, dass die Entwicklung und Anwendung folgender Basiskonzepte verwirklicht ist“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2022).

## 2.3 Mögliche Quervernetzungen der Fächer Bewegung & Sport und Chemie

Eine der Möglichkeiten, den Chemieunterricht kontextorientiert zu gestalten, bietet fächerübergreifender Unterricht. Insbesondere durch die Verbindung zwei so unterschiedlicher Fächer entsteht ein besonderes Potential, da die physischen Erlebnisse aus dem Fach Bewegung und Sport, aber auch ganz allgemein aus den sportlichen Erfahrungen für die Entstehung chemiebezogener Frage- und Problemstellungen herangezogen werden können (Kramer, 2020).

In dieser Arbeit wird ausschließlich auf fächerübergreifenden Unterricht in den Fächern Bewegung und Sport und Chemie eingegangen. Hierfür stellt sich die Frage, welche möglichen Quervernetzungen sich zwischen diesen beiden Unterrichtsfächern ergeben.

Laut einer umfangreichen Studie (Sjøberg & Schreiner, 2010) wurde die Bedeutung der Einbeziehung von Erfahrungen, Ansichten und Interessen der Schüler\*innen bei der Themenwahl im Unterricht untersucht. Aus den Resultaten der Studie lässt sich eine deutliche Präferenz der Unterrichtskontexte in Verbindung mit gesundheitsorientierten Themen sowie bewegungs- und sportorientierten Inhaltsbereichen beobachten (Sjøberg & Schreiner, 2010).

Im nachfolgenden Abschnitt werden mögliche Themen in Zusammenhang mit Sport und Gesundheit diskutiert:

Im Großen und Ganzen lassen sich zwei Stränge unterscheiden:

- Biochemische Kontexte

Hierbei können die Stoffwechselvorgänge während des Sports, energiebereitstellungsbedingte Anforderungen an die Ernährung, Verhinderung von Krämpfen, die Entstehung von Muskelkater, Doping, optimale Nährstoffversorgung vor und während des Sports, sportartenspezifische Ernährung, Optimierung des Muskelglykogens u. v. m. angeführt werden. In dieser Arbeit werden einige Fragestellungen dieser biochemischen Zugänge aufgegriffen.

- Neue Materialien



Bei diesem Thema könnte man sich beispielsweise mit Kältesprays, Kunststoffen im sportlichen Kontext oder der Auswirkung von Unterschieden in Materialbeschaffenheiten usw. auseinandersetzen.

## 2.4 Begriffsklärung fächerübergreifender Unterricht

Bei einem fächerübergreifend gestalteten Unterricht werden Aspekte aus zwei oder mehreren Fachdisziplinen miteinander verknüpft (Labudde, 2004). In dieser Arbeit handelt es sich um die Kombination des Unterrichtsfachs Chemie mit dem Fach Bewegung und Sport. In dem Buch „Naturwissenschaften vernetzen, Horizonte erweitern: fächerübergreifender Unterricht konkret“ werden die Begriffe fächerübergreifend und interdisziplinär äquivalent verwendet (Labudde, 2008, p. 7).

Fächerübergreifender Unterricht kann per se aber noch in weitere Rubriken differenziert werden, wie in Abbildung 2 aufgeschlüsselt.

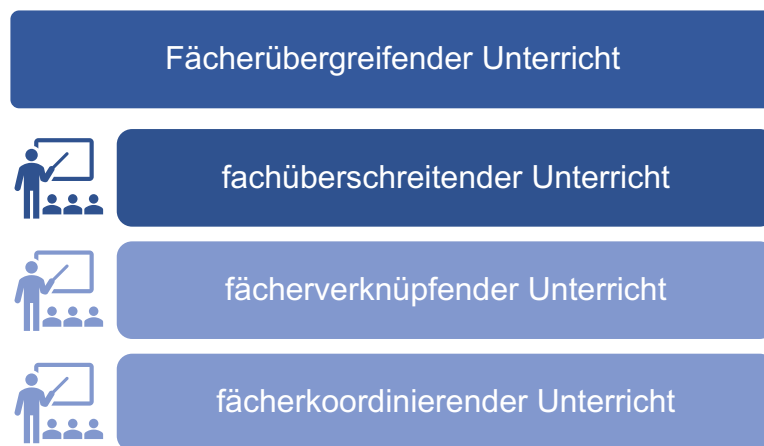


Abbildung 2: Fächerübergreifender Unterricht

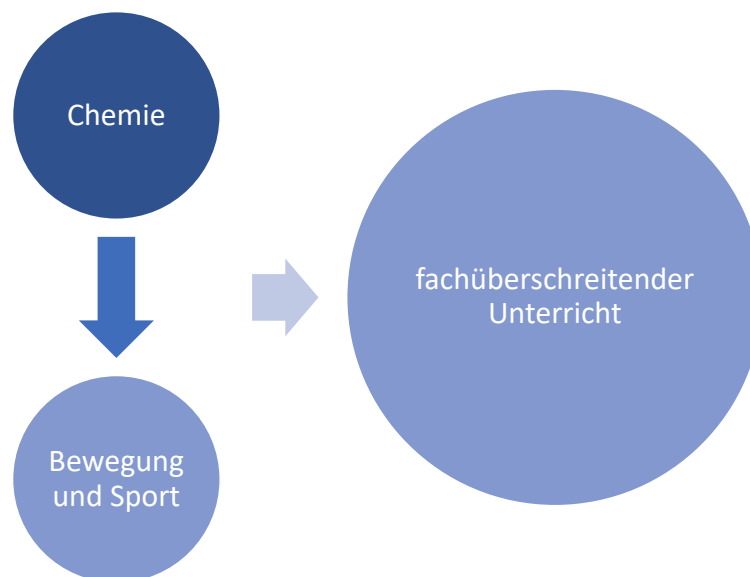
Fächerübergreifender Unterricht wird demnach als Oberbegriff unterschiedlicher Arten von Unterricht angesehen.

Moegling (2010, p.13) definiert fächerübergreifenden Unterricht als den „didaktische[n] Oberbegriff für alle Unterrichtsversuche, bei denen verschiedene Fachperspektiven systematisch zur Lösung eines Problems so miteinander vernetzt werden, dass ein thematisch-inhaltlicher Zusammenhang erkennbar wird, eine mehrperspektivische Analyse und Beurteilung gefördert werden und eine handlungsorientierte Problemlösung oder handlungsorientierte Problemlösungsalternativen aus verschiedenen Blickwinkeln heraus entwickelt werden können“.

### 2.4.1 Fachüberschreitender Unterricht

Bei fachüberschreitendem Unterricht wird von der Lehrperson eine Brücke zu einem anderen Unterrichtsfach geschlagen. Hierbei wird bei der Ausgestaltung eines unterrichtlichen Themenbereiches eine Verbindung zu interessanten und bedeutungsvollen Aspekten eines anderen Unterrichtsgegenstandes hergestellt. Die Verbindung wird aber nur von einem auf ein anderes Fach aufgebaut (Labudde, 2014). Somit ist der fachüberschreitende Unterricht als Form des fächerübergreifenden Unterrichtes rein organisatorisch am leichtesten handhabbar, da keine Zusammenarbeit mit anderen Lehrpersonen erforderlich ist (Labudde, 2008).

Diese Arbeit ist hauptsächlich fachüberschreitend aufgebaut (siehe nachfolgende Abbildung 3).



*Abbildung 3: Fachüberschreitender Unterricht*

### 2.4.2 Fächerverknüpfender Unterricht

Bei fächerverknüpfendem Unterricht koordinieren sich zwei oder mehrere Fächer wechselseitig miteinander (siehe Abbildung 4). In den beteiligten Fächern wird ein Stoffgebiet zeitnah unterrichtet (Moegling, 2010). Die fachlichen Inhalte der verschiedenen Fächer werden inhaltlich verwoben, sind aber noch nach den jeweiligen Unterrichtsfächern separiert (Labudde, 2004). Im ausgearbeiteten Unterrichtskonzept ist auch eine Erweiterungsoption auf einen fächerverknüpfenden Unterricht integriert.

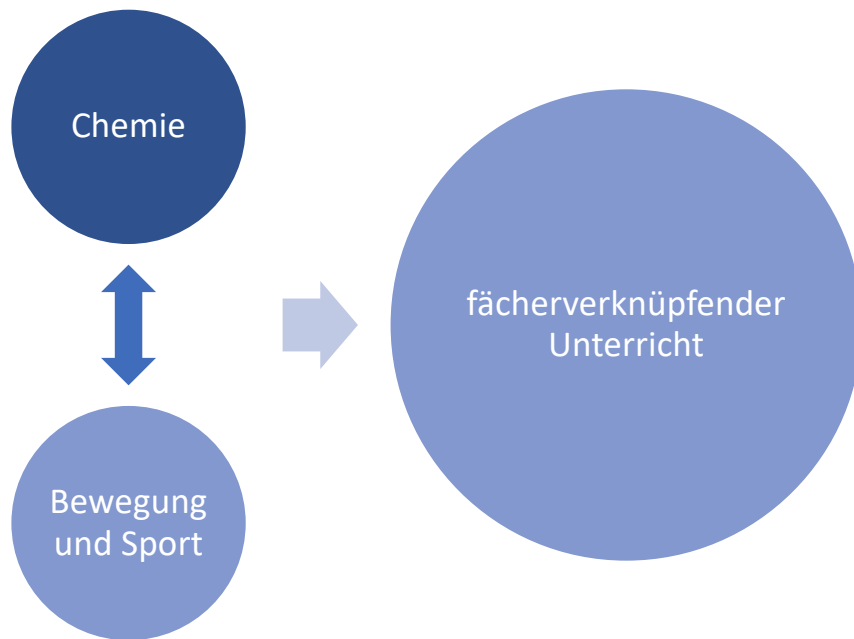


Abbildung 4: Fächerverknüpfender Unterricht

### 2.4.3 Fächerkoordinierender Unterricht

Ziel des fächerkoordinierenden Unterrichts ist die gemeinsame Aufbereitung und Abhandlung eines Themengebietes in Abstimmung von zwei oder mehreren Unterrichtsfächern. Hierfür müssen die Fächer intern abgestimmt und koordiniert werden. Der Unterricht selbst findet trotzdem nach den Fächern separiert statt (siehe Abbildung 5) (Moegling, 2010).

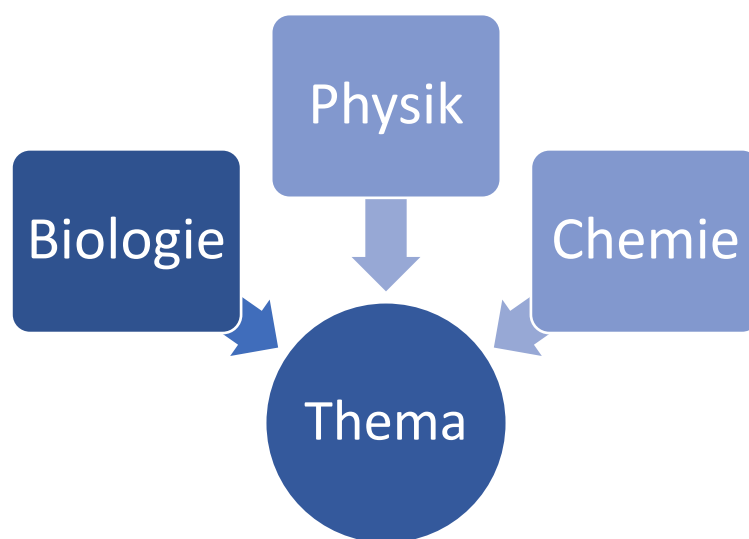


Abbildung 5: Fächerkoordinierender Unterricht

## 2.5 Lehrplanverortung

### 2.5.1 Unterrichtsfach Chemie

Im Unterrichtsfach Chemie lassen sich biochemische Fragestellungen in der achten Klasse (12. Schulstufe) des AHS-Lehrplans der Oberstufe verorten. Unter dem Abschnitt der Bildungs- und Lehraufgabe lassen sich inhaltlich folgende Ausführungen mit dem Kontext Sport und Bewegung in Einklang bringen:

- „Ausgewählte Stoffwechselprozesse skizzieren“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2022).
- „Lebensvorgänge beruhen auf stofflichen und energetischen Veränderungen“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2022).
- „Durch kritisch reflektierenden Einsatz von differenzierten Stoffkenntnissen zu Ernährungsempfehlungen Stellung beziehen“ (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2022).

### 2.5.2 Fächerübergreifender Unterricht im Sportgymnasium

In einem Sportgymnasium haben die Schüler\*innen im Mittel sieben bis acht Stunden Sport pro Woche. Im Vergleich dazu haben Schüler\*innen in einer normalen allgemeinbildenden höheren Schule etwa zwei bis drei Stunden Sport. Ein Sportgymnasium zielt darauf ab, Lernenden ein möglichst großes sportbezogenes Praxisspektrum zu bieten, wobei die sportliche Praxis dabei in Wechselbeziehung mit der Theorie des Sports steht. Um in einem Sportgymnasium aufgenommen zu werden, bedarf es einer Eignungsprüfung, bei welcher vorausgesetzte motorische Fähigkeiten und Fertigkeiten überprüft werden.

Dieser Schultyp zielt neben einer breiten sportlichen Theorie- und Praxisausbildung darauf ab, die Jugendlichen an altersgemäße Wettkämpfe heranzuführen und sie in ihren sportlichen Leistungen zu unterstützen.

Auch die Sportmatura als Bestandteil eines Sportgymnasiums beinhaltet sowohl eine Praxis- als auch eine Theorie-Prüfung; diese findet in der Regel in der siebten Klasse (elften Schulstufe) statt.

Diese Masterarbeit basiert auf zwei Annahmen:

Zum einen wird davon ausgegangen, dass alle Schüler\*innen schon einmal an einem Wettkampf teilgenommen haben. Zählt man die Sportmatura zu einem klassischen Wettbewerb, kann diese Annahme in jedem Fall validiert werden. Zum anderen ist anzunehmen, dass die Lernenden Wettkämpfe nicht nur im Zuge des Schulangebotes nutzen, sondern auch in der Freizeit ein hohes Sportinteresse aufweisen, was dazu führt, dass der Großteil auch privat schon an Wettkämpfen teilgenommen hat und auch in Zukunft teilnehmen wird.

In einem Sportgymnasium dreht sich alles um das Thema Sport. Welchen Teil kann man als Chemielehrer\*in beitragen, um sportbegeisterte Jugendliche in ihren sportlichen Leistungen zu unterstützen. Wie kann man die Interessen und Vorlieben der Schüler\*innen als Chemielehrkraft richtig nutzen? Welches Potential ergibt sich aus dieser Leidenschaft, die den Schüler\*innen gemein ist?

Diese und einige weitere Themengebiete werden im Laufe der Arbeit diskutiert.

## 2.6 Motivation im Fach Chemie

Soll Notendruck im Chemieunterricht als Mittel dienen, Schüler\*innen zum Lernen zu bewegen? Verbirgt sich dahinter die Motivation für das Fach? Laut Barke (2006) erreicht man durch diesen Zwang, gute Noten zu erhalten, eher den gegenteiligen Effekt. Vielleicht ist es eine kurzfristige extrinsische Motivation bis zur nächsten Lernzielkontrolle oder bis zur nächsten Wissensüberprüfung, aber Motivation für das Fach Chemie und Motivation für einen langfristigen sinnbehafteten Wissenserwerb entstehen hiermit nicht (Barke, 2006). Die Notengebung per se soll demnach nicht als Mittel zum Zweck des Interessenserwerbes der Schüler\*innen eingesetzt werden (Anton, 2008).

Methoden der Motivierung zu finden, stellt demzufolge eine bedeutende Aufgabe der Lehrkraft dar (Barke, 2006). Um zu chemischen Fragen, Vermutungen und Problemstellungen Stellung zu beziehen, erfordert es Motivation. Das zu erlernende Wissen muss auf den Interessen der Schüler\*innen aufbauen und den persönlichen Nutzen des Erlernten auch für das Leben außerhalb der Schule transparent aufzeigen (Anton, 2008).

Anton (2008) beschreibt in seinem Buch „Kompendium Chemiedidaktik“ drei Voraussetzungen für den Aufbau intrinsischer Motivation und das Wecken des Interesses der Lernenden:

- An das Vorwissen der Schüler\*innen anknüpfen.
- Neue Information anschaulich vorstellen.
- Die subjektive Bedeutung des Lernziels kommunizieren.

(Anton, 2008)

Insbesondere im Fach Chemie, aber auch ganz generell in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsgegenständen, verfügt man über den Vorteil, Interesse und Neugierde mittels Aufgreifen von Alltagsproblematiken sowie Erscheinungen in Natur und Umwelt generieren zu können (Barke, 2006). Schafft man es, die Schüler\*innen durch Rekontextualisierung weiter zu begeistern, kann ein Übergang von situationsabhängiger Neugier hin zu langfristigerer Motivation für das Fach Chemie beobachtet werden (Barke, 2006). Als Konsequenz dessen muss die Notengebung nicht mehr als Motivationsgenerator herangezogen werden.

Werden diese Kognitionsprozesse von positiven Gefühlen begleitet, so kann abgesehen vom Interesse und der Neugier eine positive Grundeinstellung zum Fach Chemie hergestellt werden (Barke, 2006). Zielgerichtete Demonstrationsversuche sowie sinnvoll eingesetzte Schüler\*innenexperimente sind Beispiele dafür, positive Emotionen bei Jugendlichen hervorzurufen, um das übergeordnete Ziel der intrinsischen Motivation im Chemieunterricht zu entfachen und aufrecht zu erhalten (Barke, 2006).

### 2.6.1 Motivationstransfer

Janssen (2015) beschreibt einige Gründe für die fehlende Popularität des Unterrichtsfaches Chemie.

- Die Gestaltung des Unterrichts findet ohne Berücksichtigung der Interessen der Lernenden statt (Janssen, 2015).
- Regelmäßige Erfolgserlebnisse bleiben aus (Janssen, 2015).

- Die große Menge an Unterrichtsstoff führt schnell zu einer Überforderung (Janssen, 2015).
- Naturwissenschaftliche Unterrichtsgegenstände, allem voran das Fach Chemie, werden von den Schüler\*innen als besonders anspruchsvoll wahrgenommen (Janssen, 2015).
- Chemieunterricht verwendet oft Modelle zur Erklärung, die nicht der absoluten Wahrheit entsprechen und weder visuell noch haptisch von Schüler\*innen wahrgenommen werden können. Chemieunterricht wird als abstrakt empfunden. Zugleich trägt der ständige Wechsel der submikroskopischen, makroskopischen und symbolischen Ebene nicht dazu bei, diesem Problem entgegenzuwirken (Janssen, 2015).
- „Dieses neue Waschmittel, ganz ohne Chemie“, so oder so ähnlich klingen die Werbeslogans in vielen Medien. Chemie wird als gefährlich und umweltschädlich dargestellt und diese negative Einstellung ist in weiten Teilen der Gesellschaft tief verankert (Janssen, 2015).

Anders sieht es bei der Beliebtheit des Unterrichtsgegenstandes Bewegung und Sport aus. Bewegung und Sportunterricht zählt sowohl bei Mädchen als auch bei Buben zu den beliebtesten Schulfächern (Digel, 1996).

Dieses Phänomen kann man sich im Chemieunterricht zu Nutze machen. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem sogenannten Motivationstransfer vom populären Unterrichtsfach Bewegung und Sport auf das weniger populäre Fach Chemie (Labudde, 2008). Diese Übertragung der Motivation wurde in einem Projekt namens „EMotion“ erforscht (Vetrovsky & Anton, 2008). Im Zuge dieser Untersuchung wurde eine Korrelation der positiven Emotionen, die in der Natur gesammelt werden, mit dem positiven Einfluss auf die Motivation im Fach Chemie festgestellt. Dazu wurden mit den Schüler\*innen Wanderungen unternommen und diese mit naturwissenschaftlichen Forschungen und Analysen kombiniert, wie beispielsweise der Extraktion von Kräuteringredienzien oder der Analyse und Interpretation von Schneeprofilen (Vetrovsky & Anton, 2008).



## 2.7 Kompetenzorientierung

Dem Lernen in der Schule wird oftmals unterstellt, kaum praxisorientiert und wenig alltagsnah zu sein. Die Lehrpläne sind überfüllt, was oft dazu führt, dass der Sinn und Zweck einzelner Themenbereiche für die Schüler\*innen nicht als sinnvoll und nachvollziehbar eingestuft wird (Kern et al., 2017). Lernen in der Schule sollte jedoch weitaus mehr als rein stupides Auswendiglernen sein (Labudde, 2008). Als Lehrkraft sollte man daher immer der Frage nachgehen: „Wofür brauche ich das in Zukunft?“ (Kern et al., 2017).

In jüngerer Vergangenheit wurde deshalb ein stärkeres Augenmerk auf den Erwerb von Kompetenzen gelegt. Weinert (2001, p. 27f) definiert den Begriff der Kompetenz wie folgt: Bei ihr handelt es sich um „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001).

Eine weitere Definition für den Kompetenzbegriff lautet: „Kompetenzen sind verfügbare Fertigkeiten und Fähigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen und die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich nutzen zu können und zu wollen“ (Leisen, 2022).

Diese mit dem Kompetenzbegriff einhergehende Handlungsorientierung ist in dem dreidimensionalen Kompetenzmodell für das Fach Chemie festgehalten und besteht aus den Handlungsdimensionen „Wissen organisieren“, „Erkenntnisse gewinnen“ und „Konsequenzen ziehen“ (Kern et al., 2017). Diese Dimensionen stehen dem bloßen Faktenlernen entgegen und werden durch Deskriptoren detailliert ausformuliert (Kern et al., 2017).

In der nachfolgenden Abbildung 6 lassen sich der dreidimensionale Aufbau des Kompetenzmodells und eine Zuordnung zum erstellten Unterrichtskonzept erkennen.

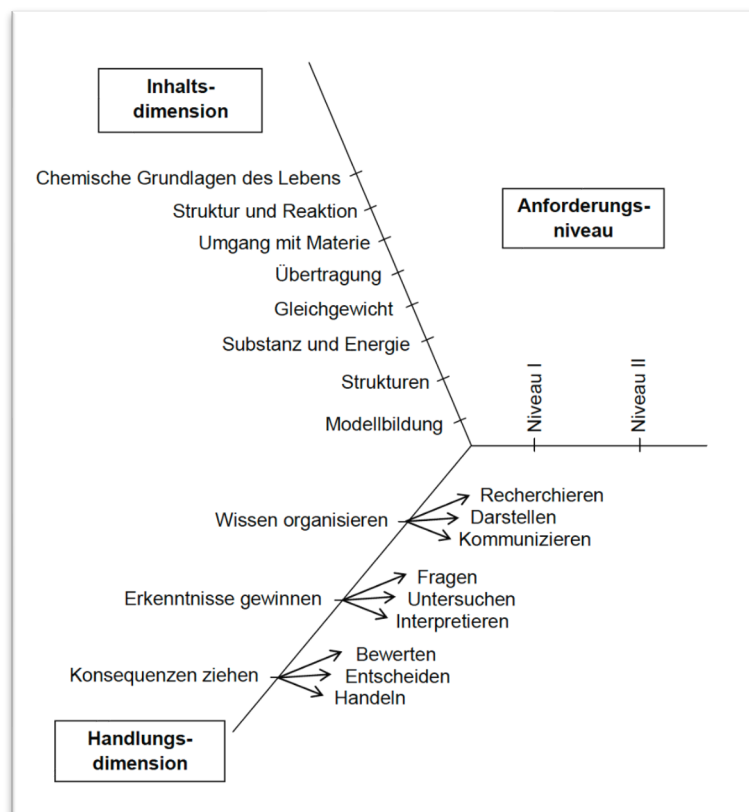


Abbildung 6: Kompetenzmodell AHS Oberstufe (Kern et al., 2017)

## 2.8 Schüler\*innenvorstellungen und Vorwissen

Die Vorstellung von Lehrer\*innen, dass Schüler\*innen als leere Blätter in den Chemieunterricht einsteigen, ist schlicht und ergreifend falsch. Vor dem Eintritt in die Schule haben sich die Lernenden schon mit naturwissenschaftlichen Themenbereichen, die sie in ihrem Alltag erlebt haben, bewusst oder unbewusst auseinandergesetzt (Streller et al., 2019). Egal, ob Fernsehsendungen wie „Forscherexpress“, der Sachunterricht in der Volksschule, das eindrucksvolle Weihnachtsgeschenk mit dem Titel „Mein erstes eigenes Chemielabor“ oder allgemeine Rückschlüsse aufgrund eigens erlebter Beobachtungen und Entdeckungen. Kinder und Jugendliche haben sich für diese Geschehnisse bereits Erklärungen zurechtgelegt und sind demnach keineswegs leere Blätter. Diese persönlichen Erklärungsansätze lassen sich in erster Hinsicht nicht in Deckung mit den naturwissenschaftlich anerkannten Erläuterungen bringen (Streller et al., 2019). Die Gesamtheit der präwissenschaftlichen Erkenntnisstrukturen wird in dieser Arbeit als Schüler\*innenvorstellungen bezeichnet.

In dem Prozess der Unterrichtsgestaltung müssen diese Schüler\*innenvorstellungen zwangsläufig mitberücksichtigt werden, um Lernen in die Tiefe zu ermöglichen (Eisner et al., 2019).

Ein Zitat aus dem Buch Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen von Barke (2006, p. 26) untermauert diese Behauptungen: „Alle neuen Erfahrungen, die die Schüler\*innen im Unterricht machen, werden mit Hilfe bereits vorhandener Vorstellungen organisiert (Ausubel).“

Die Grundlage eines nachhaltigen Lernprozesses stellt die Anknüpfung an den Wissensstand der Schüler\*innen dar (Streller et al., 2019).

Bleiben die Schüler\*innenvorstellungen unberücksichtigt, so besteht die Gefahr, dass das erworbene Wissen nur bis zur nachfolgenden Prüfung abgespeichert und nachträglich sukzessive gegen die zuvor jahrelang vorgeherrschten Erklärungsansätze ausgetauscht wird (Barke, 2006).

Schüler\*innenvorstellungen können unter Verwendung der didaktischen Rekonstruktion für den Unterricht wertvoll aufbereitet werden (Kattmann & Cypionka, 2019). Diese Aufbereitung kann anhand unterschiedlicher Wege erfolgen, je nach Art und Weise der Schüler\*innenvorstellungen sowie des betreffenden Stoffgebietes (Eisner et al., 2019).

- a. **Anknüpfen** an eine Vorstellung aus dem Alltag und diese mit den naturwissenschaftlich gültigen Erkenntnissen untermauern (Eisner et al., 2019).
- b. Mit Hilfe der Veränderung des Blickwinkels die Vorstellung um weitere Perspektiven **ergänzen** (Eisner et al., 2019).
- c. Zu den Schüler\*innenvorstellungen einen klaren **Kontrast** aufzeigen, um neue Erkenntnisse generieren zu können (Eisner et al., 2019).

Die Selbsterkenntnis, dass man mit seinen eigenen Erklärungen und Sichtweisen nicht vorankommt und beginnt, gedanklich anzustehen, stellt den Auftakt des Einlassens auf neue Denkmuster dar (Barke, 2006).

Für eine nachhaltige Bildung ist es demnach erstrebenswert, den Chemieunterricht an den Erfahrungen der Schüler\*innen zu orientieren und diese aus dem Alltag kommenden Vorstellungen nicht unberücksichtigt zu lassen (Eisner et al., 2019).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die direkte Anwendung der erworbenen fachspezifischen Kenntnisse im Alltag der Schüler\*innen. Die Kenntnisse sollen den Schüler\*innen eine Hilfestellung bieten, ihre persönlichen sportlichen Leistungen zu verbessern. Die sportlichen Leistungen ermöglichen es, den erlernten Inhalten eine subjektive Bedeutung beizumessen. Bei der Gestaltung des Unterrichtskonzeptes wird den Schüler\*innenvorstellungen und dem Anknüpfen an das Vorwissen ein hoher Stellenwert zugeschrieben.

### 3. Forschungsfrage

Meine Arbeit zielt darauf ab, herauszufinden, wie man die Fächer Bewegung und Sport und Chemie in einen fächerübergreifenden Kontext packen kann.

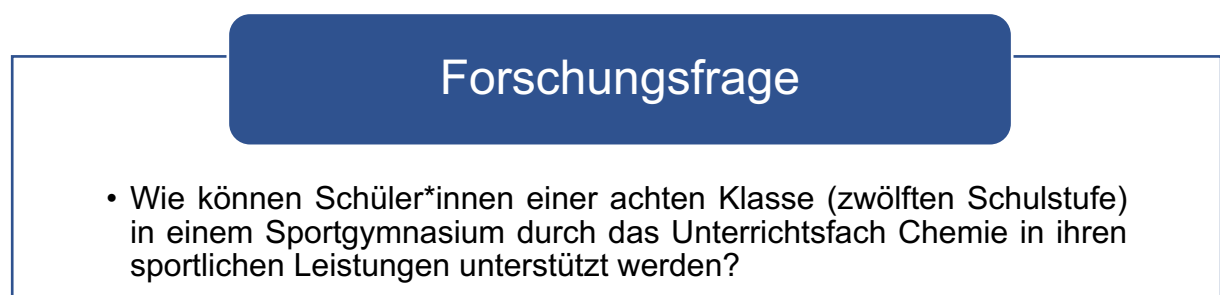
Maßgeblich für die Entwicklung des Unterrichtskonzeptes ist aus diesem Grund die Auswertung des Fragebogens, in welchem einige gesammelte Schüler\*innenvorstellungen aufgegriffen werden.

Um die subjektive Bedeutung des Unterrichtsthemas für die Schüler\*innen möglichst hochzuhalten, fokussiere ich mich bei der Erstellung der Unterrichtskonzepte auf die etwaige Durchführung in österreichischen Sportgymnasien. Dies soll auf keinen Fall eine Durchführung in weiteren allgemeinbildenden höheren Schulen ausschließen.

Wenn die Sportbegeisterung und regelmäßige Teilnahme an Wettkämpfen auch in anderen Klassen gewährleistet ist, so ist eine Durchführung auch in einem anderen Rahmen denkbar.

Chemieunterricht findet in einer allgemeinbildenden höheren Schule in der Regel nur in der elften und zwölften Schulstufe statt. Im Abgleich mit den Lehrplänen (siehe Kapitel 2.5 Lehrplanverortung) erscheint mir die Umsetzung dieses Themengebietes in der zwölften Schulstufe am besten geeignet.

Daraus kristallisiert sich die Forschungsfrage für diese Masterarbeit heraus:



*Abbildung 7: Forschungsfrage*

Im Laufe der Arbeit sollen folgende weitere Fragestellungen ebenfalls beantwortet werden:

- Wie hoch liegt die subjektive Bedeutung des Inhaltsbereiches Ernährung im Wettkampfsport bei Schüler\*innen der elften und zwölften Schulstufe eines Sportgymnasiums?
- An welches Vorwissen zu dem Thema „Ernährung vor und während eines Wettkampfes“ kann im Zuge dieser Arbeit angeknüpft werden?
- Welche Schüler\*innenvorstellungen herrschen zur Thematik Ernährung im Wettkampfsport vor bei Schüler\*innen der elften und zwölften Schulstufe eines Sportgymnasiums?
- Kann mit dieser Art von Unterricht das Interesse am Fach Chemie beziehungsweise die Motivation im Unterricht erhöht werden?

### 3.1 Hypothesen

*Unterrichtseinheiten zum Thema Ernährung im Sport im Fach Chemie können für Schüler\*innen einen unterstützenden Effekt haben, ihre sportlichen Leistungen zu verbessern/optimieren.*

Es ist anzunehmen, dass Unterrichtseinheiten zum Thema Ernährung im Sport, insbesondere die Ernährung in der Woche vor einem Wettkampf beziehungsweise am Wettkampftag, ein Optimierungspotential für die persönlichen sportlichen Leistungen darstellen können. Somit wird auch von einer erhöhten subjektiven Bedeutsamkeit für die Lernenden ausgegangen. Durch die Abhandlung der praxisorientierten Thematik „Ernährung im Wettkampfsport“ können die Schüler\*innen das Wissen für die Optimierung ihrer persönlichen sportlichen Leistungen nutzen und der Identifizierungsgrad mit der Thematik wird als hoch eingestuft. Die Frage aller Fragen: „Wofür brauche ich das eigentlich?“ kann von den Teilnehmer\*innen selbst beantwortet werden und in weiterer Folge in der Freizeit getestet und das erworbene Wissen im Alltag genutzt werden.

Auch von Vorwissen und etwaigen Schüler\*innenvorstellungen wird ausgegangen mit der Eventualität, dass sich diese Vorstellungen unter Umständen weit diversifizieren.

## 4. Untersuchungsdesign

Als Untersuchungsmedium wurde ein Fragebogen erstellt. Der Fragebogen zielt darauf ab, eine konkrete Vorstellung über das bereits vorhandene Vorwissen der Schüler\*innen der elften und zwölften Schulstufe eines Sportgymnasiums zum Thema Ernährung im Zusammenhang mit Wettkampfsport zu erlangen. Des Weiteren werden wettkampfsportrelevante Ernährungsmythen aufgegriffen und deren Geltung im Rahmen des Fragebogens von den Schüler\*innen bewertet. Auch die persönlichen positiven wie negativen Erfahrungen mit der Nahrungsmittelaufnahme oder deren Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit im Wettkampf wird untersucht.

Sinn und Zweck des Fragebogens stellt nicht primär die Überprüfung des bereits verfügbaren Wissensstandes dar, sondern er bietet vielmehr die Möglichkeit, einen Eindruck von der subjektiven Relevanz des Themas zu bekommen. Darüber hinaus konzentriert sich – erkennbar an der praxisnahen Art der gestellten Fragen – die Untersuchung darauf, herauszufinden, ob und inwieweit sich die Schüler\*innen bereits mit der Thematik auseinandergesetzt haben. In weiterer Folge können somit mögliche Optimierungspotentiale in der Ernährung rund um einen Wettkampf aufgezeigt und diese mit chemischen Kenntnissen untermauert werden.

Im Anschluss an die allgemeinen personenbezogenen Fragen wie Geschlecht, Alter, Schulstufe, Art des Wettkampfsportes, Frequenz der Wettkampfteilnahme und das generelle Interesse an dem Unterrichtsfach Chemie folgen die Fragen zur subjektiven Relevanz der Ernährung im Wettkampfsport.

Zuallererst sollen die Befragten angeben, ob sie grundsätzlich darauf achten, ihren Körper ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen, um zu erkennen, ob das Thema Ernährung im Ganzen für die Schüler\*innen von Bedeutung ist. Im Anschluss wird der Stellenwert der Ernährung im Zusammenhang mit Wettkampfsport ermittelt.

Die nächste Frage verlangt eine Zuteilung von Nährstoffen in energieliefernde oder nicht energieliefernde Nährstoffe und dient dazu, Einblick in das Vorwissen der Schüler\*innen zu erlangen.

Im nächsten Fragenblock wird konkret auf zwei Nahrungsmittel, Bananen und Traubenzucker, eingegangen, welche auf die Unterschiede in Struktur und Aufbau von

Kohlenhydraten, den glykämischen Index, die Hypoglykämie (Unterzuckerung), die Glykogenspeicherfähigkeit und die Schnelligkeit der Kohlenhydrataufnahme im Körper anspielen. Anknüpfend daran wird tiefer auf den Sachverhalt der Glykogenspeicherfähigkeit des Muskels und die persönliche Berücksichtigung der Aufnahme von Kohlenhydraten vor/während eines Wettkampfes eingegangen.

Im vorletzten Fragenblock werden das Erleben von Krämpfen und die Re- und Dehydration sowie die Art des bevorzugten Getränkes während eines Wettkampfes abgefragt.

Zum Schluss wird noch evaluiert, ob und – wenn ja – inwieweit bereits eine Informationsrecherche zur Optimierung der Leistung durch eine auf den Wettkampf abgestimmte Ernährung erfolgt ist beziehungsweise ob und – wenn ja – inwiefern schon einmal ernährungsbezogene Probleme im Wettkampf aufgetreten sind.

Die letzte Frage beinhaltet erneut eine Gewichtung der subjektiven Bedeutsamkeit des Themas Ernährung im Wettkampfsport für die Steigerung der Leistungsfähigkeit.

Der Fragebogen wurde im Onlineformat mit dem Programm Lamapoll erstellt und enthält als Erhebungsformat größtenteils eine fünfstufige Likertskala in Kombination mit Multiple- sowie Single Choice-Antwortformaten. In Einzelfällen sind auch offene Fragestellungen zu finden (siehe Anhang).

Da die Zielgruppe für die Befragung nur Schüler\*innen einer elften und zwölften Schulstufe eines Sportgymnasiums abbildet, wurden alle Direktionen sämtlicher österreichischen Sportgymnasien kontaktiert. Leider mit nur sehr geringer Rücklaufquote. Von den 21 österreichischen Sportgymnasien gemäß der Website [www.Schulsportinfo.at](http://www.Schulsportinfo.at) (Apflauer, 2015) haben sich elf Gymnasien zurückgemeldet, von denen fünf Schulen einer Teilnahme nicht zustimmten. Von den übrigen sechs Schulen nahmen fünf Schulen an der Befragung teil. In absoluten Zahlen ergibt sich eine Teilnehmerzahl von 85 Schüler\*innen, die die gesamte Umfrage ausgefüllt haben; unter diesen befinden sich acht Schüler\*innen, die nur einen Teil der Befragung bewältigt haben, welche aber trotzdem in die Auswertung miteinbezogen wurden.

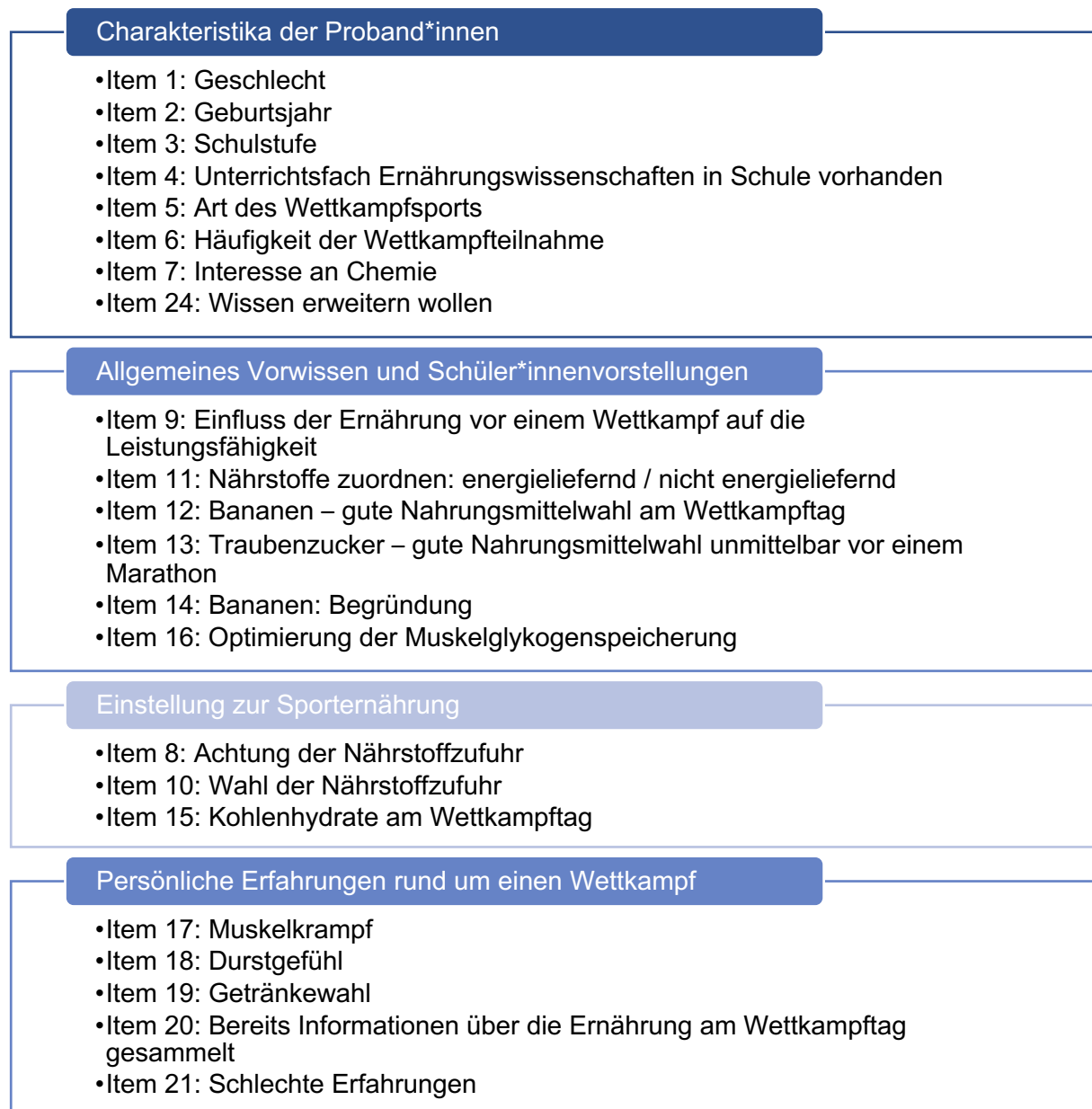


Im Anschluss an die deskriptive statistische Auswertung der erworbenen Erkenntnisse des Fragebogens führt die Interpretation der Ergebnisse im nächsten Schritt zur konkreten Themenwahl des zu gestaltenden Unterrichtskonzeptes.

## 4.1 Ergebnisse des Fragebogens

Im Rahmen der deskriptiven Auswertung des Fragebogens werden einige inhaltlich zusammenpassende Fragen kollektiv beschrieben. Dafür werden die Antworten und die daraus berechneten Mittelwerte herangezogen.

Die Ergebnisse lassen sich grob in vier Themencluster unterteilen. Zur leichteren Übersicht wurden die einzelnen Fragen in der untenstehenden Abbildung 8: Übersicht Fragebogen den jeweiligen Themenclustern zugeordnet.



*Abbildung 8: Übersicht Fragebogen*

Zu Beginn werden die Proband\*innen charakterisiert. Im Anschluss daran werden die Fragen, die auf das allgemeine Vorwissen und die etwaigen Schüler\*innenvorstellungen abzielen, angeführt. Anschließend werden die Einstellungen der Teilnehmer\*innen zur Sporternährung im Wettkampfsetting durchleuchtet und als letzter Punkt werden noch die persönlichen Erfahrungen der Schüler\*innen rund um einen Wettkampf betrachtet. Zum Zwecke der Übersichtlichkeit werden die Daten, Mittelwerte oder Standardabweichungen in Grafiken präsentiert.

### 4.1.1 Charakteristika der Proband\*innen

Der Fragebogen wurde insgesamt von 85 Schüler\*innen im Alter von 17–20 Jahren eines Sportgymnasiums beantwortet. Davon haben 36 männliche Personen, 47 weibliche Personen und 2 Personen, die keine Angabe zu ihrem Geschlecht machen wollten, an der Umfrage teilgenommen. Beinahe zwei Drittel der Proband\*innen besuchen die siebte Klasse (elfte Schulstufe) und etwas mehr als ein Drittel der Befragten besuchen die Abschlussklasse (siehe Abbildung 9).

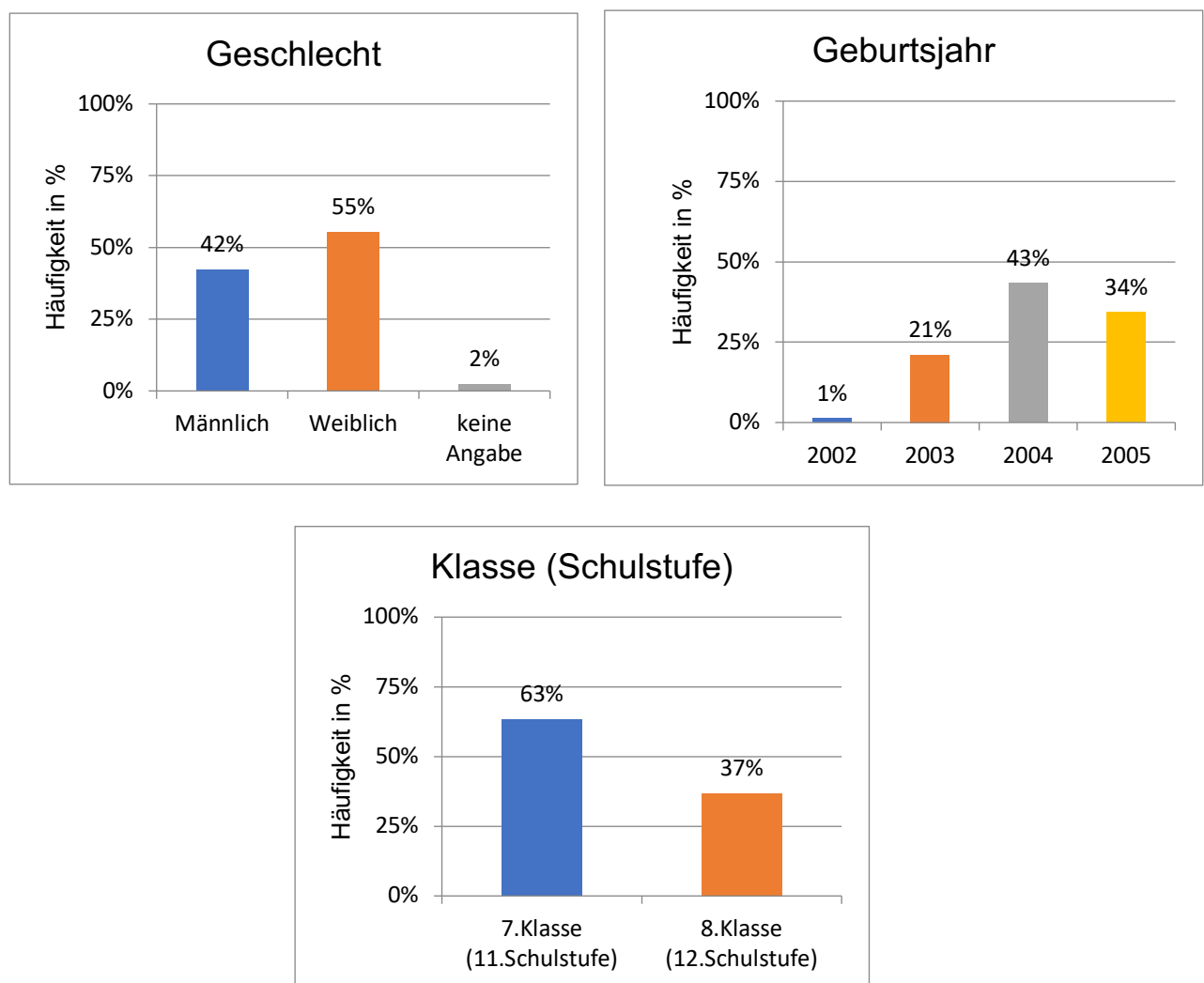


Abbildung 9: Charakteristika der Proband\*innen

Aus der nachfolgenden Grafik (Abbildung 10) sticht hervor, dass der Großteil der Schüler\*innen ausdauerorientierten Wettkampfsport (Ausdauersport, Ausdauersport mit hohem Krafteinsatz und Spielsport) betreiben. Bei dieser Frage war eine

Mehrfachauswahl möglich. Etwa 62 % der Befragten gaben an, Sport (Fußball, Tennis, Basketball, ...) zu betreiben, wobei der Anteil an männlichen Probanden beinahe doppelt so hoch liegt wie bei den weiblichen Umfrage-Teilnehmerinnen. 17 von den 85 Personen, die diese Frage beantwortet haben, zählen Ausdauersport (z. B. Marathon, Triathlon, ...) zu ihrem persönlichen Wettkampfsport. Auch Schnellkraftsport (z. B. Turnen, Sprung- und Stoßdisziplinen, ...) und Kraftsport (z. B. Kraftdreikampf, Bodybuilding, ...) wurden von zumindest jedem\*r fünften Schüler\*in als Wettkampfsport aufgelistet. Kampfsport (z. B. Ringen, Judo, ...), Ausdauersport mit hohem Krafteinsatz (z. B. Radfahren, Skilanglauf, ...) sowie andere Sportarten bilden einen geringeren Prozentsatz an Betreiber\*innen ab, dürfen aber dennoch nicht unbeachtet bleiben. Insbesondere die Kategorie „Andere Sportarten“, unter welche beispielsweise Reiten, Bogenschießen, Motorsport, Segeln, ... fallen würde, scheint vor allem für weibliche Personen von Relevanz zu sein.

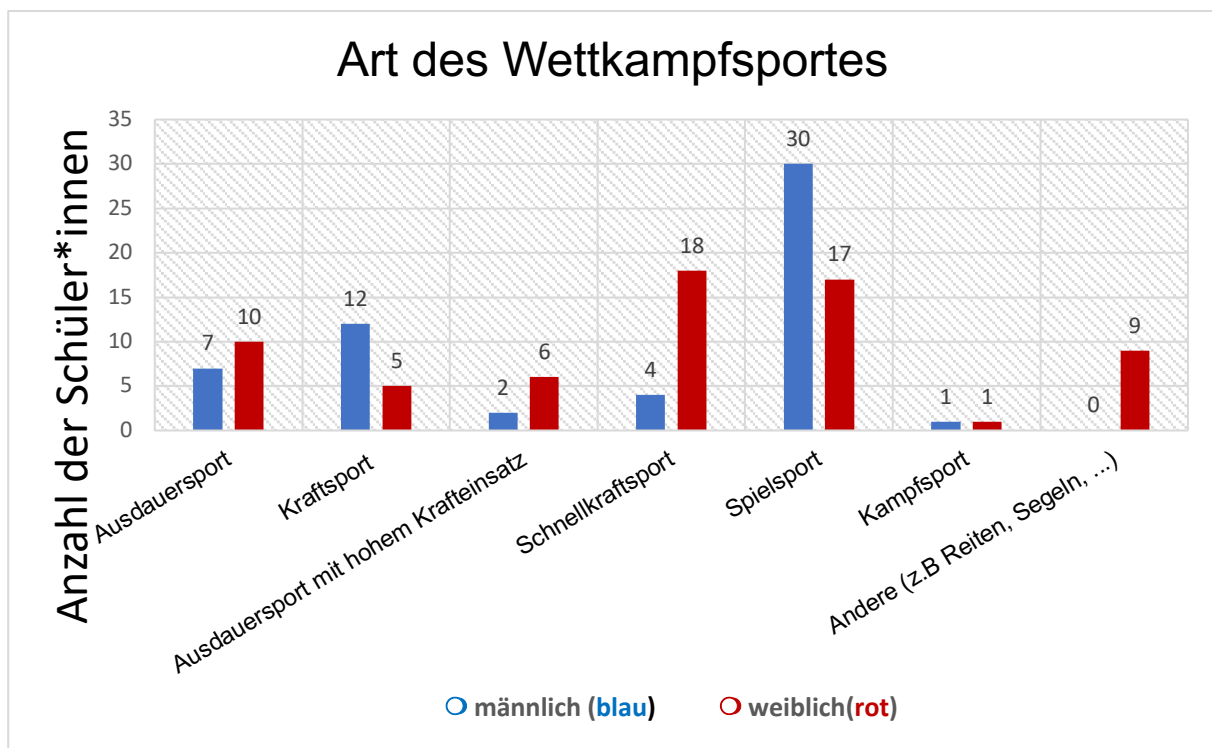


Abbildung 10: Art des Wettkampfsportes

Fast die Hälfte aller Schüler\*innen, die an der Befragung teilgenommen haben, absolvieren wöchentlich Wettkämpfe. Insgesamt geben 28 % der männlichen Befragten und 17 % der weiblichen Schülerinnen an, jede Woche an einem Wettkampf teilzunehmen. 85 % geben an, regelmäßig an Wettkämpfen teilzunehmen, wohingegen 15 % angeben, nie an einem Wettkampf teilzunehmen.

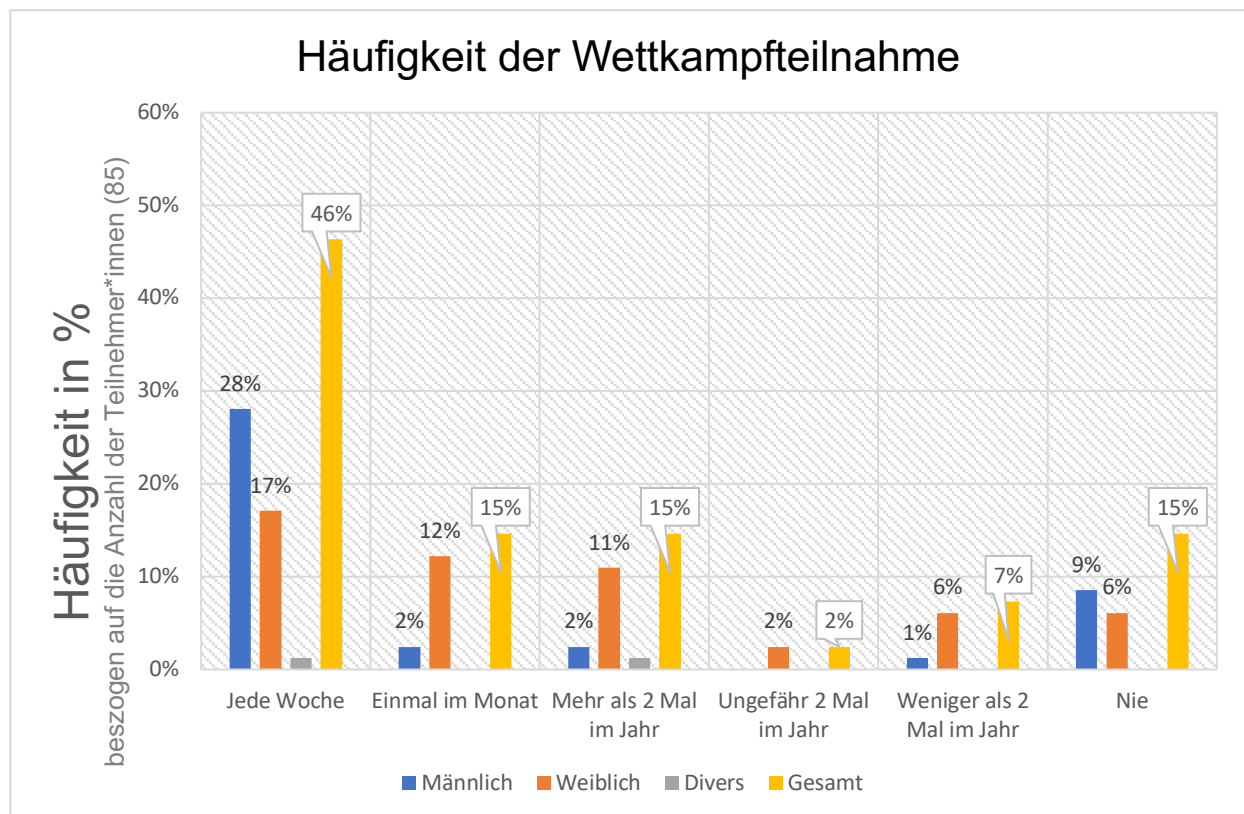
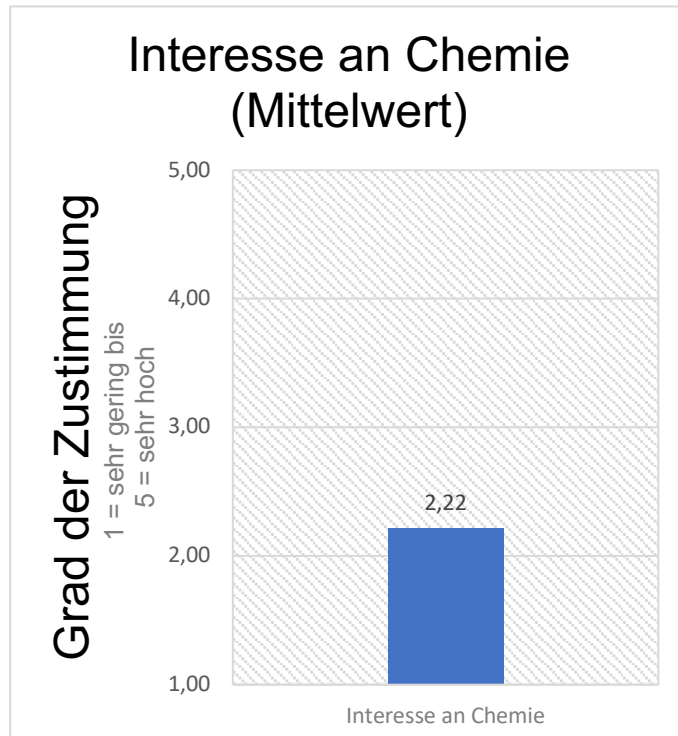


Abbildung 11: Häufigkeit der Wettkampfteilnahme



Das durchschnittliche Interesse der Schüler\*innen an dem Unterrichtsfach Chemie liegt laut Angaben bei knapp über 2 und somit in der unteren Hälfte (siehe Abbildung 12).

Abbildung 12: Derzeitiges Interesse am Unterrichtsfach Chemie

#### 4.1.2 Allgemeines Vorwissen und Schüler\*innenvorstellungen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse zusammengefasst, die auf das allgemeine Vorwissen und die möglichen Schüler\*innenvorstellungen abzielen. Insbesondere aus diesem Abschnitt lassen sich viele wichtige Informationen bezüglich der Erstellung des Unterrichtskonzeptes herauslesen. Aus diesem Grund habe ich die nachfolgenden Fragestellungen in Vergleich mit jeweils 3 Faktoren gesetzt: Schulstufe, Geschlecht und ob sich die jeweilige Person bereits vorab über das Thema Ernährung rund um einen Wettkampf informiert hat.

In Abbildung 13 wird evaluiert, ob die Schüler\*innen die Ernährung insbesondere in der Woche vor einem Wettkampf als einflussreich auf die Leistungsfähigkeit am Wettkampftag einstufen. Im Mittel liegt die Zustimmung bei 3,73. Wobei der Grad der Zustimmung mit dem Wert eins in der fünfstufigen Ratingskala „stimme nicht zu“ und der Wert fünf in der Skala „stimme zu“ meint.

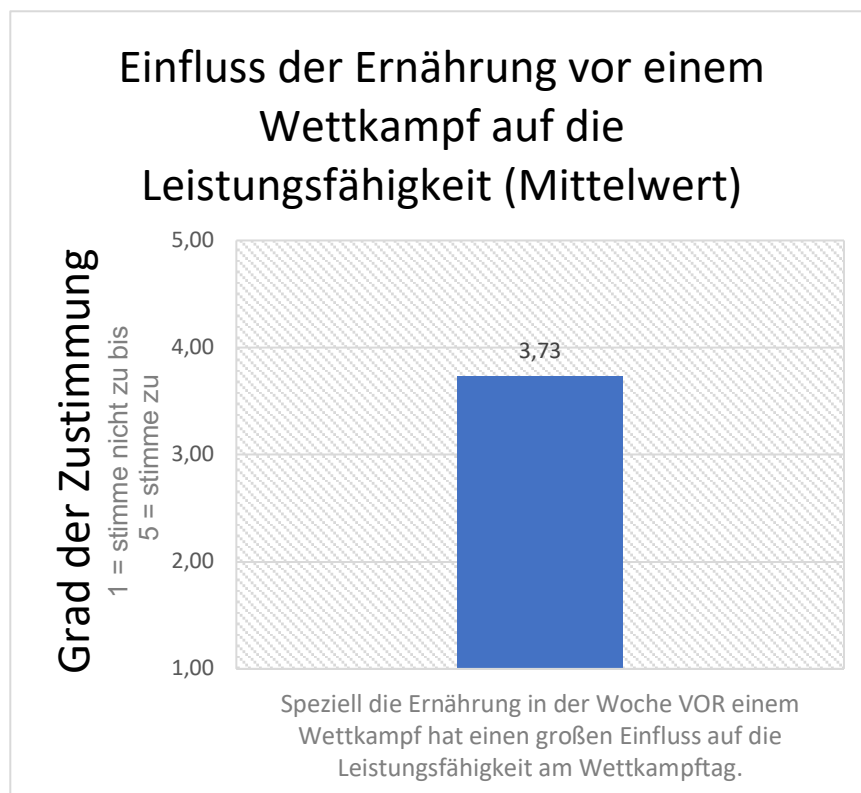


Abbildung 13: Einfluss der Ernährung vor einem Wettkampf auf die Leistungsfähigkeit (Mittelwert)

In Tabelle 1 lässt sich erkennen, dass der Mittelwert jener Personen, die sich bereits mit der Thematik Sporternährung auseinandergesetzt haben, höher liegt als jener Mittelwert der Personen, die sich noch nicht informiert haben.

Bewertungen	Ergebnisse		Gesamt
	Informiert	Nicht informiert	
Gesamt	3,89	3,32	3,73

*Tabelle 1: Einfluss der Ernährung vor einem Wettkampf auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit, ob sich die Person vorab schon mit der Thematik Sporternährung auseinandergesetzt hat.*

In weiterer Folge wurde eine Zuordnungsaufgabe verlangt, bei der die Nährstoffe in „energieliefernd“ und „nicht energieliefernd“ unterteilt werden mussten. Zu den energieliefernden Nährstoffen zählen Kohlenhydrate mit einem Energiegehalt von 4 kcal/g, Fette mit einem Energiegehalt von 9 kcal/g, Proteine mit einem Energiegehalt von 4 kcal/g, Alkohol mit einem Energiegehalt von 7 kcal/g und Ballaststoffe mit einem Energiegehalt von 2 kcal/g. Vitamine, Elektrolyte und Spurenelemente gehören den nicht energieliefernden Nährstoffen an. Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt, dass über diese genaue Definition bei den Schüler\*innen Erkenntnisse nur in einem geringen Ausmaß vorliegen. Einzig und allein bei den Kohlenhydraten herrscht eine Einigkeit darüber, dass diese zu den energieliefernden Nährstoffen zählen.

In Tabelle 2 wird ersichtlich, dass der Anteil an Personen, die die jeweiligen Nährstoffe richtig den energieliefernden beziehungsweise den nicht energieliefernden zuordnen konnten, bei jenen Personen, die sich bereits über Sporternährung informiert haben, höher (hellgrün) und deutlich höher (dunkelgrün) liegt. Bezogen auf das Geschlecht haben die Männer besser abgeschnitten und bezogen auf die Schulstufe war der Prozentsatz an richtigen Nennungen in der 7. Klasse (11. Schulstufe) höher.

Auswahl	Ergebnisse		Gesamt
	Informiert	Nicht informiert	
Energieliefernde Nährstoffe			
Kohlenhydrate	100%	100%	100%
Fette	71%	67%	69%
Proteine	71%	67%	69%
Vitamine	36%	78%	59%
Ballaststoffe	36%	33%	34%
Elektrolyte	64%	56%	59%
Alkohol	36%	11%	22%
Spurenelemente	0%	11%	6%
Nicht energieliefernde Nährstoffe			
Kohlenhydrate	0%	0%	0%
Fette	21%	33%	28%
Proteine	21%	22%	22%
Vitamine	57%	11%	31%
Ballaststoffe	57%	61%	59%
Elektrolyte	36%	28%	31%
Alkohol	57%	78%	69%
Spurenelemente	86%	72%	78%

*Tabelle 2: Nährstoffzuordnung aufgeschlüsselt, ob sich die Person schon einmal über Sporternährung informiert hat oder nicht*



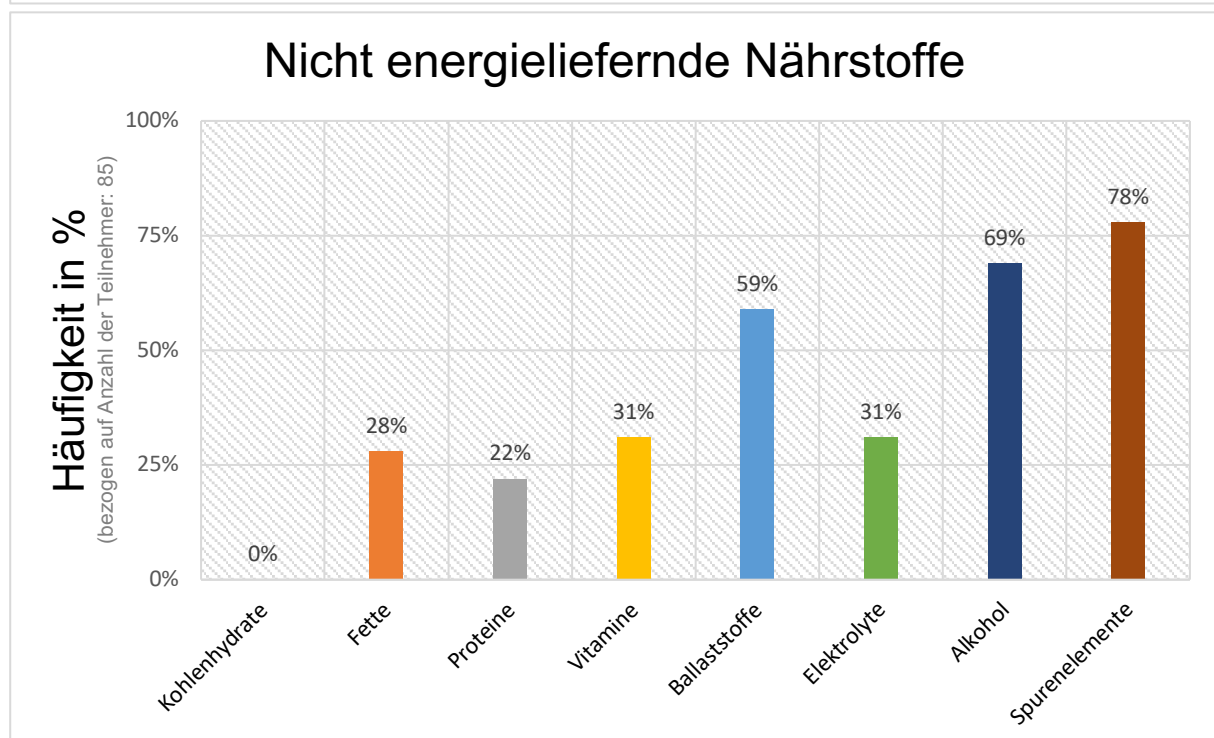
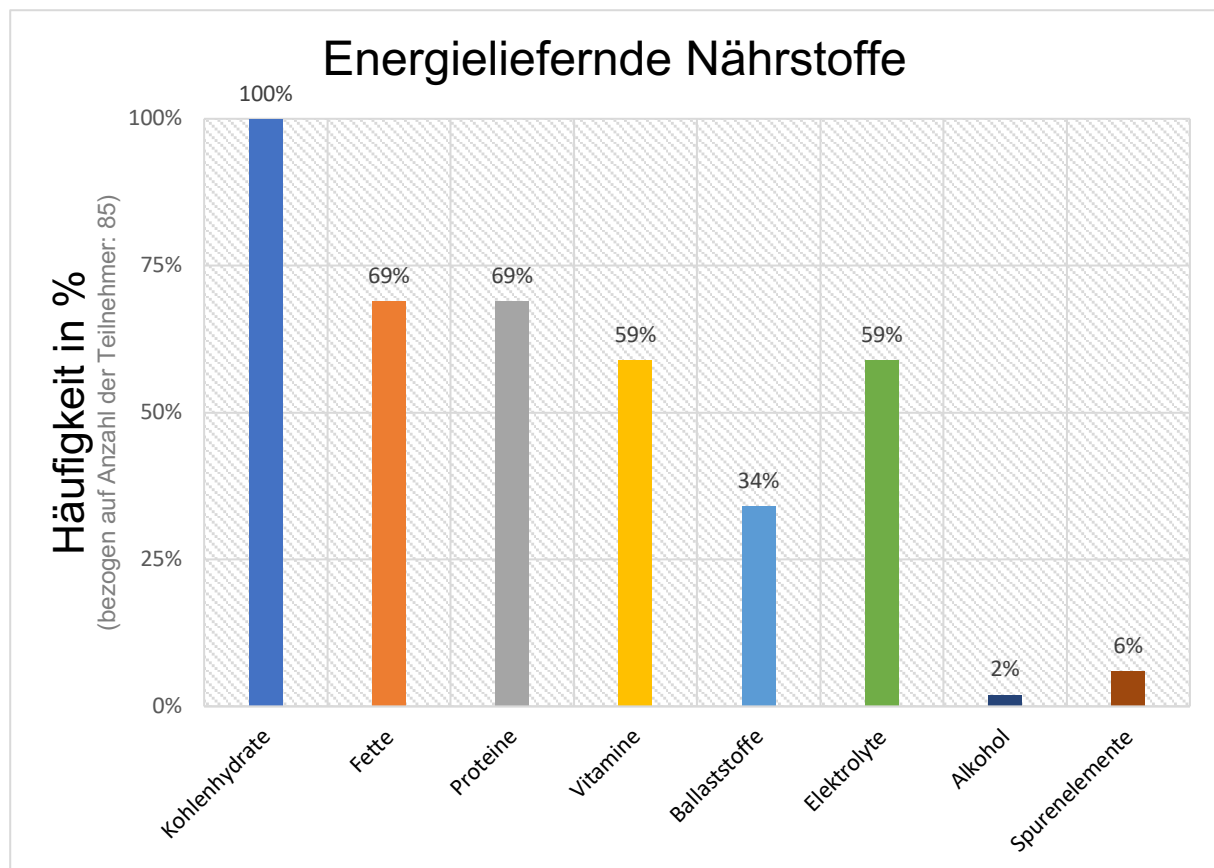
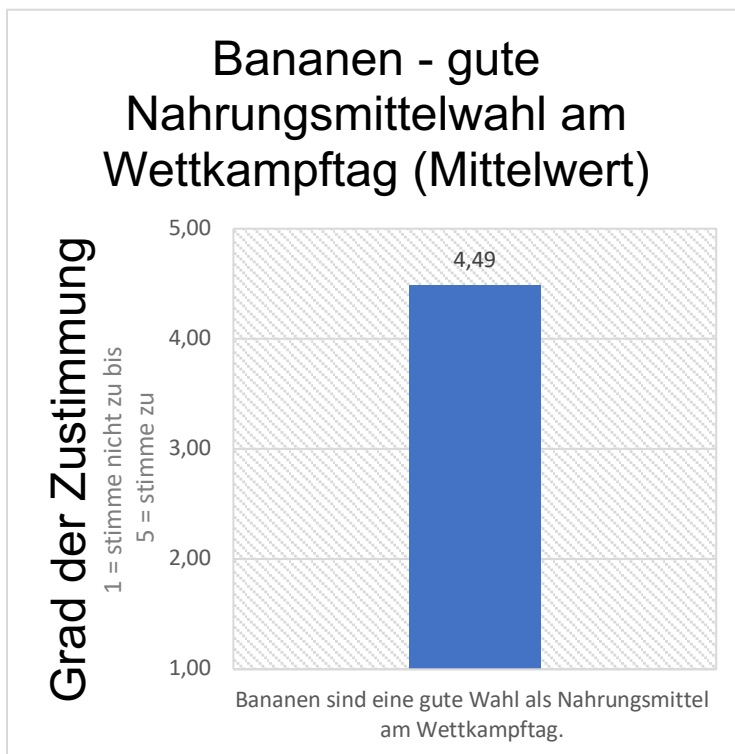


Abbildung 14: „Energieliefernde“ und „nicht energieliefernde“ Nährstoffe



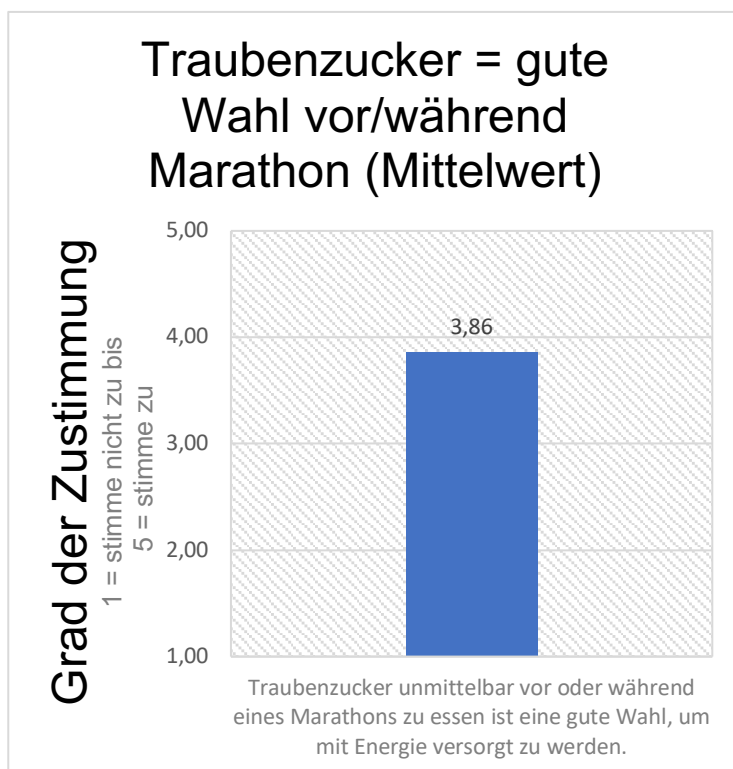
Die Aussage, dass Bananen eine gute Nahrungsmittelwahl am Wettkampftag darstellen, bestätigen rund 70 % der Proband\*innen. Insgesamt drei Schüler\*innen haben bei dieser Frage den Wert eins (stimme nicht zu) angegeben. Im Durchschnitt ergibt sich hierdurch ein Wert von 4,49 (siehe Abbildung 15).

*Abbildung 15: Bananen – eine gute Wahl am Wettkampftag*

Vergleicht man die Antworten bezogen auf das Geschlecht, wie in Tabelle 3, so kann man erkennen, dass der Durchschnitt der Männer mit 4,85 höher liegt als jener der weiblichen Probandinnen bei 4,3. Die beiden Personen, die keine Angabe zum Geschlecht machen wollten, stimmten der Aussage vollkommen zu. Geringfügige Abweichungen traten auch bei Betrachtung der Schulstufe auf. Der Mittelwert der Siebtklässler lag bei 4,4 und jener der achten Klassen bei 4,8.

Bewertungen	Ergebnisse			Gesamt
	Männlich	Weiblich	keine Angabe	
<b>Gesamt</b>	4,85	4,3	5	4,49

*Tabelle 3: Durchschnittsvergleich abhängig vom Geschlecht*



Die Behauptung, Traubenzucker unmittelbar vor oder während eines Marathons zu essen, sei eine gute Wahl, um mit Energie versorgt zu werden, findet bei den Befragten Zuspruch. Der Durchschnitt liegt bei 3,86 (siehe Abbildung 16)

*Abbildung 16: Traubenzucker – eine gute Wahl vor/während eines Marathons*

In der nachfolgenden Tabelle 4 wird der Mittelwert nach Geschlecht getrennt. Der Grad der Zustimmung für diese Aussage lag wiederum bei den Männern höher als bei den Frauen und bei den Frauen höher als bei jenen Personen ohne Geschlechtsangabe.

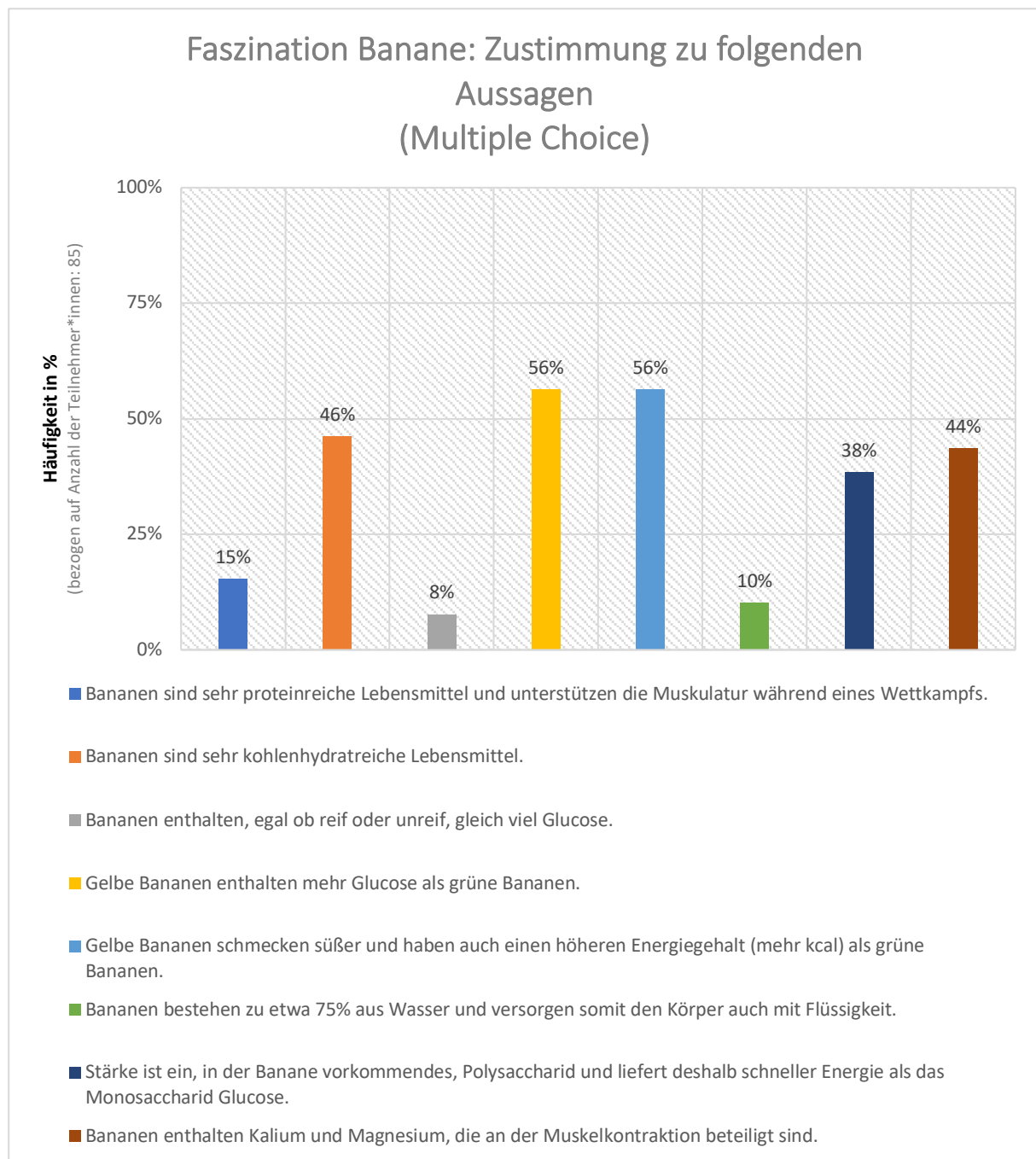
Bewertungen	Ergebnisse			Gesamt
	Männlich	Weiblich	keine Angabe	
Gesamt	4,15	3,35	2,5	3,86

*Tabelle 4: Durchschnittsvergleich abhängig vom Geschlecht*

In der Abbildung 17 befinden sich die Begründungen zur Einstufung, dass Bananen eine gute Nahrungsmittelwahl am Wettkampftag darstellen.

Dass die Banane per se aus ernährungsphysiologischer Sicht eine optimale Ergänzung zur Ernährung am Wettkampftag darstellt, darüber sind sich die Befragten (wie in Abbildung 15 ersichtlich) einig. Bei der dahinterliegenden Begründung spalten sich jedoch die Meinungen.

Von den insgesamt acht Antwortmöglichkeiten stechen vier Antworten hervor, denen jeweils mehr als 40 % der Teilnehmer\*innen zugestimmt haben. Unter diesen vier positiv hervorstechenden Antwortmöglichkeiten sind drei fachlich korrekte Antworten enthalten. Unter den drei weniger oft ausgewählten Antwortmöglichkeiten befinden sich zwei tatsächlich fachlich inkorrekte Aussagen. Dass jedoch Bananen zu etwa 75 % aus Wasser bestehen und somit den Körper auch mit Flüssigkeit versorgen, wäre aus fachlicher Sicht korrekt.



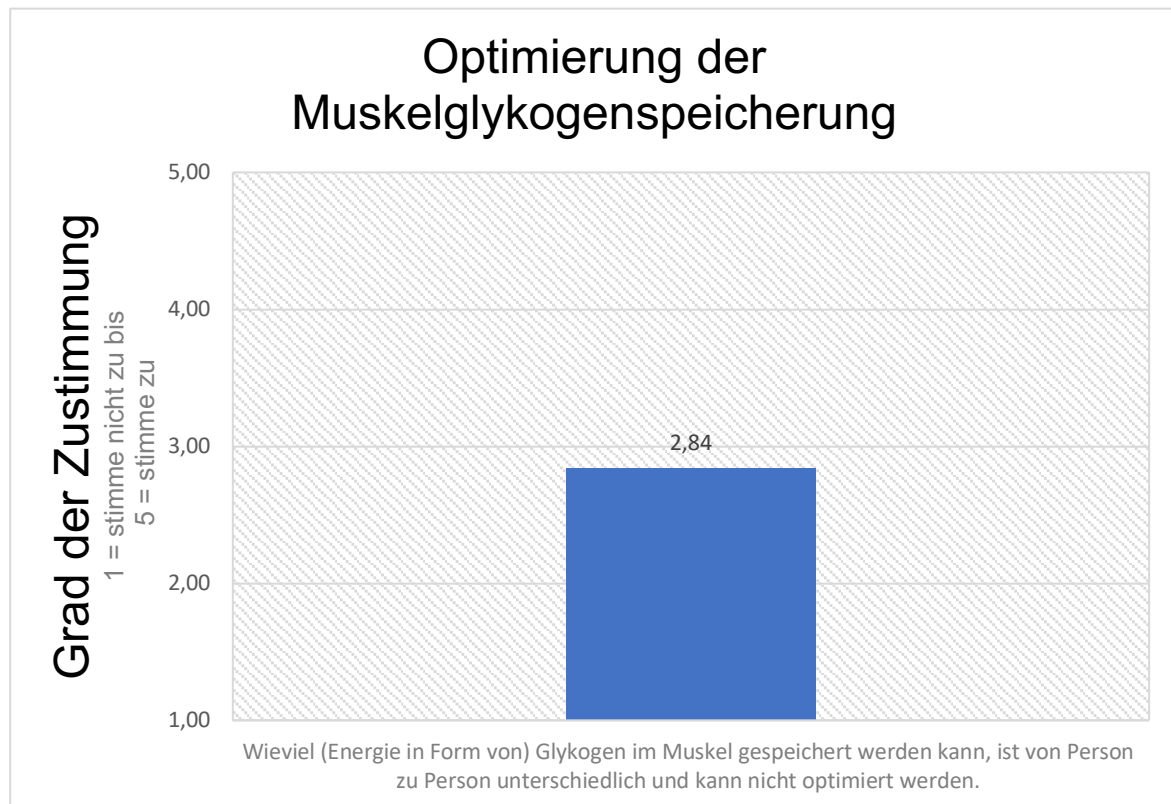
*Abbildung 17: Warum sind Bananen eine gute Wahl als Nahrungsmittel am Wettkampftag?*

In Tabelle 5 kann man den Anteil der Abstimmungen aufgeschlüsselt auf das Geschlecht einsehen. Die grün hinterlegten Felder verdeutlichen wieder den Prozentsatz, der bei richtigen Aussagen höher und bei falschen Aussagen niedriger liegt. Insgesamt haben demnach mehr männliche Schüler richtige Aussagen gewählt beziehungsweise falsche Aussagen nicht angetippt.

Auswahl	Ergebnisse			Gesamt
	Männlich	Weiblich	keine Angabe	
Bananen sind sehr proteinreiche Lebensmittel und unterstützen die Muskulatur während eines Wettkampfs.	0%	22%	50%	15%
Bananen sind sehr kohlenhydratreiche Lebensmittel.	50%	39%	100%	46%
Bananen enthalten, egal ob reif oder unreif, gleich viel Glukose.	14%	4%	0%	8%
Gelbe Bananen enthalten mehr Glukose als grüne Bananen.	71%	48%	50%	56%
Gelbe Bananen schmecken süßer und haben auch einen höheren Energiegehalt (mehr kcal) als grüne Bananen.	57%	57%	50%	56%
Bananen bestehen zu etwa 75 % aus Wasser und versorgen somit den Körper auch mit Flüssigkeit.	21%	4%	0%	10%
Stärke ist ein in der Banane vorkommendes Polysaccharid und liefert deshalb schneller Energie als das Monosaccharid Glukose.	57%	30%	0%	38%
Bananen enthalten Kalium und Magnesium, die an der Muskelkontraktion beteiligt sind.	57%	39%	0%	44%

*Tabelle 5: Geschlechtervergleich – Begründungen zu Bananenstatements*

Die Aussage: „Wieviel (Energie in Form von) Glykogen im Muskel gespeichert werden kann, ist von Person zu Person unterschiedlich und kann nicht optimiert werden“ hinterließ bei den Teilnehmer\*innen Unsicherheit. Etwa 37 % stimmten der Aussage eher nicht zu, wohingegen rund 25 % eher schon zustimmten. In der nachfolgenden Abbildung 18 wurde der Mittelwert, welcher bei 2,84 liegt, dargestellt.



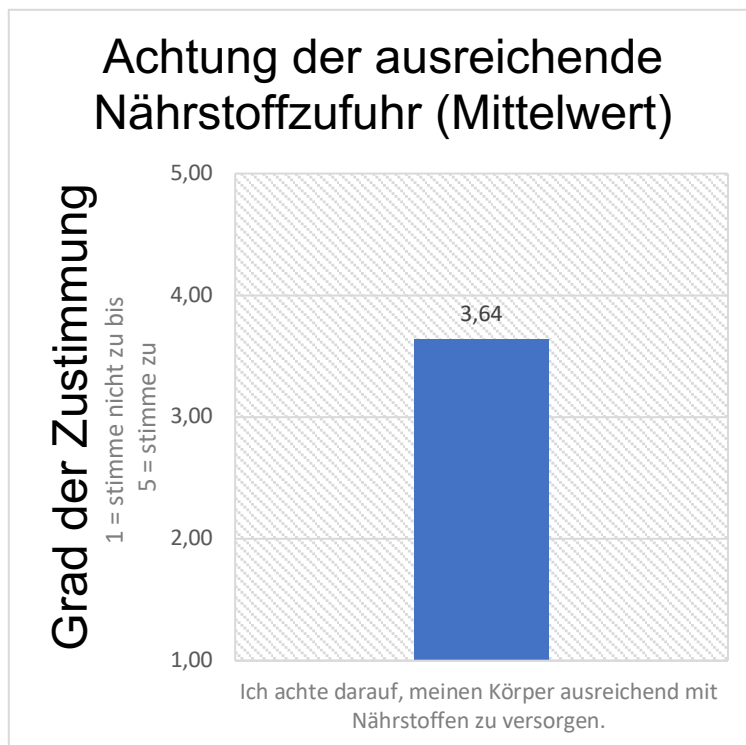
*Abbildung 18: Optimierung der Muskelglykogenspeicherung*

In Tabelle 6 wurde ein Mittelwertvergleich der beiden Schulstufen durchgeführt. Die Schüler\*innen der elften Schulstufe stimmen der Aussage im Mittel mehr zu als jene Schüler\*innen der zwölften Schulstufe. Der Geschlechtsvergleich und die Differenzierung in bereits informierte und nicht informierte Personen ergaben keine nennenswerten Unterschiede.

Bewertungen	Ergebnisse		Gesamt
	7.Klasse (11.Schulstufe)	8.Klasse (12.Schulstufe)	
<b>Gesamt</b>	3,18	2,42	2,84

*Tabelle 6: Schulstufenvergleich zur Optimierung des Muskelglykogens*

### 4.1.3 Einstellungen zur Sporternährung



In diesem Kapitel werden die Einstellungen der Teilnehmer\*innen zur Sporternährung im Wettkampfsetting dargestellt.

Dass die Schüler\*innen darauf achten, ihren Körper ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen, liegt im Durchschnitt etwas über der Mitte mit der Tendenz in die zustimmende Richtung (siehe Abbildung 19).

*Abbildung 19: Persönliche Achtung auf die Nährstoffversorgung im Wettkampfsetting*

48 % der Befragten (darunter rund einer von 5 männlichen und eine von 4 weiblichen Proband\*innen) empfinden insbesondere die Aufnahme von Proteinen vor einem Wettkampf als bedeutsam. Auf Platz zwei landet die Achtung auf die Aufnahme von Kohlenhydraten vor einem Wettkampf mit einer Zustimmung von rund 30 % der Befragten. Wohingegen die Aufnahme von Fetten vor einem Wettkampf von niemandem ausgewählt wurde. 9 % der befragten Burschen geben an, noch nicht auf die Ernährung vor einem Wettkampf zu achten. Demgegenüber ist der Anteil an Frauen, die noch nicht auf die Ernährung vor einem Wettkampf achten, mit 14 % höher (siehe Abbildung 20).



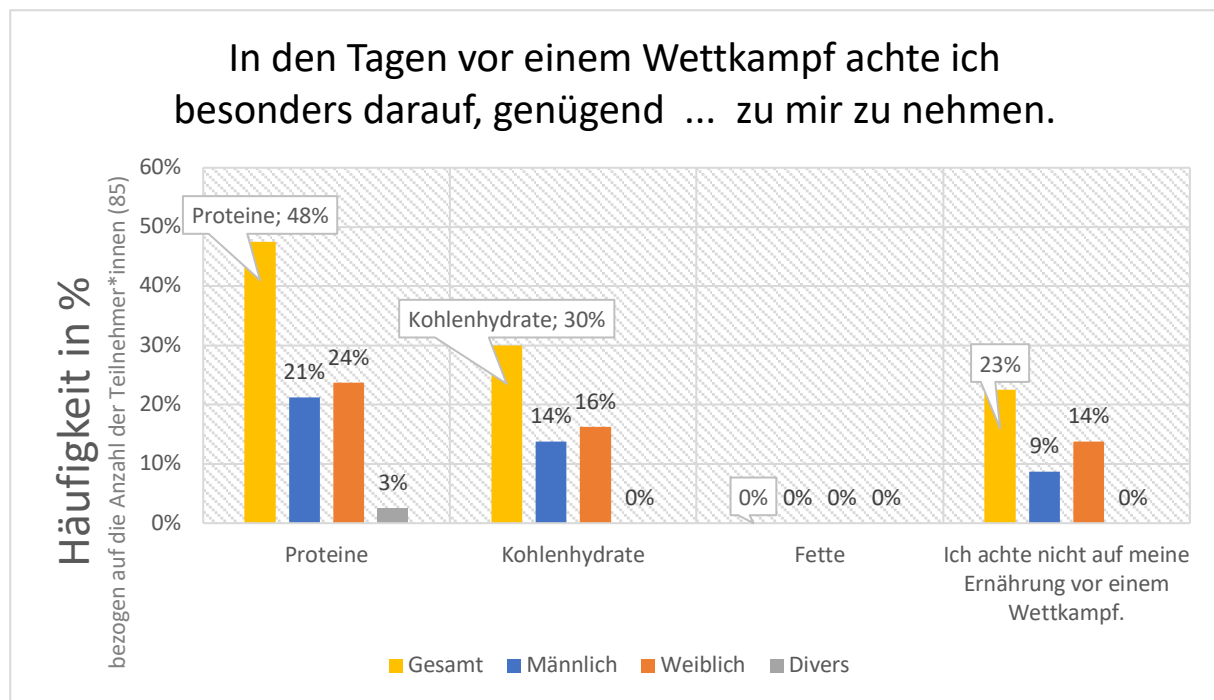
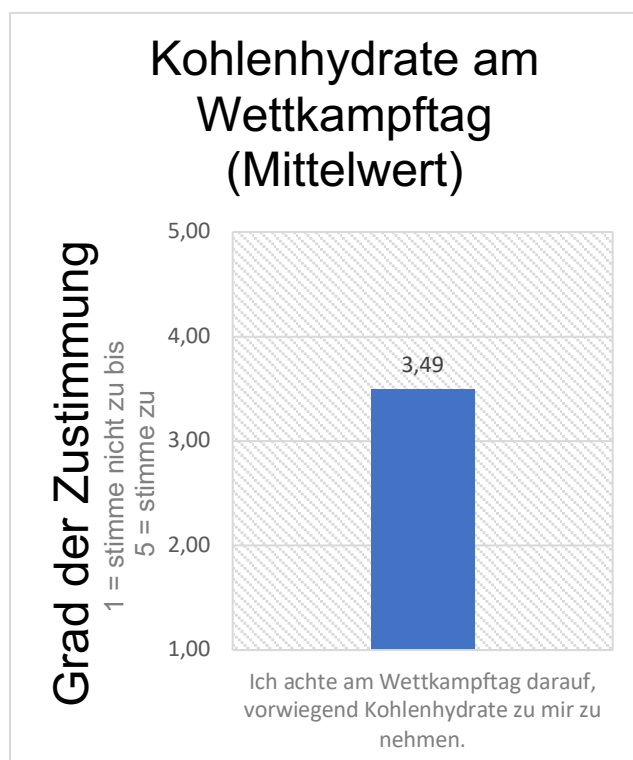


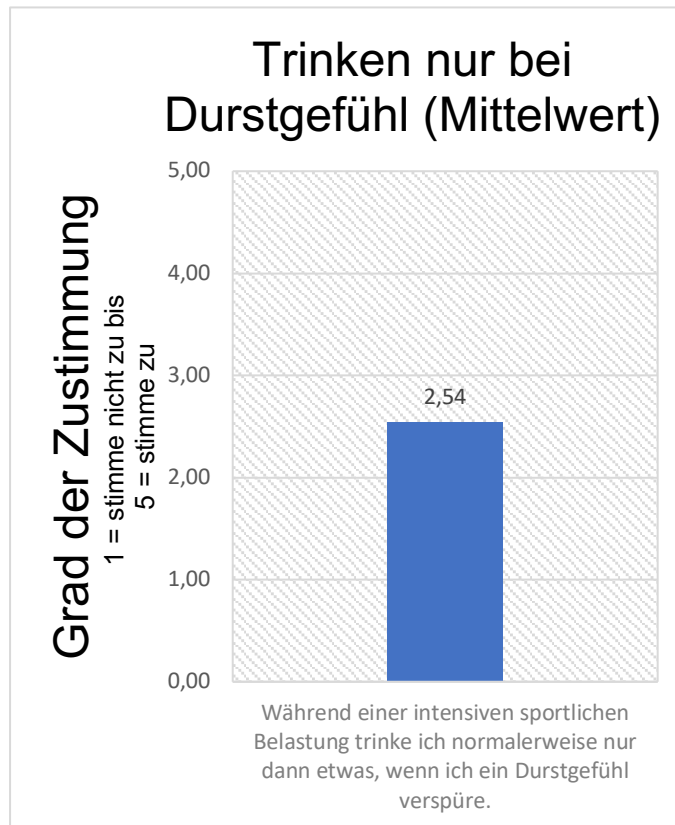
Abbildung 20: Persönliche Nährstoffversorgung im Wettkampfsetting



In absoluten Zahlen haben 25 Personen mit einem Wert von vier oder fünf abgestimmt und stimmen somit der Aussage zu, dass sie sich am Wettkampftag vorwiegend mit Kohlenhydraten ernähren. Im Mittel ergibt sich dadurch ein Wert von 3,49 (siehe *Abbildung 21*)

Abbildung 21: Achtung auf die Aufnahme von Kohlenhydraten am Wettkampftag

Während einer intensiven sportlichen Belastung geben rund 62 % der Teilnehmer\*innen an, nicht nur dann etwas zu trinken, wenn sie ein Durstgefühl verspüren. 32 % haben in der fünfstufigen Skala einen Wert von vier oder fünf ausgewählt und stimmen demnach der Aussage zu. Dadurch ergibt sich im Schnitt ein Mittelwert von 2,54 (siehe Abbildung 22).



*Abbildung 22: Durstgefühl und Trinkverhalten*

Wie man aus der Abbildung 23 herauslesen kann, geben über 80 % der befragten Schüler\*innen an, gerne mehr über den Einfluss des Ernährungsverhaltens auf die persönliche Leistungsfähigkeit erfahren zu wollen. Unter den insgesamt abgestimmten Personen befinden sich 28 Schüler und 40 Schülerinnen, die mit Ja gestimmt haben.

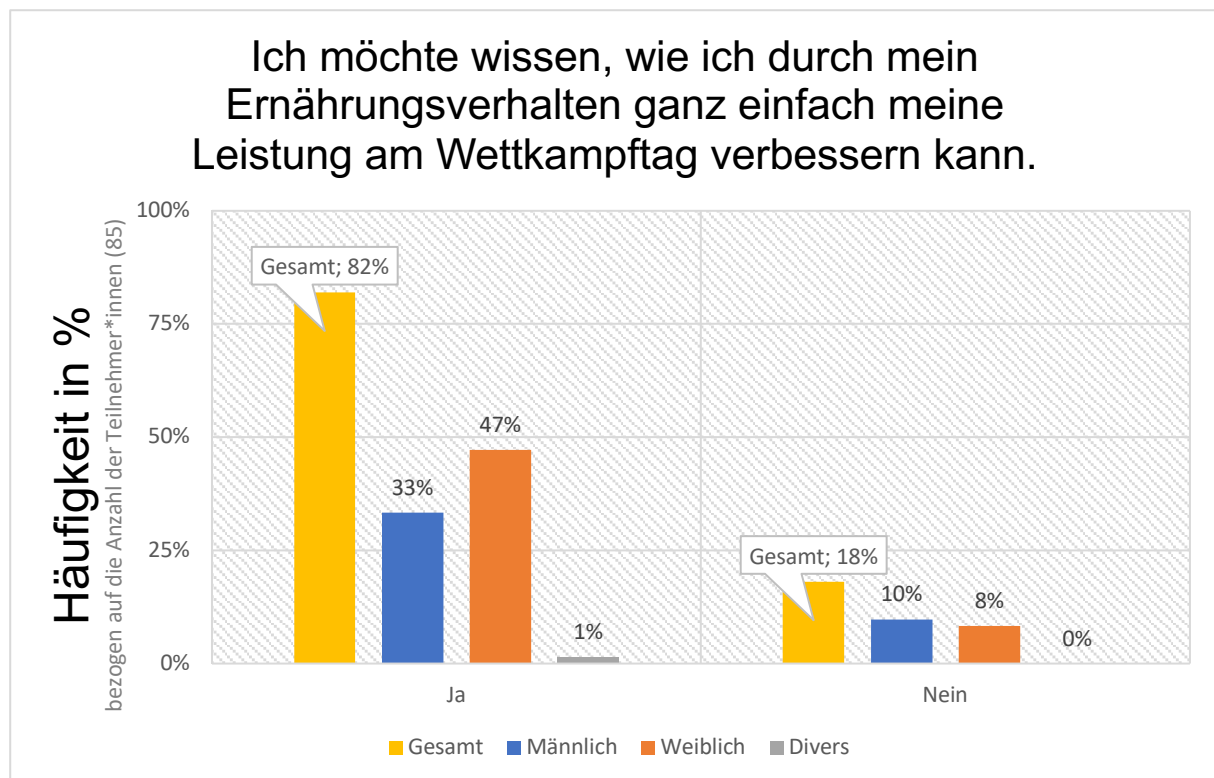
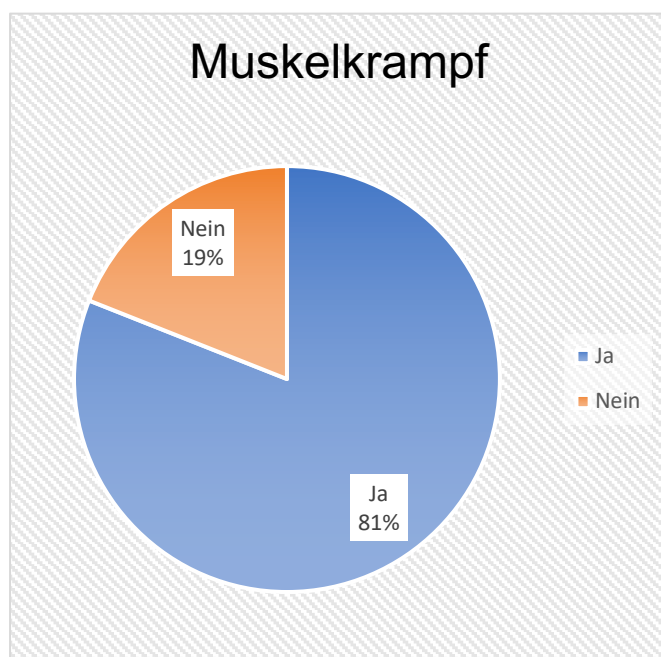


Abbildung 23: Wissen über den Einfluss des Ernährungsverhaltens auf die persönliche Leistungsfähigkeit erweitern

#### 4.1.4 Persönliche Erfahrungen rund um einen Wettkampf



Abschließend werden noch die Ergebnisse des Abschnittes, der darauf abzielt, die persönlichen Erfahrungen rund um einen Wettkampf ausfindig zu machen, deskriptiv dargestellt.

Allem voran steht die Frage, ob jemand der Befragten während des Sporttreibens schon einmal einen Muskelkrampf erlitten habe. Mit einer großen Mehrheit von 81 % geben die befragten Schüler\*innen an, schon einmal während des Sporttreibens einen Muskelkrampf erlitten zu haben.

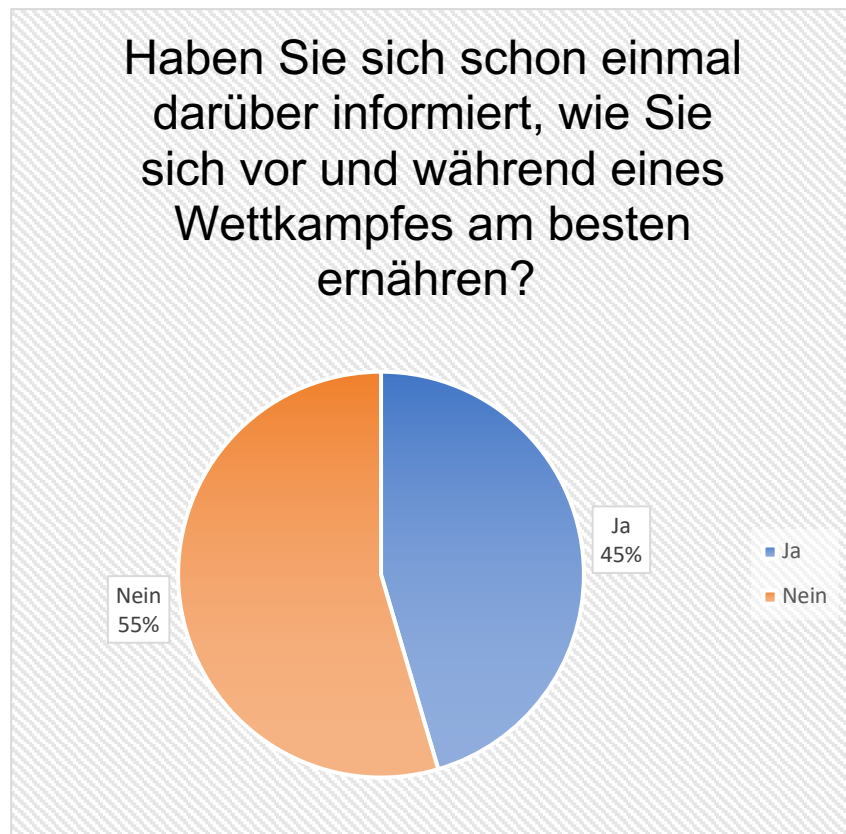
Abbildung 24: Muskelkrampf

Im Anschluss daran sollten die Proband\*innen die nachfolgend aufgelisteten Getränke nach ihrer persönlichen Präferenz während eines Wettkampfes reihen. Für 81 % der Teilnehmer\*innen steht Leitungswasser auf Platz eins bei der Getränkewahl während des Wettkampfes, gefolgt von isotonischen Getränken auf Platz zwei, kohlenensäurehaltigem Wasser auf Platz drei, Energy Drinks (und andere koffeinhaltige Getränke) auf Platz vier. Etwa 52 % der Befragten reihen Limonaden (Cola, Eistee, ...) bei der Getränkewahl während des Wettkampfes auf den letzten Platz (siehe Tabelle 7).

Häufigkeit Platzierung	der	Platz 1	Platz 2	Platz 3	Platz 4	Platz 5	Gesamt
Leitungswasser		<b>81%</b>	13%	5%	1%	0%	79
Limonade (Cola, Eistee, ...)		9%	3%	11%	25%	<b>52%</b>	79
Isotonische Getränke		8%	<b>48%</b>	30%	9%	5%	79
Kohlensäurehaltiges Wasser		3%	32%	<b>35%</b>	22%	9%	79
Energy Drinks (und andere koffeinhaltige Getränke)		0%	5%	18%	<b>43%</b>	34%	79

*Tabelle 7: Präferenz der Getränkewahl während eines Wettkampfes*

Rund 45 % der Befragten geben an, sich schon einmal darüber informiert zu haben, wie man sich vor/während eines Wettkampfes am besten ernährt, wohingegen 55 % angeben, sich noch nicht mit der Thematik auseinandergesetzt zu haben (siehe Abbildung 25).

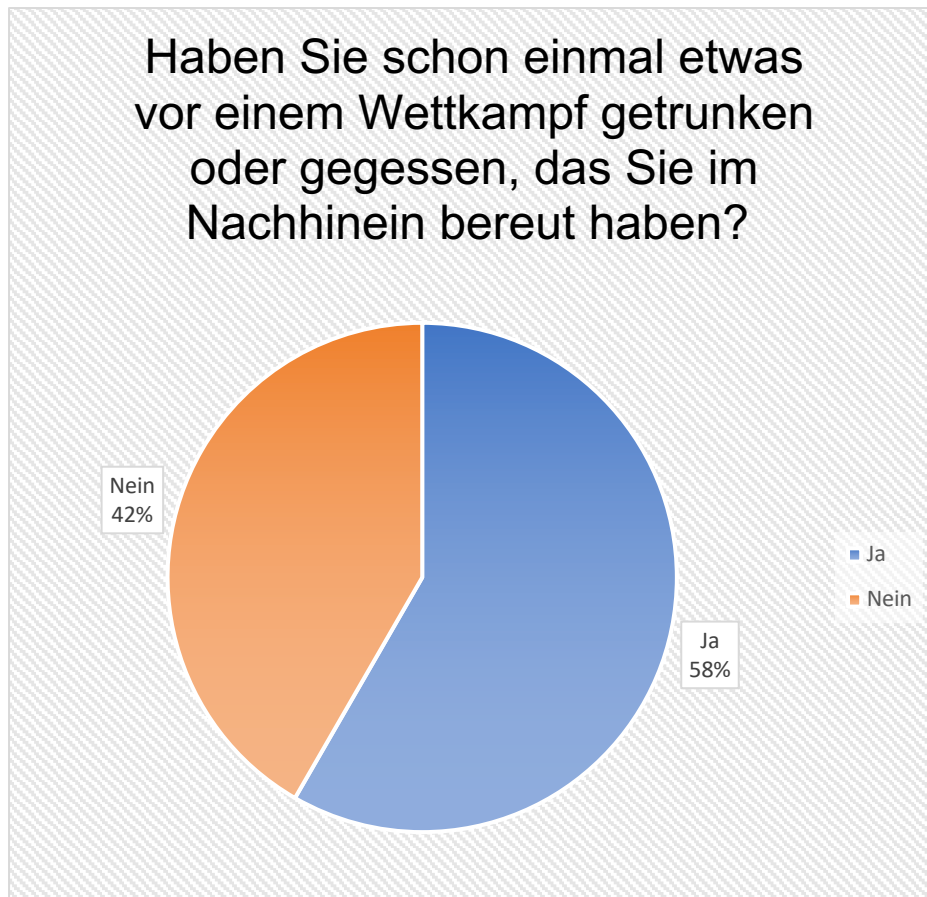


*Abbildung 25: Bereits Informationen über die Ernährung am Wettkampftag gesammelt*

In der nachfolgenden Abbildung 26 werden die Hauptaussagen zusammengefasst. Je öfter eine Aussage in der Wordcloud vorkommt und je größer die Behauptung formuliert ist, desto häufiger wurde sie von den Befragten genannt. Kohlenhydrate vor einem Wettkampf zu sich zu nehmen, insbesondere Nudeln, kommen in den Beschreibungen der Schüler\*innen am häufigsten vor. Auch der Konsum von Müsliriegeln und Powergels wird als förderlich für die Leistung am Wettkampftag angesehen. Des Weiteren wird der Verzicht auf Alkohol und zu fettreicher Nahrung erwähnt (siehe Abbildung 26).



Als letzte Frage wurde nach den negativen persönlichen Erfahrungen rund um einen Wettkampf gefragt. Mehr als die Hälfte der Befragten gibt an, bereits negative Erfahrungen gemacht zu haben und schon einmal etwas gegessen oder getrunken zu haben, das sie im Nachhinein bereut haben (siehe Abbildung 27).



*Abbildung 27: Negative Erfahrungen wegen der Ernährung im Wettkampf*

Zu den negativen Erfahrungen zählen laut Angaben der Befragten, welche in Abbildung 28 erneut in einer Wordcloud grafisch dargestellt werden, der übermäßige Konsum von Lebensmitteln und/oder Getränken und das damit verbundene Völlegefühl, Übelkeit oder gar Erbrechen als negative Auswirkung auf die Leistung oder Müdigkeit als Auswirkung falscher Ernährung, zu fettreiche Lebensmittel wie Burger, Pommes oder Kuchen, die auch oft in Kombination mit Erbrechen oder Übelkeit genannt wurden, sowie das falsche Timing der Nahrungsaufnahme.

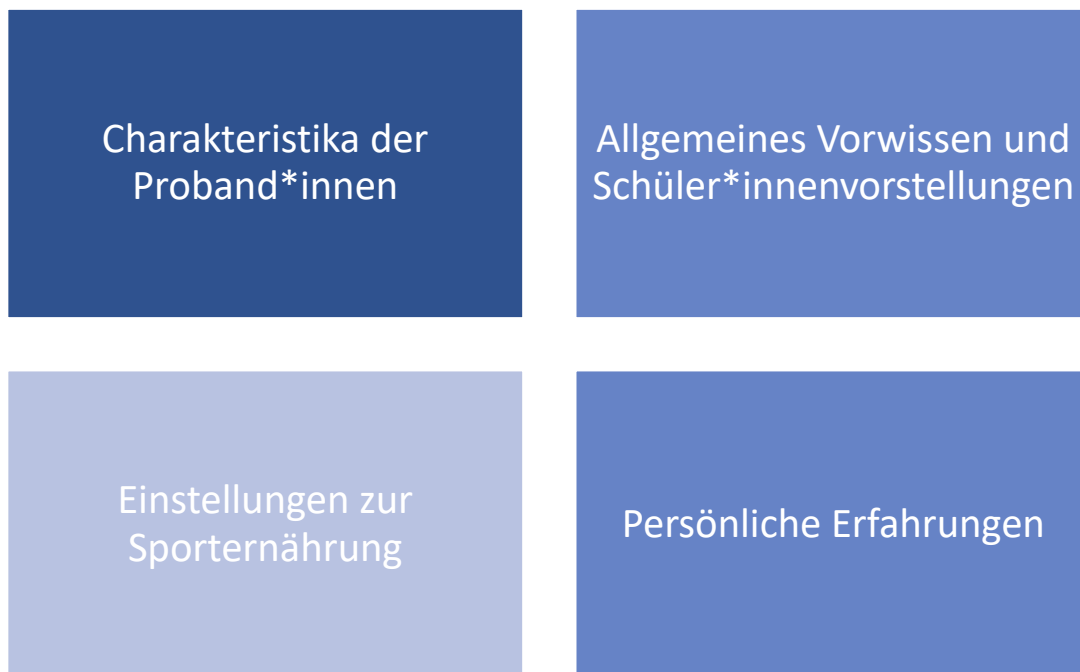






## 4.2 Analyse und Interpretation der Ergebnisse

Die in Kapitel 4.1 Ergebnisse des Fragebogens dargestellten Datensammlungen unterliegen im folgenden Absatz der Analyse und Interpretation. Ebenso wie im vorhergehenden Passus wird auch für die Analyse und Interpretation die Unterteilung in die vier Themencluster vorgenommen.



*Abbildung 29: Themencluster Fragebogen*

Mit Hilfe der Clusterbildung können die jeweiligen Items einem Kontext zugeordnet und Zusammenhänge erschlossen werden. Weiters kann anhand von Interpretation und Analyse der Ergebnisse die Begründung der Themenwahl für die Erstellung des Unterrichtskonzeptes auf verschiedenen Ebenen begründet werden.

### **Themencluster 1: Charakteristika der Proband\*innen**

Im ersten Themencluster wurden umfangreiche personenbezogene Daten der Proband\*innen erhoben.

Obwohl das Unterrichtskonzept für Schüler\*innen der achten Klasse konzipiert wurde, wurden auch Schüler\*innen der siebten Klasse einbezogen. Diese Entscheidung wurde aus zwei Gründen getroffen. Zum einen waren die Schüler\*innen der achten Klasse zum Zeitpunkt der Datenerhebung bereits stark in die Vorbereitungen für die

Matura involviert und daher schwerer zu erreichen. Zum anderen war es schwierig, Schulen zu finden, die an der Studie teilnehmen wollten, und daher war es wichtig, eine höhere Anzahl an Proband\*innen zu erreichen.

Der Fragebogen konzentrierte sich hauptsächlich auf die Erfahrungen und Einstellungen der Schüler\*innen im Zusammenhang mit Ernährung im Kontext eines Wettkampfes. Dabei wurde auch zwischen den verschiedenen Schulstufen und anderen Kategorien differenziert, um den Unterschied zwischen den Schulstufen und den Vorstellungen der Schüler\*innen zu ermitteln.

Etwa zwei Drittel der Befragten gehörten zur siebten Klasse.

Im Vergleich zu Kraftsport (Kampfsport, Kraftsport, Schnellkraftsport) mit 41 Nennungen wurde der Ausdauersport mit 72 Nennungen (Ausdauersport, Ausdauersport mit hohem Krafteinsatz, Spielsport) bei 85 Teilnehmer\*innen ausgewählt. Es ist jedoch zu beachten, dass Mehrfachnennungen möglich waren und daher diese Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten sind. Trotzdem gibt es erste Anhaltspunkte dafür, dass ein Unterrichtskonzept, das den Ausdauersport betont, sehr erfolgreich sein könnte, da fast jeder Schüler und jede Schülerin daran interessiert zu sein scheint.

Des Weiteren haben 85% der Befragten angegeben, dass sie regelmäßig an Wettkämpfen teilnehmen. Dies unterstreicht die hohe subjektive Bedeutung dieses Themas für die Schüler\*innen und hebt dessen Relevanz hervor.

Leider zeigte sich auch, dass das allgemeine Interesse der Schüler\*innen an Chemie relativ gering ist. Daher stellt es eine spannende Herausforderung dar, einen Motivationstransfer vom beliebten Fach Sport auf das als weniger beliebt empfundene Fach Chemie zu erreichen.

## **Themenccluster 2: Allgemeines Vorwissen und Schüler\*innenvorstellungen**

Im Rahmen dieses Themencclusters war es von besonderer Bedeutung, das fachliche Niveau der Schüler\*innen zu ermitteln, um das Erarbeiten des Konzepts gezielt auf den vorhandenen Kenntnissen aufbauen zu können. Hierbei wurden die Antworten nach Schulstufe, Geschlecht sowie vorhandenen Vorinformationen über die Ernährung im Kontext eines Wettkampfes analysiert und in diese drei Kriterien aufgeschlüsselt.

Besonders interessant war dabei der Vergleich der beiden unterschiedlichen Ausgangsniveaus in Form der siebten und achten Schulstufe.

Hinsichtlich der Bedeutung der Ernährung in der Woche vor einem Wettkampf ergab sich eine deutliche Zustimmung vonseiten der informierten Personen im Vergleich zu denjenigen, die sich noch nicht selbst mit dem Thema auseinandergesetzt hatten. Hierbei ist anzumerken, dass die Eigenrecherche der Schüler\*innen möglicherweise zu einer höheren Sensibilisierung bezüglich des Einflusses der Ernährung auf die Leistungsfähigkeit beigetragen haben könnte. Zudem wurde deutlich, dass dieser Aspekt durch eine Verbindung zur Chemie als zusätzliche Motivationstransferquelle für die Schüler\*innen genutzt werden könnte.

Eine weitere Erkenntnis war, dass die korrekte Zuordnung von "energieliefernden" und "nicht-energieliefernden" Nährstoffen als vergleichsweise schwierig einzuschätzen war. Lediglich Kohlenhydrate wurden einstimmig als energieliefernde Nährstoffe identifiziert. Auch hier war jedoch ein höherer Anteil richtiger Antworten bei den informierten Schüler\*innen zu verzeichnen. Bezüglich Schulstufe und Geschlecht ergaben sich hierbei keine gravierenden Abweichungen, wobei Männer und Schüler\*innen der siebten Schulstufe etwas mehr richtige Antworten gaben. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Wiederholung der korrekten Nährstoffzuordnung im Unterricht als grundlegende Voraussetzung für den Erwerb neuer Kenntnisse empfehlenswert erscheint.

Obwohl Bananen als gute Nahrungsmittel angesehen werden, gaben viele Teilnehmer\*innen an, dass es am Wettkampftag optimal wäre, Müsliriegel zu essen, was auch in der Werbung oft so beworben wird. Allerdings sind Müsliriegel oft sehr fettreich und enthalten viele schwer verdauliche Ballaststoffe, während Bananen an solchen Tagen viel besser geeignet wären. Es wurde jedoch nur teilweise erkannt, warum eine Banane als optimales Lebensmittel angeführt wird, und es gab eine gewisse Unsicherheit bei der Zustimmung oder Ablehnung der einzelnen Aussagen zu diesem Thema.

Ein Unterrichtskonzept, das sich mit den verschiedenen Arten von Kohlenhydraten sowie deren Verdauung und Verstoffwechselung auseinandersetzt, scheint vielversprechend und interessant zu sein.

Unmittelbar vor einem Marathon Traubenzucker zu sich zu nehmen, ist erwiesenermaßen nicht gut, was jedoch von nur wenigen erkannt wurde. Es kann zu einer Hypoglykämie führen. Daher hat das "richtige Timing" der Nahrungsmittel auch eine Relevanz für Schüler\*innen. Eine mögliche Problemstellung für die Unterrichtseinheit könnte die Frage sein, warum man also keinen Traubenzucker vor einem Marathon zu sich nehmen sollte.

Die Optimierung des Muskelglykogens ist auch ein interessantes Thema, insbesondere für Ausdauersportler\*innen (was die Mehrheit der Proband\*innen betrifft), um die individuelle Leistungsfähigkeit am Wettkampftag zu steigern. Dieses Thema könnte gut in Verbindung mit der Kohlenhydratverdauung und -verstoffwechselung behandelt werden.

Die Frage nach der Tiefe, in welche man beim Thema Muskelglykogenoptimierung eintauchen möchte, sollte man sich definitiv vorab überlegen, da viele andere Themenbereiche meines Erachtens eine höhere Priorität aufweisen.

### **Themencluster 3: Einstellungen zur Sporternährung**

Die Bedeutung einer ausreichenden Proteinzufuhr vor und während eines Wettkampfes erscheint Schüler\*innen subjektiv als sehr wichtig. Allerdings sollte betont werden, dass bei einem Wettkampf besonders auf die Zufuhr von Kohlenhydraten geachtet werden sollte. Dabei ist es von Interesse, wie der Körper bei Belastung Energie generiert, was ATP ist und wie all dies mit Kohlenhydraten zusammenhängt. Auch das richtige Timing der Nahrungsaufnahme ist von Bedeutung. Es ist wichtig, Schüler\*innen von ihren bisherigen Ansichten abzuholen und ihnen differenzierte Wege und Möglichkeiten aufzuzeigen.

An diesem Punkt beginnt das Unterrichtskonzept konkrete Züge anzunehmen: Die Reise der Kohlenhydrate durch den Körper, angefangen von den unterschiedlichen Arten von Kohlenhydraten bis hin zur Verdauung, dem Transport zur Zelle und dem tatsächlichen Prozess der Energiegewinnung.

Nur 25 von 85 Schüler\*innen stimmten der Aussage zu, dass sie sich mit Kohlenhydraten am Wettkampftag versorgen würden (Wert 4 oder 5 gewählt). Das

zeigt, dass hier unbedingt angesetzt werden muss. Kohlenhydrate spielen eine riesengroße Rolle in der Energieversorgung im Wettkampfsetting und sollten daher auch im Unterrichtskonzept behandelt werden.

Es ist ein großer Fehler, nur zu trinken, wenn man ein Durstgefühl verspürt, besonders im Wettkampfsport. Obwohl dies im Chemieunterricht nicht extra thematisiert werden muss, ist es dennoch wichtig für Sportlehrkräfte zu wissen. Sie sollten ein gutes Beispiel geben und Trinkpausen einplanen oder gegebenenfalls die Regelung "Man darf während der Turnstunde nicht trinken" überdenken.

82% der Schüler\*innen möchten wissen, wie sie ihre Leistung verbessern können, wenn sie ihre Ernährung rund um einen Wettkampf optimieren. Dies zeigt, dass es eine klare Rechtfertigung für die Arbeit gibt.

Kohlenhydrate sind ein wichtiges Thema in der Energieversorgung rund um den Wettkampf. Die Verdauung von Kohlenhydraten, ihr Transport über das Blut zur Zelle, die Glykolyse und die aerobe und anaerobe Verarbeitung des Pyruvats sind von Interesse. Auch die Laktat-Bildung ist ein wichtiger Aspekt. Dies ist ein spannendes Thema für Schüler\*innen, bei dem sie viel für ihren persönlichen Wettkampfsport mitnehmen und im Alltag anwenden können. Es bietet auch die Möglichkeit der Fächerverknüpfung. Laktatmessungen sowie die Ermittlung der maximalen Herzfrequenz könnten im Unterrichtsfach Bewegung und Sport zeitnah durchgenommen werden und in weiterer Folge im Chemieunterricht die dazugehörigen Berechnungen und die damit verbundene Erschließung der persönlichen aerob-anaeroben Schwelle ergründet werden.

#### **Themenccluster 4: Persönliche Erfahrungen**

Dieses lebendige und aufschlussreiche Themenccluster stellt eine wichtige Quelle dar, um einen Einblick in die persönlichen Erfahrungen der Proband\*innen zu gewinnen. Die individuellen Antworten sind vielfältig und zeigen wiederkehrende Themen auf, die sinnvoll zusammengefasst und thematisiert werden können.

Muskelkrämpfe stellen ein häufiges Problem dar und erfordern ein tiefgehendes Verständnis über den Körper und dessen Reaktionen. Was passiert da in meinem Körper und wieso hilft mir ein Magnesiumpulver dagegen? Wie kann man Muskelkrämpfe verhindern? Auch diesen Fragestellungen liegt eine Unterrichtskonzeptpotential zugrunde.

Auch der Zusammenhang zwischen Sport und Leitungswasser ist auffällig, insbesondere im Hinblick auf die Förderung einer gesunden Lebensweise bei Jugendlichen, bei der Sportlehrkräfte als Vorbild dienen können.

Ein weiteres Ausbaupotential besteht in der Aufklärung über die Menge und das richtige Timing der Flüssigkeitsaufnahme, um Beschwerden wie einen Wasserbauch oder Gluckern beim Laufen vorzubeugen.

Besonders erfreulich ist, dass fast die Hälfte der Proband\*innen sich bereits auf eigene Faust mit der Thematik der Wettkampfernährung auseinandergesetzt hat, was auf ein grundsätzliches Interesse an der Thematik hinweist.

Besonders das Timing der Nahrungsmittelaufnahme kristallisiert sich als Fehlerquelle in der Sporternährung heraus. Negative Erfahrungen wie beispielsweise Völlegefühl, Erbrechen, Blähbauch, ... sind Anzeichen dafür.

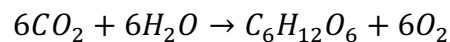
Insgesamt ergeben sich aus den individuellen Erfahrungen der Proband\*innen zahlreiche Ansatzpunkte für die Entwicklung eines umfassenden Unterrichtskonzeptes im Bereich der Sporternährung.

## 5. Unterrichtskonzept

### 5.1 Fachliche Klärung

Der Abbau komplexer Molekülstrukturen in unserem Stoffwechsel, der sogenannte Katabolismus, stellt für die Gewinnung von Energie, vorwiegend in Form von ATP (Adenosintriphosphat), eine zentrale Rolle dar (Fleiss, 2013). Heterotrophe Lebewesen nehmen daher über die Ernährung die nötigen Bausteine für die energieliefernden Stoffwechselprozesse auf (Berg et al., 2018). Dabei zählen neben Proteinen und Fetten insbesondere Kohlenhydrate zu den fundamentalen Nährstoffen des Menschen (Fleiss, 2013). Den kovalenten Bindungen dieser Makromoleküle liegt eine chemische Energie zugrunde, welche durch Umbau der Stoffe im Körper beispielsweise zum Antrieb der Muskelkontraktion genutzt werden kann (Feigenspan, 2017). Parallel dazu dient die aufgenommene Nahrung dazu, körpereigene Stoffe aufzubauen (Berg et al., 2018).

Im Gegensatz dazu ernähren sich autotrophe Lebewesen ausschließlich von anorganischen Bausteinen. Zum Beispiel stellen Pflanzen unter Zuhilfenahme der Energie des Sonnenlichts aus anorganischen Stoffen organische her (Feigenspan, 2017).



Unter den Begriff Kohlenhydrate fallen eine Vielzahl an Naturstoffen, wie zum Beispiel Haushaltszucker, Stärke und Cellulose. Ihnen liegt eine allgemeine Summenformel  $C_x(H_2O)_y$  zugrunde (Mortimer & Müller, 2020). Kohlenhydrate können in drei Kategorien eingeteilt werden:

- **Monosaccharide** (= Einfachzucker) wie etwa Glukose (= Traubenzucker) oder Fruktose (= Fruchtzucker) (Mortimer & Müller, 2020).
- **Oligosaccharide**. Bei Oligosacchariden sind zwei bis acht Monosaccharid-Bausteine aneinandergereiht. Die bekanntesten Vertreter sind beispielsweise Saccharose (= Haushaltszucker) und Lactose (= Milchzucker) (Mortimer & Müller, 2020).
- **Polysaccharide** (= Mehrfachzucker) wie zum Beispiel Stärke oder Cellulose (Mortimer & Müller, 2020).

Im Nachfolgenden werden die vier Abschnitte, die bei der Gewinnung von ATP aus Kohlenhydraten durchlaufen werden, geschildert.

1. Kohlenhydratverdauung durch Enzyme zu Glukose
2. Glykolyse über Pyruvat und weiter
  - a. aerob → Acetyl CoA (Coenzym A)
  - b. anaerob → Laktat
3. Citratzyklus
4. Atmungskette

(Magyar et al., 2013)

### 5.1.1 Kohlenhydratverdauung durch Enzyme zu Glukose

Um die chemische Energie für den eigenen Organismus nutzbar machen zu können, müssen die aufgenommenen, meist polymeren Nährstoff-Verbindungen durch enzymatische Prozesse in ihre monomeren Bausteine aufgetrennt werden (Feigenspan, 2017). Beispielsweise können im Falle der Kohlenhydrate nur Monosaccharide resorbiert und verwertet werden, weshalb alle Polysaccharide erst in Monosaccharid-Einheiten umgebaut werden müssen (Biesalski & Grimm, 2011).

Die Verdauung der Kohlenhydrate beginnt bereits im Mundraum. Durch das im Speichel vorhandene Enzym  $\alpha$ -Amylase werden die  $\alpha$ -glykosidischen Bindungen der Polysaccharide gelöst (Biesalski & Grimm, 2011). Komplettiert wird die Verdauung im Dünndarm durch ein weiteres Enzym, der Pankreasamylase. Übrig bleiben Disaccharide (Maltose, Laktose und Saccharose), welche durch eigene Enzyme (Maltase, Laktase und Saccharase) weiter in monomere Strukturen zerlegt werden (Feigenspan, 2017). Übrig bleiben Glukose, Galaktose und Fruktose (= Monosaccharide), welche mit Hilfe eigener Transporter vom Dünndarmepithel resorbiert werden können (Feigenspan, 2017). Über das Blut gelangen diese Spaltprodukte weiter zur Leber und Fruktose sowie Galactose werden enzymatisch umgebaut und in die Glykolyse eingeschleust (Berg et al., 2018).

Benötigt der Mensch Energie, so wird im Körper eine Reihe an Reaktionen ausgelöst mit dem Ziel, Energie in Form von Adenosintriphosphat (ATP) zwischenzuspeichern (Fleiss, 2013). Alternativ können die durch die Nahrung aufgenommenen Nährstoffe



auch zur Herstellung körpereigener Stoffe dienen (Mortimer & Müller, 2020). In diesem Unterrichtskonzept werde ich mich rein auf die Energiegewinnung fokussieren.

Um aus Nährstoffen die chemische Energie für weitere Stoffwechselwege nutzen zu können, müssen diese meist langkettigen, polymeren Stoffe mithilfe maßgeschneiderter Enzyme in monomere Bausteine überführt werden. Ob nun Lipide, Proteine oder Kohlenhydrate zur Energiegewinnung genutzt werden, das kollektive Endprodukt dieses katabolen Vorganges bleibt in jedem Fall Acetyl-Coenzym A, welches dann weiter in den Citratzyklus eingeschleust werden kann (siehe Abbildung 36) (Feigenspan, 2017).

### 5.1.2 Glykolyse

Im Laufe der Glykolyse wird das Monosaccharid Glukose in Pyruvat umgebaut (Berg et al., 2018).

Im Allgemeinen kann man die Glykolyse in zwei Phasen unterteilen. Die erste Phase wird auch Vorbereitungsphase genannt und ist dadurch gekennzeichnet, dass Energie in Form von Adenosintriphosphat aufgewendet werden muss, um den C<sub>6</sub>-Baustein Glukose in zwei C<sub>3</sub>-Bausteine überführen zu können (von der Saal, 2020). In der zweiten Phase kann der vorerst auftretende Energieverbrauch wieder ausgeglichen werden und zusätzlich 2 Moleküle ATP generiert werden (von der Saal, 2020).

Steht Sauerstoff im Organismus zur Verfügung, so kann bei der Glykolyse entstandenes Pyruvat aerob weiter zu Acetyl – Coenzym A umgebaut werden und somit zur weiteren Verstoffwechselung und ATP-Produktion in den Citratzyklus eingeschleust werden (Berg et al., 2018). Steht dem Körper nicht ausreichend Sauerstoff zur Verfügung oder wird eine größere Menge an Energie benötigt als durch den Sauerstofftransport im Blut abgedeckt werden kann, so kann der Körper aus dem Pyruvat durch den anaeroben Stoffwechselweg unter Produktion von Laktat die Glykolyse aufrechterhalten (Magyar et al., 2013). Somit ist die Glykolyse nicht zwangsläufig auf den Sauerstofftransport im Blut angewiesen (Magyar et al., 2013). Das aus der Glykolyse hervorkommende Pyruvat kann ohne Sauerstoffbedarf durch das Reduktionsäquivalent NADH H<sup>+</sup> zu Laktat reduziert werden. Hierdurch kann das NAD<sup>+</sup> wieder für die Glykolyse zurückgewonnen werden (Magyar et al., 2013).

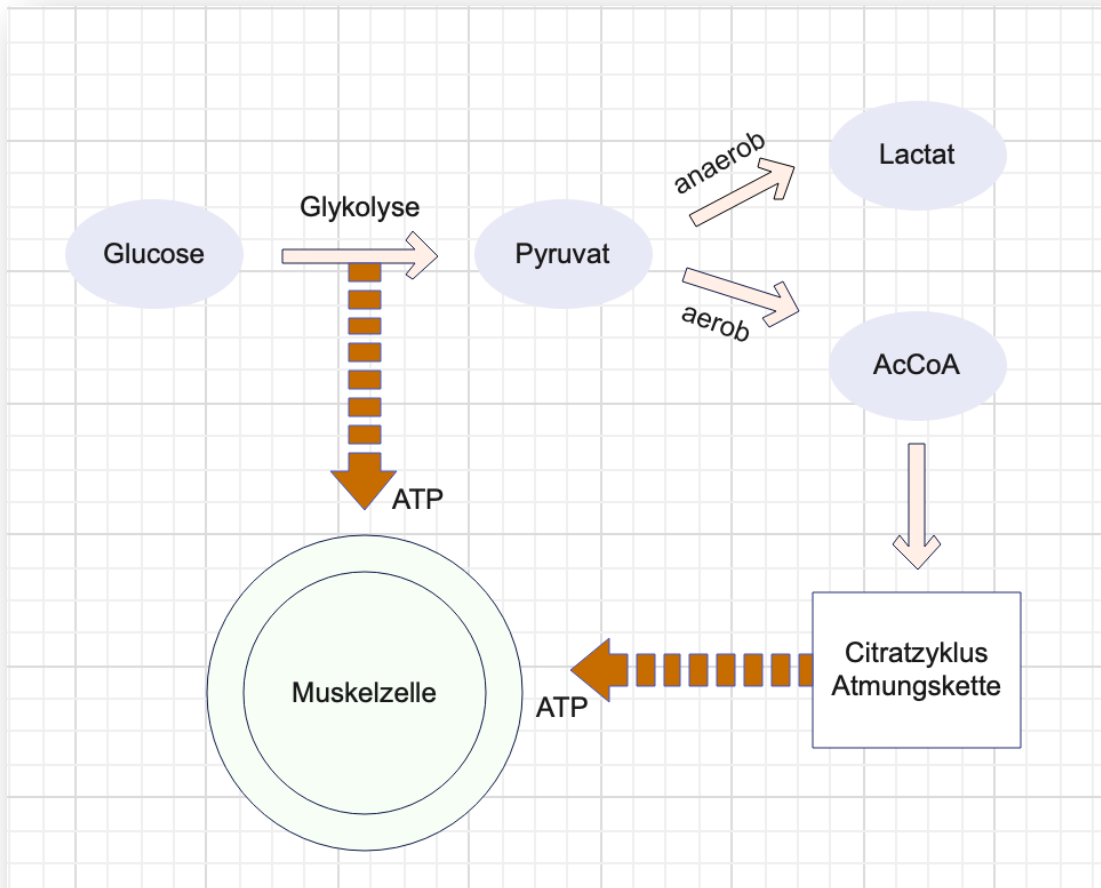
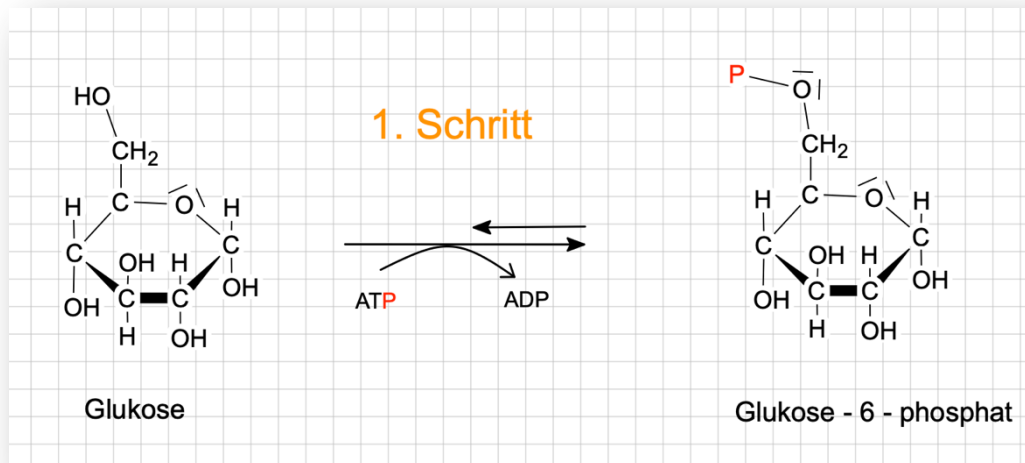


Abbildung 30: Aerobe und anaerobe Verwertung des Pyruvats zur Energiegewinnung in der Muskelzelle (Magyar et al., 2013)

Wie bereits auf Seite 66 beschrieben, nimmt das Blut die Monosaccharid-Bausteine auf und diese werden als Blutzucker erfasst (Magyar et al., 2013). Im Nachfolgenden werde ich mich ausschließlich auf die Verstoffwechselung der Glukose als wichtigstes Monosaccharid beschränken.

In der fettliebenden Zellenmembran sitzen Glukosetransporter, deren Ziel der Transport der Glukose vom Blut in die Zelle ist (Magyar et al., 2013). In der Zelle angekommen wird als erster Schritt die Glukose unter Zuhilfenahme von Adenosintriphosphat und einer Hexokinase phosphoryliert und es wird Glukose-6-Phosphat (G6P) gebildet (siehe Abbildung 31) (Magyar et al., 2013). Glukose-6-Phosphat hat im Vergleich zu der lipophilen Zellenmembran stark hydrophile Eigenschaften und wird so am erneuten Verlassen der Zelle gehindert (Magyar et al., 2013).



*Abbildung 31: Aktivierung von Glukose zu Glukose-6-Phosphat*

In der Zellenmembran sitzen diverse Glukosetransporter, welche sich durch die Abhängigkeit vom Insulinhaushalt unterscheiden (Magyar et al., 2013). Die Insulinunabhängigen Glukosetransporter orientieren sich am Konzentrationsgefälle von Blut und Zellflüssigkeit (Magyar et al., 2013). In der Zelle angekommen, wird der Glukose unter ATP-Verbrauch sofort ein Phosphatrest angehängt, somit ist die Konzentration an Glukose in der Zelle auch bei einem sehr niedrigen Blutzuckerspiegel immer noch höher als in der Zelle selbst (Magyar et al., 2013). Damit wird auch bei niedrigem Blutzuckerspiegel die Versorgung der Zelle gewährleistet (Magyar et al., 2013).

Bei hoher Glukosekonzentration im Blut werden außerdem insulinabhängige Glukosetransporter aktiv (Magyar et al., 2013). Somit kann eine rasche Glukoseaufnahme der Zelle gewährleistet werden (Magyar et al., 2013). Die eingeschleuste Glukose wird wiederum sofort zu Glukose-6-Phosphat phosphoryliert und kann unter Abspaltung von Phosphat zu Glykogen umgebaut und so direkt in den Muskelzellen gespeichert werden (Magyar et al., 2013). Besteht bei geringem Blutzuckerspiegel ein Bedarf an Energie im Muskel, kann aus Glykogen unter Aufnahme von Phosphat wieder Glukose-6-Phosphat hergestellt werden, welches weiter in die Glykolyse zur Energiegewinnung verstoffwechselt werden kann (Magyar et al., 2013).

Während Muskelzellen nur zu etwa 1 % aus Glykogen bestehen, kann die Leber bis zu 10 % aus Glykogen bestehen (Magyar et al., 2013). Folglich trägt die Leber Energiereserven zur Aufrechterhaltung des gesamten Organismus in sich,

wohingegen das gespeicherte Muskelglykogen nur zur Aufrechterhaltung der Muskelfunktionen dient (Magyar et al., 2013).

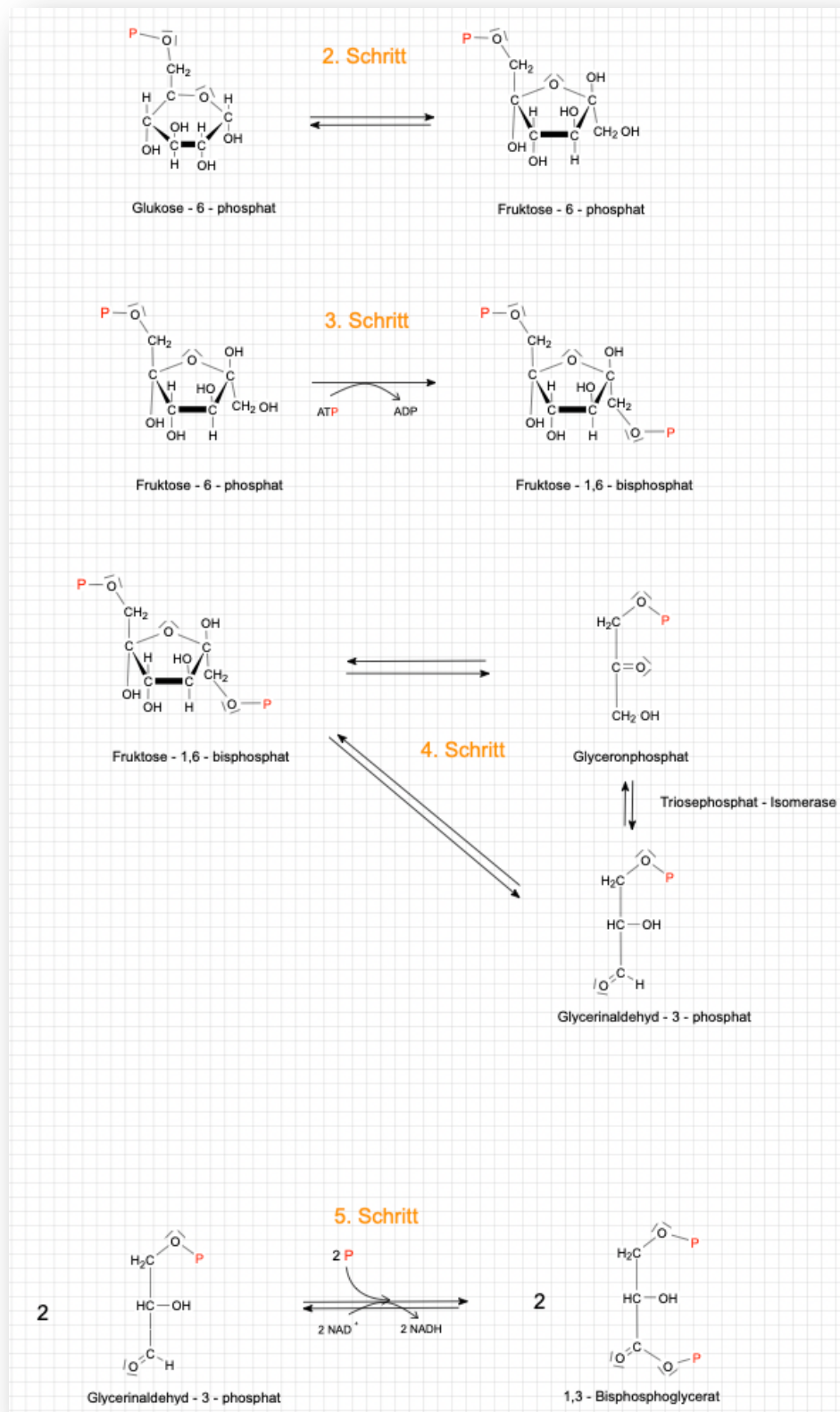


Abbildung 32: Glykolyse: Schritt zwei bis fünf

Als nächster Punkt in der Glykolyse wird Glukose-6-phosphat mittels einer Glukosephosphat-Isomerase zu Fruktose-6-phosphat isomerisiert (Berg et al., 2018). Im Anschluss an die Isomerisierung erfolgt eine weitere Phosphorylierungsreaktion, in welcher Fruktose-6-phosphat unter ATP-Verbrauch zu Fruktose -1,6- bisphosphat unter Beteiligung des Enzyms Phosphofruktokinase katalysiert wird.(Berg et al., 2018). Im vierten Schritt wird Fruktose-1,6-bisphosphat, katalysiert durch eine Aldolase, in Glyceronphosphat und Glycerinaldehyd-3-phosphat gespalten (Berg et al., 2018), wobei Glyceronphosphat mithilfe einer Triosephosphat-Isomerase zu Glycerinaldehyd-3-phosphat umgebaut wird (Berg et al., 2018). Bis hierher verläuft die Glykolyse ohne Energie-(bzw. ATP-)gewinn (Berg et al., 2018).

Bis zu diesem Schritt müssen sogar 2 Moleküle ATP investiert werden, welche im weiteren Verlauf der Glykolyse wieder hereingeholt werden müssen (Berg et al., 2018). Die beiden entstandenen Glycerinaldehyd-3-phosphat-Moleküle werden im fünften Schritt zu zwei 1,3-Bisphosphoglycerat-Molekülen umgewandelt (Berg et al., 2018). Katalysiert wird dieser Schritt durch das Enzym Glycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase (Berg et al., 2018).

Der sechste Schritt ist die erste Reaktion, die zu einer Produktion von ATP führt (Berg et al., 2018). In diesem Abschnitt katalysiert ein Enzym namens Phosphoglycerat-Kinase die Übertragung einer Phosphoryl-Gruppe auf Adenosindiphosphat, wobei ATP und 3-Phosphoglycerat entstehen (Berg et al., 2018). Dabei sollte immer im Hinterkopf behalten werden, dass 2 Moleküle 1,3-bisphosphoglycerat zu 2 Molekülen 3-Phosphoglycerat umgebaut werden und somit auch 2 Moleküle ATP entstehen (Magyar et al., 2013).

Nachfolgend wird 3-Phosphoglycerat durch das Enzym Phosphoglycerat-

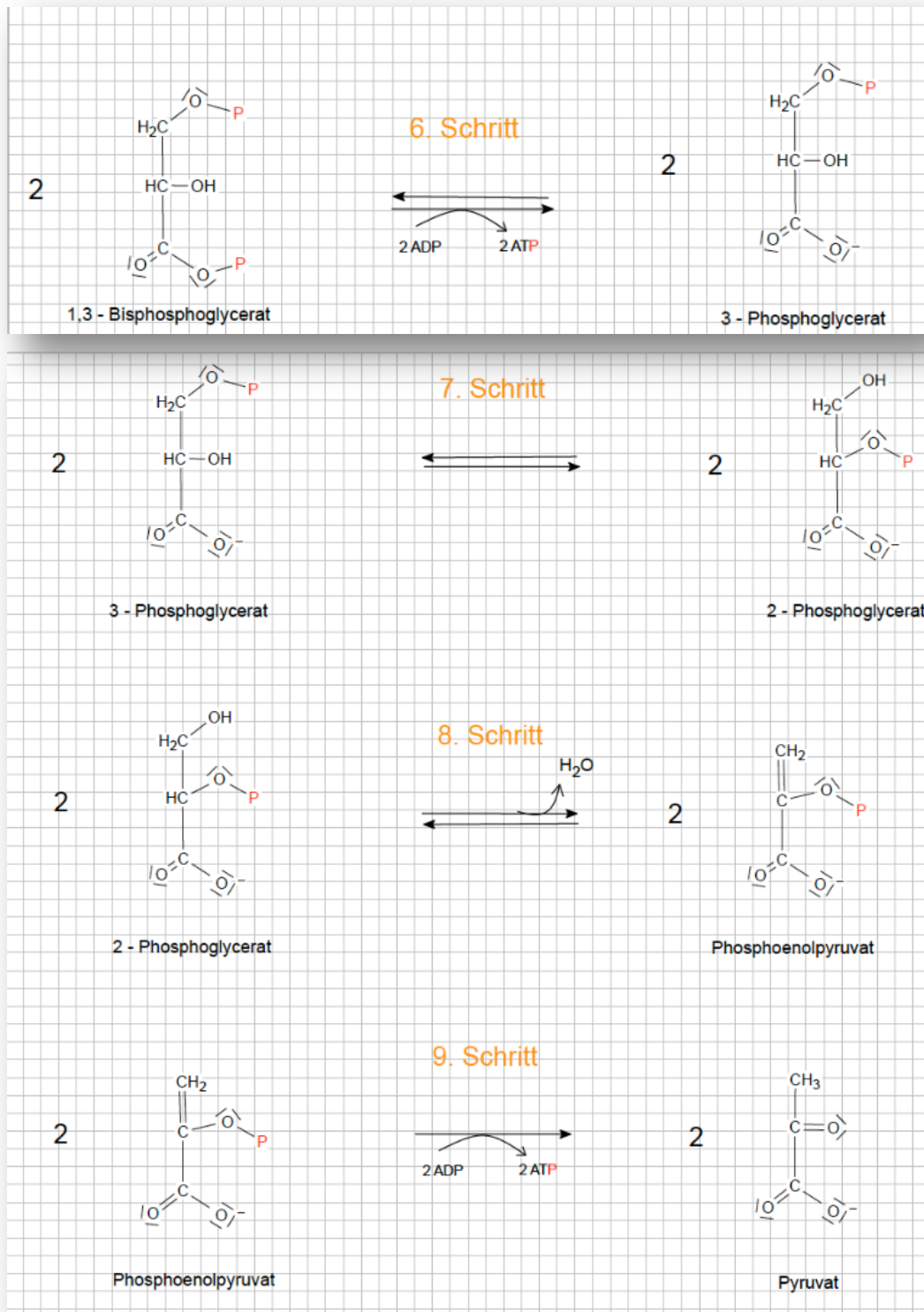
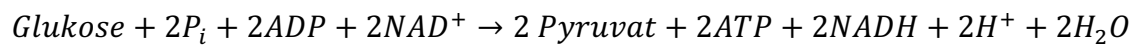


Abbildung 33: Glykolyse: Schritt sechs bis neun

Mutase in 2-Phosphoglycerat umgelagert (Berg et al., 2018). Im Anschluss wird mittels einer Enolase das 2-Phosphoglycerat in Phosphoenolpyruvat überführt (Berg et al., 2018). Bei dieser Reaktion wird Wasser abgespalten (Berg et al., 2018). Im letzten Schritt werden die Phosphoryl-Gruppen wieder auf Adenosindiphosphat übertragen

und es entstehen Pyruvat und 2 Moleküle ATP. Katalysiert wird diese abschließende Reaktion durch das Enzym Pyruvat-Kinase (Berg et al., 2018).

Betrachtet man die nachfolgend dargestellte Nettoreaktion, so entstehen aus einem Molekül Glukose zwei Moleküle Pyruvat und 2 Moleküle ATP (Berg et al., 2018).



Betrachtet man ausschließlich die Glykolyse, so wird für ihren Ablauf kein Sauerstoff benötigt (Fleiss, 2013). In der weiteren Verstoffwechslung des Pyruvats können zwei Wege eingeschlagen werden: die aerobe Weiterverarbeitung des Pyruvats und Einschleusung in den Citratzyklus (wie in Abbildung 36 dargestellt) zur Energiegewinnung beziehungsweise die anaerobe Verstoffwechslung zu Laktat (Magyar et al., 2013). Bei hoher körperlicher Aktivität und damit einhergehender hoher Muskelbeanspruchung stellt der Sauerstoff einen limitierenden Faktor dar (Berg et al., 2018). In diesem Fall kann das Pyruvat nicht mehr in den Citratzyklus eingeschleust werden, da die benötigten Reduktionsäquivalente in der Atmungskette nicht mehr regeneriert werden können (Berg et al., 2018). Pyruvat wird durch NADH in Laktat überführt. Katalysiert wird diese Reaktion durch das Enzym Laktat-Dehydrogenase (Berg et al., 2018).

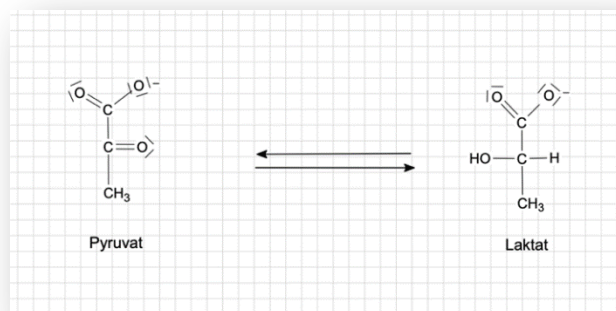
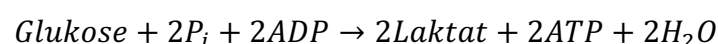


Abbildung 34: Anaerobe Pyruvat-Verstoffwechslung



Insgesamt werden bei der anaeroben Verstoffwechslung des Pyruvats nur 2 Mol Adenosintriphosphat generiert, wohingegen die aerobe Verstoffwechslung über Acetyl-CoA, Citratzyklus und oxidative Phosphorylierung 36–38 Moleküle ATP

produziert (Feigenspan, 2017). Die Glykolyse per se ist also ein rascher Weg, um ATP zu generieren, und dient vorrangig dazu, kurzzeitige Leistungsspitzen abdecken zu können (siehe Abbildung 35) (Feigenspan, 2017).

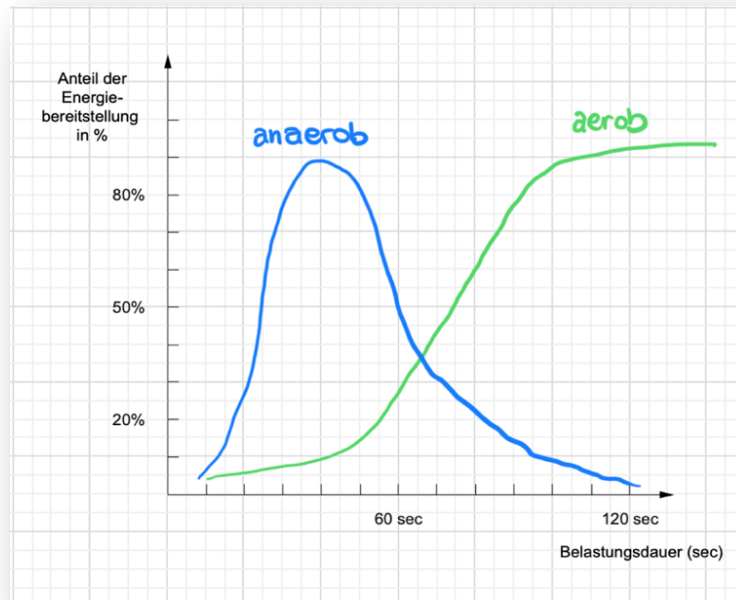


Abbildung 35: Aerobe und anaerobe Energiebereitstellung (Winkler, 2009)



Die Einschleusung und die weitere aerobe Verstoffwechslung wird in der nachfolgenden Abbildung 36 dargestellt.

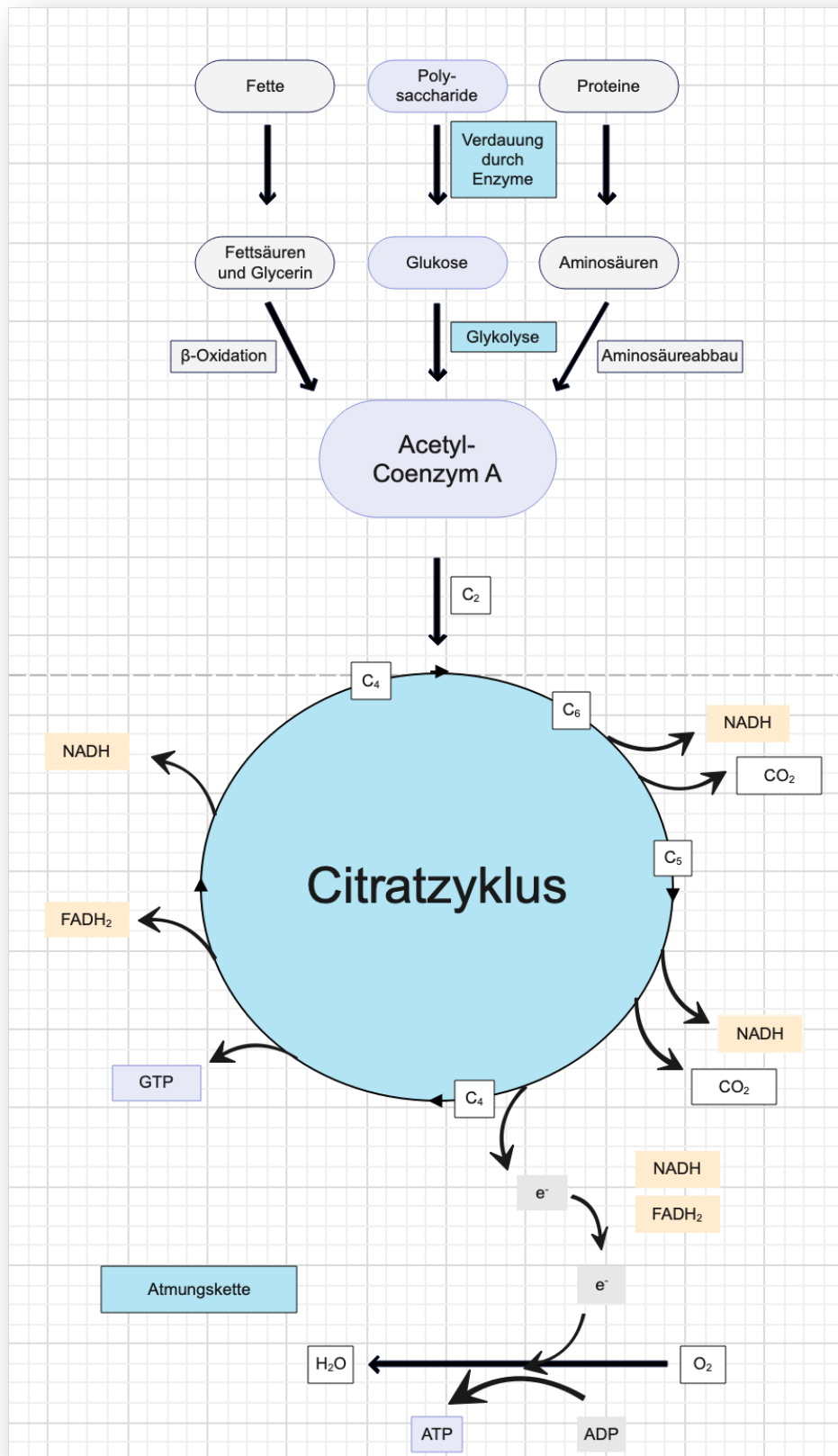
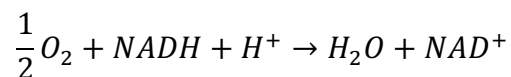


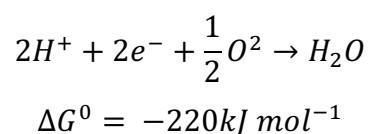
Abbildung 36: Verdauung der Nährstoffe (Berg et al., 2018; Feigenspan, 2017)

Im Laufe des stufenweisen Citratzyklus wird neben GTP (Guanosintriphosphat) in den RedOx-Schritten ein Elektronenpaar auf FAD sowie drei Elektronenpaare auf NAD<sup>+</sup> übertragen (Berg et al., 2018). Somit entstehen 4 reduzierte Coenzyme (3x NADH und 1x FADH<sub>2</sub>), welche in der nachfolgenden oxidativen Phosphorylierung, auch Atmungskette genannt, unter Bildung von elf Molekülen ATP oxidiert werden (Berg et al., 2018). Gemeinsam mit der direkt im Zyklus hergestellten energiereichen Phosphatbindung (GTP) werden im Gesamten zwölf energiereiche Phosphatbindungen pro eingeschleustem C<sub>2</sub>-Baustein, welcher der vollständigen Oxidation zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O unterliegt, erzeugt (Berg et al., 2018). Dem Guanosintriphosphat ist es möglich, in einer trivialen Reaktion die Phosphatgruppe auf ADP, zur Herstellung von ATP, zu übertragen (Feigenspan, 2017). Hierdurch kann der Energiegehalt von ATP und GTP als äquivalent angesehen werden (Feigenspan, 2017).

Während die Glykolyse im Cytosol abläuft, ereignet sich der Citratzyklus in den Mitochondrien und verläuft nur unter aeroben Bedingungen, da NAD<sup>+</sup> und FAD benötigt werden (Berg et al., 2018). NAD<sup>+</sup> und FAD werden zurückgewonnen, wenn NADH und FADH<sub>2</sub> ihre Elektronen im Zuge der oxidativen Phosphorylierung auf O<sub>2</sub> unter Bildung von H<sub>2</sub>O übertragen (Berg et al., 2018). Als Motor für diesen letzten Schritt in der aeroben Energieerzeugung dient die Übertragung der Elektronen von NADH + H<sup>+</sup> auf O<sub>2</sub> unter Bildung von H<sub>2</sub>O (Feigenspan, 2017). In der nachfolgenden Formel lässt sich erkennen, dass NADH zu NAD<sup>+</sup> oxidiert und gleichzeitig O<sub>2</sub> zu H<sub>2</sub>O reduziert wird.

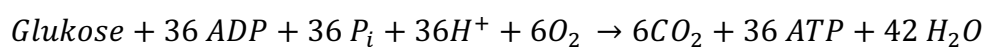


Unter Anbetracht der Protonen- und Elektronenübertragungsreaktionen ergibt sich daraus:



In dieser Darlegung liegt auch der Beweggrund, weshalb es für Lebewesen unerlässlich ist, Sauerstoff in jede einzelne Zelle des Körpers zu befördern (Feigenspan, 2017). O<sub>2</sub> dient als finaler Akzeptor der Elektronen (Feigenspan, 2017). Ohne Sauerstoff keine Elektronenübertragungsreaktion und ohne sie keine Energiegewinnung in Form von ATP (Feigenspan, 2017).

Im Gesamten ergeben sich aus der Oxidation eines Moleküls Glukose 36 bis 38 Moleküle Adenosintriphosphat, je nach Art des Shuttles (Berg et al., 2018). Die Gesamtreaktion bei der vollständigen Glukose-Oxidation lautet wie folgt:



Splittet man die Gewinnung von ATP auf die einzelnen Stoffwechselabschnitte der Energieerzeugung auf, so wird im letzten Teil, der oxidativen Phosphorylierung, am meisten ATP generiert (Berg et al., 2018). Insgesamt 32 von den 36 ATP-Molekülen entstehen in dieser Phase (Berg et al., 2018).

### 5.1.3 Wie kann ATP Arbeit verrichten?

Grundsätzlich wird Energie von einem System benötigt, um Arbeit verrichten zu können. In einem Organismus wird Energie zum einen dafür genutzt, chemische Arbeit (z. B. die Bildung von Makromolekülen aus monomeren Bausteinen), zum anderen Transportarbeit (um beispielsweise Ionen oder Blut zu transportieren) oder mechanische Arbeit (zu welcher exemplarisch die Muskelkontraktion zählt) zu leisten (Feigenspan, 2017).

In all den zuvor beschriebenen Stoffwechselwegen wird Energie in Form von Adenosintriphosphat generiert. Was genau zeichnet ATP aus als Energiequelle für unseren Körper?

Adenosintriphosphat besteht aus einer Purin Base, dem Adenin, aus einem Zucker, der Ribose, und aus einer Einheit aus drei Phosphatgruppen (siehe Abbildung 37) (Feigenspan, 2017).

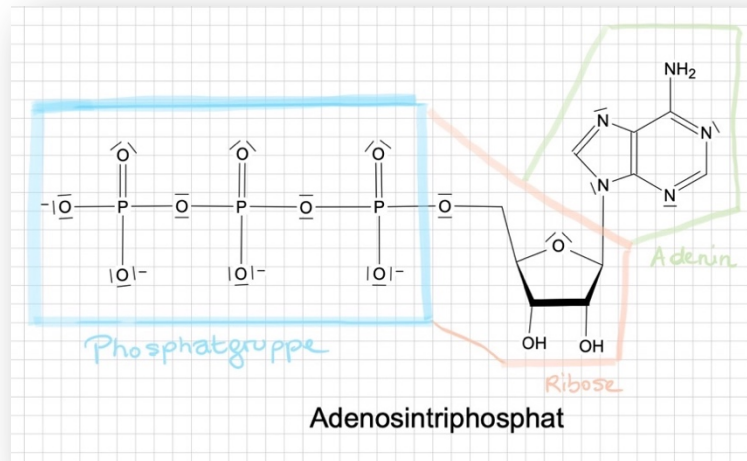
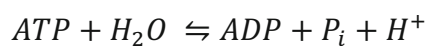


Abbildung 37: Struktureller Aufbau von ATP (Feigenspan, 2017)

Adenosintriphosphat ist ein sehr energiereiches Nukleotid, weil die Phosphatgruppe zwei Phosphorsäureanhydridbindungen besitzt (Berg et al., 2018). Die Energie, welche kovalente Bindungen trotz hoher elektrostatischer Abstoßung der negativen Ladungen in der Triphosphatgruppe ermöglicht, wird bei ihrer Hydrolyse frei (Feigenspan, 2017):



$$\Delta G^\circ = -30,5 \text{ kJ/mol}$$

Bei der Hydrolyse von Adenosintriphosphat zu Adenosindiphosphat und Orthophosphat wird also Energie frei – Energie, die als Motor für das Ablaufen von Reaktionen, wie beispielsweise der Muskelkontraktionen, dient (Berg et al., 2018).

ATP wird beständig generiert und verbraucht (Berg et al., 2018). Eine durchschnittliche Person verbraucht in Ruhe etwa 40 kg ATP pro Tag (Berg et al., 2018).

#### 5.1.4 Glykämischer Index – Glykämische Last

Um die Auswirkung von kohlenhydratreichen Lebensmitteln auf den Blutzuckerspiegel bestimmen zu können, wurde der **glykämische Index (GI)** herangezogen (Belitz et al., 2008). Der glykämische Index beinhaltet die Zeitdauer und Höhe der Blutzuckerreaktion auf den Verzehr von 50 g Kohlenhydrat eines bestimmten Lebensmittels (Magyar et al., 2013). Einen glykämischen Index von 100 erreicht man nach Aufnahme von 50 g Glukose (Belitz et al., 2008). Dieser Wert wird als

Referenzwert für die Berechnung anderer Kohlenhydrate herangezogen. Beispielsweise liegt der glykämische Index von Maltose etwas höher bei 105, der glykämische Index von Saccharose bei 65, Laktose bei 46 und Fruktose bei 23 (Belitz et al., 2008).

Die glykämische Last (GL) berücksichtigt überdies noch die Menge des verzehrten Lebensmittels (Belitz et al., 2008).

$$GL = GI * \frac{g_{KH}}{100g}$$

Somit kann die glykämische Gesamtbelastung beim Verzehr eines Nahrungsmittels ermittelt werden (Belitz et al., 2008).

#### 5.1.5 Blutzuckerspiegel und Insulin

Das Molekül Glukose bildet den Blutzucker (Magyar et al., 2013). Der Blutzuckerspiegel muss relativ konstant gehalten werden, in etwa zwischen einem Wert von 80 bis 100 mg/dL (Magyar et al., 2013). In Folge einer Aufnahme von Nahrung steigt der Blutzuckerspiegel an, was zur Folge hat, dass der Körper das Hormon Insulin ausschüttet (Magyar et al., 2013). Insulin ermöglicht (Stichwort insulinabhängige Glukosetransporter) der Glukose den Zutritt in die Muskelzellen beziehungsweise die Leberzellen. In den Zellen angekommen, wird die Glukose phosphoryliert und entweder zur Energieerzeugung verwendet oder in Glycogen umgebaut und gespeichert (Magyar et al., 2013).

Im Sport werden die durch die Nahrung aufgenommenen Kohlenhydrate recht schnell verbraucht, weshalb die Insulinausschüttung dadurch geringer ausfällt (Magyar et al., 2013).

Ist der Blutzuckerspiegel zu niedrig, wird das Hormon Glucagon ausgeschüttet (Magyar et al., 2013). Glucagon nimmt Glykogenreserven her und stellt aus ihnen wieder Glukose her (Magyar et al., 2013). Die Menge an gespeichertem Glykogen reicht im Normalfall für einen ganzen Tag, es sei denn, der Körper wird hohen körperlichen Belastungen (wie zum Beispiel einem Marathonlauf) ausgesetzt (Magyar et al., 2013). In diesem Fall reicht die Menge an Glykogen nur für wenige Stunden. Deshalb muss während eines Marathonlaufs beispielsweise kohlenhydratreiche Nahrung aufgenommen werden (Magyar et al., 2013).

## 5.2 Lernziele

Um das erworbene Wissen überprüfen, einordnen und beurteilen zu können, werden nachfolgend Lernziele aufgelistet. Damit kann sowohl für Schüler\*innen als auch für die Lehrkräfte der Weg und die damit verbundene Ziele der Unterrichtsreihe transparent gehalten werden:

- ✓ Die Schüler\*innen können Kohlenhydrate klassifizieren.
- ✓ Die Schüler\*innen können die Unterschiede in der Verdauung von Kohlenhydraten erläutern.
- ✓ Die Schüler\*innen können erklären, warum Kohlenhydrate nicht gleich Kohlenhydrate sind.
- ✓ Die Schüler\*innen können glykämischen Index und glykämische Last unterscheiden.
- ✓ Die Schüler\*innen können den glykämischen Index mit der Kohlenhydratverdauung in Verbindung bringen.
- ✓ Die Schüler\*innen können Edukte und Produkte der Glykolyse aufzählen.
- ✓ Die Schüler\*innen können Informationen aus einem Sachtext herauslesen und diese in einem Schema darstellen und erläutern.
- ✓ Die Schüler\*innen können verschiedene Arten von Enzymen anhand der Benennung erkennen.
- ✓ Die Schüler\*innen können die möglichen Stoffwechselwege des Pyruvats beschreiben.
- ✓ Die Schüler\*innen können die möglichen Stoffwechselwege des Pyruvats hinsichtlich der Energieeffizienz unterscheiden.
- ✓ Die Schüler\*innen können die Bedeutung der möglichen Stoffwechselwege des Pyruvats in Verbindung mit der eigenen sportlichen Tätigkeit bringen.
- ✓ Die Schüler\*innen können Möglichkeiten nennen, die aerob-anaerobe Schwelle zu verschieben und deren Bedeutung mithilfe chemischen Fachwissens zu begründen.
- ✓ Die Schüler\*innen können Ernährungsempfehlungen für einen Wettkampftag formulieren.
- ✓ Die Schüler\*innen können die Bedeutung von Kohlenhydraten im Sport erläutern.
- ✓ Die Schüler\*innen können ihren individuellen Kohlenhydrat-Bedarf anhand der Trainingskapazität berechnen.

- ✓ Die Schüler\*innen können die Auswahl der Lebensmittel unter Beachtung mehrerer Faktoren ableiten (vertraute und persönlich gut verträgliche Lebensmittel / Kohlenhydratanteil / GI / ...)
- ✓ Die Schüler\*innen können Möglichkeiten der Optimierung der Leistungsfähigkeit am Wettkampftag nennen.

### 5.3 Kompetenzen

Das entwickelte Unterrichtskonzept bezieht sich auf Inhalte des siebten und achten Semesters des Chemieunterrichts in der Oberstufe mit der Überschrift „Substanz und Energie“ sowie „Chemische Grundlagen des Lebens“. Unter der Perspektive des Überkapitels „Substanz und Energie“ wird vor allem die Skizzierung der Stoffwechselprozesse anvisiert (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2022). Aus dem zweiten Themenkapitel wird auch die Stellungnahme zu Ernährungsempfehlungen anhand kritisch reflektierten Einsatzes von differenzierten Stoffkenntnissen ins Konzept miteinbezogen (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2022).

Zusätzlich entsprechen die geplanten Chemieeinheiten auch einigen allgemeinen Anforderungen an den Chemieunterricht. Neben der Ausrichtung hinsichtlich der Erfahrungswelt und den sportlichen Interessen der Schüler\*innen werden auch die didaktischen Grundsätze, allem voran der Punkt: „Situieren und anhand authentischer Probleme lernen“, berücksichtigt sowie ein Beitrag zur Entwicklung von Selbst- und Sozialkompetenz geleistet (Rechtsinformationssystem des Bundes, 2022).

Das neu erworbene Wissen, welches in Verbindung mit den eigenen Erfahrungen gebracht wurde, soll schließlich zur Entwicklung von Handlungskompetenzen führen, welche im nachfolgenden Schema (Abbildung 38) den einzelnen Unterrichtseinheiten zugeordnet und in Tabelle 8 erläutert wurden.

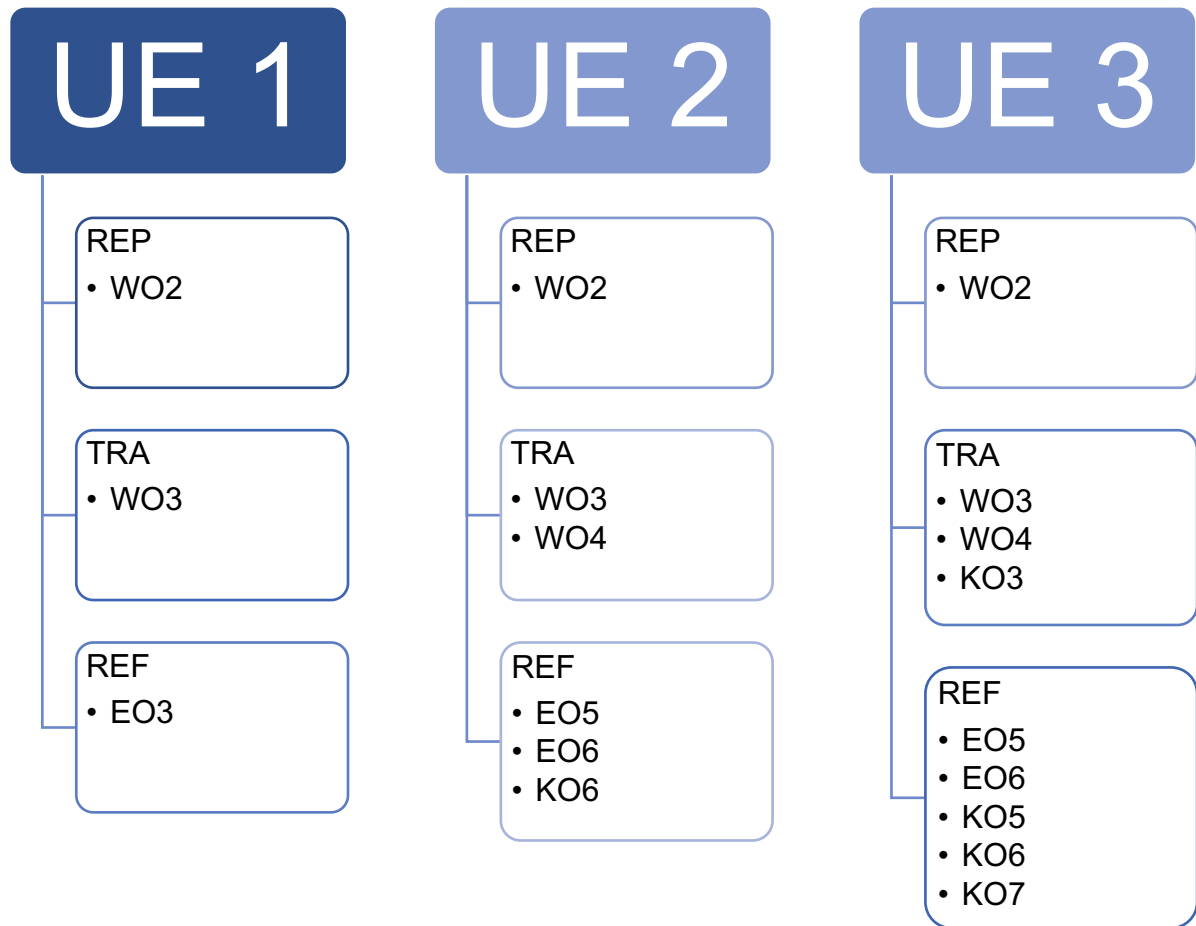


Abbildung 38: Zuordnung der Handlungskompetenzen zu den einzelnen Unterrichtseinheiten

Ich kann einzeln und im Team ...		
<b>Reproduktionsleistung</b>	WO2	... Daten sowie Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Text, Grafik, Tabelle, Bild, Diagramm, Modell) adressatengerecht darstellen, erläutern und diskutieren.
<b>Transferleistung</b>	WO3	... fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren.
	WO4	... Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten aus anderen Disziplinen heranziehen, um naturwissenschaftliches Wissen zu organisieren.
<b>Reflexion/ Problemlösung</b>	EO5	... zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen, Vermutungen aufstellen und Problemstellungen definieren, die mit Hilfe



		naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Untersuchungen bearbeitet bzw. überprüft werden können.
	EO6	... auf der Basis von Daten und Untersuchungsergebnissen sowie deren Interpretation Hypothesen über Vorgänge und Zusammenhänge aufstellen.
<b>Transferleistung</b>	KO3	... konkurrierende Interpretationsmöglichkeiten gegeneinander abwägen und auf dieser Basis Entscheidungen treffen.
<b>Reflexion/ Problemlösung</b>	KO5	... einen Problemlösungsprozess kritisch reflektieren und gegebenenfalls alternative Strategien entwickeln.
	KO6	... Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich persönlich und für die Gesellschaft einschätzen.
	KO7	... Entscheidungen in gesellschaftlich relevanten Fragen aus naturwissenschaftlicher Sicht begründen und bewerten.

*Tabelle 8: Auflistung Handlungskompetenzen (BMBF, 2012)*

## 5.4 Konzeption und Unterrichtsentwurf

In diesem Kapitel soll anhand einer tabellarischen Darstellung der Verlauf des Unterrichtskonzeptes übersichtlich dargestellt werden. Die in der Tabelle „Medien/Material“ aufgelisteten Elemente befinden sich im Anhang.

Ausgehend von einem sehr heterogenen Ausgangswissensstand werden die Grundlagen der Kohlenhydrate kurz wiederholt und das Wissen der Schüler\*innen versucht zu aktivieren und wieder aufzufrischen. Die Unterrichtsreihe zielt darauf ab, den Weg der Kohlenhydrate durch den Körper bis zur ATP-Generierung darzustellen. Wie wird Energie im Körper erzeugt und wieso sind Kohlenhydrate im Sport das A und O. Welchen Einfluss hat Sauerstoff auf diesem Stoffwechselweg und was hat das mit meiner sportlichen Aktivität zu tun? Wie kann ich mit meiner Ernährung Einfluss auf

meine Leistungsfähigkeit nehmen. Auch das „Warum“ spielt in diesem Zusammenhang eine bedeutende Rolle.

Diesen und weiteren Fragen wird mit dieser Unterrichtsreihe auf den Grund gegangen.

In Tabelle 9 befinden sich allgemeine Informationen zur Umsetzung der Unterrichtsreihe. Angeführt werden hierbei beispielsweise die zu behandelnden Themenbereiche, das vorausgesetzte Vorwissen der Schüler\*innen und die benötigte Zeitspanne.

<b>Klasse:</b>	8.Klasse (Sportgymnasium)	<b>Name:</b>	Katharina Haas
<b>Anzahl Schüler*innen:</b>	25	<b>Zeit- spanne:</b>	150 min (3 UE)
		<b>Bemerkung:</b>	Dreitellige Unterrichtsreihe (150 Minuten)

<b>Themen der Unterrichtsreihe:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlenhydratverdauung</li> <li>• Blutzuckerspiegel – Hormone</li> <li>• Glykämischer Index – Glykämische Last</li> <li>• Zellatmung</li> <li>• Glykolyse</li> <li>• Wege des Pyruvats – aerobe und anaerobe Energiebereitstellung</li> <li>• Ernährung am Wettkampftag</li> <li>• Ernährungsplan erstellen</li> </ul>
<b>Vorwissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemisches Gleichgewicht</li> <li>• Reduktion/Oxidation</li> <li>• Säure-Basen-Reaktionen</li> <li>• Puffersysteme</li> <li>• Kohlenhydrate (Einteilung, Struktur, Benennung, Vertreter)</li> <li>• Organische Chemie (Grundlagen, Benennung, Reaktionen der Kohlenwasserstoffe, organische Verbindungen mit Hetero-Atomen)</li> </ul>

*Tabelle 9: Allgemeine Informationen zur Unterrichtsplanung*

In Tabelle 10 befindet sich die Rasterplanung zur ersten Unterrichtseinheit der dreiteiligen Unterrichtsreihe. Die Dauer der einzelnen Unterrichtsphasen wird mit einer Inhaltsdimension und einer methodisch-didaktischen Dimension versehen. Auch Sozialform und benötigte Materialien werden für jede Phase separat angeführt.

In der ersten Einheit der dreiteiligen Unterrichtsreihe sollen die Schüler\*innen bei ihrem Wissenstand abgeholt und die Informationen über Kohlenhydrate mithilfe einer Zuordnungsaufgabe am Handy aufgefrischt werden. Hierbei sollen verschiedenste Vertreter, Strukturformeln, Wirkungen, ... den Mono-, Di-, oder Polysacchariden zugeordnet werden. Die Korrektur der Zuordnung erfolgt direkt am Handy, was bedeutet, dass die Aufgabe erst beendet werden kann, wenn alle Informationen zur richtigen Gruppe zugeordnet wurden. Im Anschluss daran werden Fragen geklärt und eventuell auftretende Schwierigkeiten besprochen. Hier besteht für die Schüler\*innen auch noch einmal die Möglichkeit, etwaige Wissenslücken anzusprechen und zu füllen. In der darauffolgenden Erarbeitungsphase wird den Schüler\*innen ein Arbeitsblatt vorgelegt, aus welchem sie den Ablauf der Kohlenhydratverdauung herauslesen sollen. Die Aufgabe zielt zum einen darauf ab, aus einem Sachtext selbstständig Wissen zu generieren und zum anderen dieses Wissen zu ordnen und in weiterer Folge zu strukturieren und in einem Schema darzustellen.

Das Ziel der Aufgabe besteht darin, anhand einfacher Mittel zu veranschaulichen, dass sich der Prozess der Verdauung von Monosacchariden hin zu Polysacchariden verlängert und sich die Anzahl der Zwischenschritte erhöht. Diese Erkenntnis wird in Unterrichtseinheit 3 aufgegriffen.

Wichtig hierbei war mir, dass sich die Schüler\*innen frei entfalten können und nicht das vorgefertigte Schema verwenden müssen, ihnen aber trotzdem eine Hilfestellung angeboten wird. Je nach Niveau der Klasse kann man diese Hilfestellung anbieten, abändern oder gar weglassen.

Der darauffolgende Austausch mit dem Sitznachbarn ist als Reflexionsschritt eine Schlüsselstelle dieser Einheit. Hinter der Aufgabe, sein erstelltes Schema zu erklären, zu verteidigen oder gegebenenfalls anzupassen, stecken zentrale Grundkompetenzen, welche auch in der anstehenden Matura geprüft werden.

Die Erarbeitung des glykämischen Index beziehungsweise der glykämischen Last dient ebenfalls der Vorbereitung auf die letzte Einheit dieser Unterrichtsreihe. Zur eigenhändigen Überprüfung, ob die beiden Begriffe verstanden werden, wird

abschließend noch eine Frage in den Raum geworfen und in Zusammenarbeit mit dem Sitznachbarn nach einer möglichen Erklärung gesucht. Diese Fragestellung wird in Einheit 3 als Anknüpfungspunkt aufgegriffen.

Zeit	Unterrichtsphase	Aufgabe/ Inhalt	Sozialform	Medien/ Material	Didaktisch-methodischer Kommentar
10 Min.	Einstieg: Wiederholung	<p><b>Wiederholung Kohlenhydrate:</b> Einteilung/Aufbau/Struktur/Vertreter/Wirkung</p> <p>Die Schüler*innen sollen anhand einer Zuordnungsaufgabe ihr Wissen über Kohlenhydrate auffrischen. Dabei müssen sie verschiedene Aussagen und Vertreter zur richtigen Kohlenhydrat-Gruppe zuordnen. (Aufgabe 1 am Arbeitsblatt)</p>	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handy</li> <li>• Arbeitsblatt</li> </ul>	Wissen auffrischen und wieder ins Gedächtnis rufen. Gute Anknüpfungsgrundlage schaffen, um neues Wissen darauf aufzubauen.
5 Min.	Fragen klären	Klärung etwaiger Fragen zur Zuordnungsaufgabe.	Plenum Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handy</li> <li>• Beamer + Laptop</li> <li>• Arbeitsblatt</li> </ul>	Gemeinsamer Check des Wissens → sodass etwaige Fragen geklärt werden können. Sicherstellen, dass alle auf dem annähernd selben Ausgangslevel stehen.
15 Min.	Arbeitsauftrag: Kohlenhydratverdauung	Die Schüler*innen bekommen ein Arbeitsblatt zum Thema <b>Kohlenhydratverdauung</b> mit einer Aufgabenstellung sowie einer Tabelle zum Strukturieren des erworbenen Wissens ausgeteilt.	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt</li> <li>• Stift</li> <li>• Evtl. Chemie-Mappe/ Heft</li> </ul>	Informationen aus einem Sachtext herauslesen, sortieren und strukturieren.

		Die Aufgabenstellung wird gemeinsam besprochen und Fragen werden geklärt.			
5 Min.	Abgleich und Erklärung des erstellten Schemas	<p>Austausch mit dem Sitzpartner: gemeinsames Durchbesprechen des Schemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wieso habe ich jenes Schema gewählt?</li> <li>• Was habe ich mir bei den einzelnen Schritten gedacht?</li> <li>• Habe ich eventuell etwas Wichtiges vergessen?</li> </ul>	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt</li> <li>• Stift</li> <li>• Evtl. Chemie-Mappe/Heft</li> </ul>	Gemeinsames Reflektieren der erstellten Übersicht. Durch das Erklären der eigenen Schritte erfolgt ein weiterer Reflexionsschritt.
10 Min.	Erarbeitung: GI und GL	<p>Kurze stichwortartige Zusammenfassung im Heft: Was besagt der <b>glykämische Index</b>?</p> <p>Unterschied glykämischer Index/glykämische Last? (inkl. Berechnung)</p>	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulbuch (Elmo) S. 263</li> <li>• Stift</li> <li>• Chemie-Mappe/Heft</li> </ul>	Bei Fragen in erster Linie Sitzpartner oder ansonsten Lehrkraft um Hilfe bitten.
5 Min.	Aufgabenstellung	<p>Am Ende der Einheit wird noch eine Frage in den Raum geworfen:</p> <p>„Warum haben braune und grüne Bananen nicht denselben GI, obwohl es sich um dasselbe Lebensmittel handelt?“</p>	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulbuch (Elmo) S.263</li> </ul>	Gemeinsam nach einer Lösung suchen und diskutieren. Eben erworbenes Wissen anwenden → Überprüfung

*Tabelle 10: Planungsraster Unterrichtseinheit 1*

Ist die Glukose in der Zelle angekommen, hat man immer noch keine Energie gewonnen. Was passiert in der Zelle weiter? Was bedeutet Zellatmung und welchen Einfluss hat der Sauerstoff auf diese Prozesse?

Anhand der geleiteten Thematisierung der Glykolyse sollen die Schüler\*innen Einblick in Stoffwechselprozesse des Menschen erlangen. In dieser Phase wechseln sich frontale Teile mit Unterrichtsgesprächen sowie individuelle Bearbeitung von Aufgaben

bzw. Partneraufgaben ab. Damit soll gewährleistet werden, dass wirklich alle Schüler\*innen am Ball bleiben und einer Unter- oder Überforderung entgegengewirkt wird.

Der Mechanismus der Glykolyse beinhaltet zudem den gesamten Unterrichtsstoff der Chemie der Sekundarstufe II. Redoxreaktionen, Säure-Basen-Reaktionen, Katalysatoren, chemisches Gleichgewicht und vieles mehr stecken in einem einzigen Schritt des menschlichen Stoffwechsels. Hier wird die Bedeutung der Chemie per se noch einmal unterstrichen und stellt einen möglichen Anlass dar, diese Erkenntnisse mit den positiven Emotionen des Sports und dem hohen subjektiven Nutzen zu verknüpfen, was in weiterer Folge zu einer positiveren Haltung gegenüber dem Fach Chemie führen kann.

Nachfolgend in Tabelle 11 befindet sich die Rasterplanung zur zweiten der dreiteiligen Unterrichtsreihe.

Zeit	Unterrichtsphase	Aufgabe/ Inhalt	Sozialform	Medien/ Material	Didaktisch-methodischer Kommentar
~40 Min.	Hauptteil: Glykolyse	<p><b>Glykolyse – Mechanismus</b> (Hier wird auf das gesamte Wissen der letzten beiden Jahre Chemie zurückgegriffen) → hohe Bedeutung des Gelernten der letzten Jahre verdeutlichen.</p> <p>Dabei wird die erstellte PPP (siehe Anhang) durchbesprochen. In den Notizen der PPP befinden sich gegebenenfalls Aufgabenstellungen sowie Hintergrundinformationen und Erklärungshinweise zu den jeweiligen Folien.</p>	Frontal abwechselnd mit Unterrichtsgespräch sowie Einzel- und Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 1-18)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> <li>• Tafel</li> <li>• Stift</li> <li>• Chemie-Mappe/ Heft</li> </ul>	<p>Wichtig ist, das Tempo so zu wählen, dass möglichst alle Schüler*innen den Inhalten folgen können.</p> <p>→ Wichtig: alle Schüler*innen in das Unterrichtsgespräch miteinbinden. Aktivität aller gewährleisten → auch Individualaufgaben vorhanden (siehe Notizen in PPP)</p>

10 Min.	Praxisbezug	<b>Aerobe und anaerobe Energiebereitstellung:</b> Was bedeutet das für mich als Sportler? Wie kann man als Sportler die aerob-anaerobe Schwelle erhöhen? (Genauere Informationen in Notizen der PPP)	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 18)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> </ul>	Aerob-anaerobe Schwelle in Zusammenarbeit mit dem Sportunterricht bestimmen ( <b>Fächerverknüpfung möglich</b> ) → Herausfinden der maximalen Herzfrequenz oder nach Möglichkeit eine Blutlaktatmessung durchführen → Berechnung im Anschluss im Chemieunterricht
------------	-------------	---	---------------------	---	---

*Tabelle 11: Planungsraaster Unterrichtseinheit 2*

Im Anschluss an die sehr theoretische zweite Einheit findet in der letzten Unterrichtseinheit der Übergang zur Anwendung im Alltag statt.

Zuerst wird die Thematik des glykämischen Index erneut aufgegriffen und das erstellte Schema aus der ersten Einheit in Verbindung mit den Werten des glykämischen Index gebracht.

Jeder Mensch hat unterschiedliche Bedürfnisse und diese unterschiedlichen Bedürfnisse können auch nach Sportarten weiter differenzieren. Der Großteil der Schüler\*innen gab beim Fragebogen an, Ausdauersport zu betreiben, weshalb ich mich bei der Erstellung des Fragebogens auf Durchschnittswerte des Kohlenhydratbedarfs bei Ausdauersportler\*innen konzentriert habe.

In der Erarbeitungsphase werden die Lernenden angehalten, einen für sie persönlich relevanten Ernährungsplan für den nächsten Wettkampf zu erstellen, wobei die Begründung für die Lebensmittelwahl mehrperspektivisch erfolgen soll (individuelle Lebensmittelbevorzugung, glykämischer Index, Verträglichkeit, Menge an Kohlenhydraten angepasst an das eigene Körpergewicht, ...).

Abschließend ergibt sich für die Schüler\*innen noch die Möglichkeit, ihre Ergebnisse zu präsentieren und auch zu diskutieren, womit ein weiterer Reflexionsschritt für alle Schüler\*innen einhergeht und die Unterrichtsreihe schön abgerundet wird.

In Tabelle 12 befindet sich die Planung der dritten und somit abschließenden Unterrichtseinheit.

Zeit	Unterrichtsphase	Aufgabe/ Inhalt	Sozialform	Medien/ Material	Didaktisch-methodischer Kommentar
5 Min.	Einstieg: Anknüpfen an Einheit 1	Aufgreifen der Fragestellung am Ende der Einheit 1: „Warum haben braune und grüne Bananen nicht denselben GI, obwohl es sich um dasselbe Lebensmittel handelt?“  Wie hängt das erstellte Schema vom Arbeitsblatt aus UE 1 mit dieser Fragestellung zusammen?	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 20)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> </ul>	Erklärungen sammeln und eine fachlich korrekte Antwort finden.
10 Min.	Informationsphase	Wichtige Eckpunkte für die <b>Ernährung am Wettkampftag</b> .	Frontal + Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folien 20-25)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> </ul>	Grundlage für die nachfolgende Erarbeitungsphase schaffen → sehr praxisnahe
25 Min.	Erarbeitungsphase	<b>Erstellung eines persönlichen Ernährungsplans:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie habe ich mich beim letzten Wettkampf ernährt?</li> <li>• Was habe ich an Lebensmitteln wann zu mir genommen? →</li> </ul>	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabelle für glykämischen Index/glykämische Last</li> <li>• Stift</li> <li>• Chemie-Mappe/Heft</li> </ul>	Motivation aufgrund der individuell hohen Bedeutung groß.



		<p>Wie wurde mein Blutzuckerspiegel beeinflusst (über GI bzw. GL eruieren).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie würde für mich die perfekte Ernährung aussehen (angepasst an meine individuellen Bedürfnisse)?</li> </ul>			
10 Min.	Präsentation der Ergebnisse	<p>Freiwillige Personen stellen ihren Ernährungsplan vor.</p> <p>Diskussion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf was kommt es an?</li> <li>• Begründung der Lebensmittelwahl</li> <li>• Verteidigung des Ernährungsplans</li> </ul>	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemie-Mappe/Heft</li> </ul>	Die anderen Personen vergleichen ihre Aufzeichnungen und stellen Fragen, bzw. machen sich Notizen über bestimmte Anpassungs-ideen.

*Tabelle 12: Planungsraster Unterrichtseinheit 3*

## 5.5 Evaluierung des Konzepts

Um dem Konzept mehr Bedeutung zukommen zu lassen und dessen Validität gewährleisten zu können, wurde das erstellte Unterrichtskonzept einem Expert\*innenrating unterzogen. Hierbei handelt es sich um eine fachdidaktische Forschungsmethode, bei welcher Expert\*innen das ihnen vorgelegte Konzept hinsichtlich Umsetzbarkeit und Eignung bewerten.

### 5.5.1 Informationen zur Datensammlung

Um das Feedback systematisch aufarbeiten zu können, wurde für das Expert\*innenrating ein Online-Fragebogen zusammengestellt (siehe Anhang). Als Expert\*innen gelten in diesem Fall Lehrkräfte, die bereits mindestens ein Jahr Berufserfahrung vollendet haben. Rekrutiert wurden meine Kommilitonen, die bereits unterrichten, und diese haben den Fragebogen im Kollegium der Chemielehrer\*innen verbreitet.

Der Fragebogen kann in 5 Themencluster unterteilt werden.

In Themencluster 1 werden die Charakteristika der Proband\*innen erhoben. Gefragt wurde diesbezüglich nach dem Geschlecht, den absolvierten Dienstjahren, ob der\*die Expert\*in an einem Sportgymnasium unterrichtet und nach dem Zweitfach.

Die Themencluster zwei bis vier umfassen die Auskunft über die Qualität des Unterrichtskonzeptes auf Ebene der allgemeinen Anwendbarkeit und Passung, auf Ebene der Materialien/Medien und Methode und auf Ebene der Gestaltung. Die 20 Items werden mittels fünfstufiger Likert-Skala (1 = „Trifft nicht zu“ bis 5 = „Trifft zu“) abgefragt. In Abbildung 39 werden die Items des Fragebogens zusammengefasst.

Die offene Frage im letzten Themencluster „Anmerkungen“ dient dazu, den Teilnehmer\*innen die Möglichkeit zu geben, etwas mitzuteilen, was bislang unausgesprochen blieb.

#### Charakteristika der Proband\*innen

- Item 1: Dienstjahre
- Item 2: Geschlecht
- Item 3: Lehrer\*in an Sportgymnasium
- Item 4: Zweitfach

#### Allgemeine Fragen

- Item 5: Das Thema der dreistufigen Unterrichtsreihe ist für die Schüler\*innen von subjektiv hoher Bedeutung.
- Item 6: Die Unterrichtsreihe ist klar strukturiert.
- Item 7: Die Unterrichtsreihe ist gut an das Altersniveau angepasst.
- Item 8: Die Unterrichtsreihe berücksichtigt wesentliche Lehrplaninhalte.
- Item 9: Die Unterrichtsreihe ist darauf aufgebaut einen Motivationstransfer von dem beliebten Fach Sport auf das eher unbeliebte Fach Chemie herzustellen.
- Item 10: Die Unterrichtsreihe zielt auf die Entwicklung der angeführten Handlungskompetenzen ab.
- Item 11: Die Unterrichtsreihe hilft den Schüler\*innen ihre individuelle Leistungsfähigkeit im Wettkampf zu verbessern.
- Item 12: Die Unterrichtsreihe lässt sich dem zeitlichen Ausmaß nach gut in den Regelunterricht einbinden.

#### Material/Medien und Methode

- Item 13: Die entwickelten Unterrichtsmaterialien sind der Altersgruppe entsprechend gestaltet.
- Item 14: Die entwickelten Unterrichtsmaterialien sind sehr ansprechend gestaltet.
- Item 15: Die einzelnen Arbeitsaufträge sind verständlich formuliert.
- Item 16: Die Unterrichtsreihe weist eine hohe Methodenvielfalt auf.
- Item 17: Die Erstellung eines persönlichen Ernährungsplans für den Wettkampftag empfinde ich als zielführend.
- Item 18: Die Unterrichtsreihe weist einen roten Faden auf.

#### Gestaltung der Unterrichtsreihe

- Item 19: Die Unterrichtsreihe ist schüler\*innenzentriert gestaltet.
- Item 20: Die Unterrichtsreihe gibt den Schüler\*innen die Möglichkeit eigenverantwortlich und selbstständig zu arbeiten.
- Item 21: Die Unterrichtsreihe festigt regelmäßig neue Erkenntnisse.
- Item 22: Durch die Unterrichtseinheit wird ein ausreichender Alltagsbezug geschaffen.
- Item 23: Die Unterrichtsreihe fördert das Verständnis biochemischer Vorgänge und deren direkte Auswirkung auf den Körper.
- Item 24: Die Unterrichtsreihe bietet Ansatzpunkte für die direkte Anwendung des Wissens im sportlichen Alltag.

#### Anmerkungen

- Item 25: Unklarheiten/Mitteilungen (offene Frage)

Abbildung 39: Übersicht Fragebogen Expert\*innenrating

## 5.5.2 Auswertung des Expert\*innenratings

### 5.5.2.1 Allgemeine Daten zu den Proband\*innen

Der Online-Fragebogen wurde von zwölf Chemielehrer\*innen bearbeitet. Obwohl die Teilnehmerzahl am unteren Ende des Spektrums lag, war es ausreichend, das Konzept zu bewerten und zu verbessern. Die persönlichen Fragen zu Geschlecht, Dienstjahr, Zweitfach und ob man in einem Sportgymnasium unterrichtet, wurden nur von elf der zwölf Teilnehmenden beantwortet, siehe Abbildung 40, 41, 42 und 43.

Von den elf Teilnehmenden sind fünf Frauen und sechs Männer beteiligt. Keiner der Teilnehmer gehört einer diversen Gruppe an. Die durchschnittliche Dienstzeit lag bei 5,27 Jahren, wobei die Standardabweichung 7,02 betrug. Dies resultierte aus der Tatsache, dass zwei Lehrer\*innen bereits 20 Jahre lang unterrichten, während sich die restlichen Teilnehmer\*innen innerhalb ihres fünften Dienstjahrs befanden. Unter den Befragten befanden sich auch drei Personen, die in einem Sportgymnasium unterrichten. Zu den Zweitfächern der Lehrpersonen zählen Mathematik, Bewegung und Sport, wobei jedes dieser Fächer von drei Lehrern genannt wurde. Darüber hinaus wurden auch Biologie und Umweltkunde, Geografie und Wirtschaftskunde, Geschichte und politische Bildung, Physik und ein weiteres, nicht aufgeführtes Fach genannt.

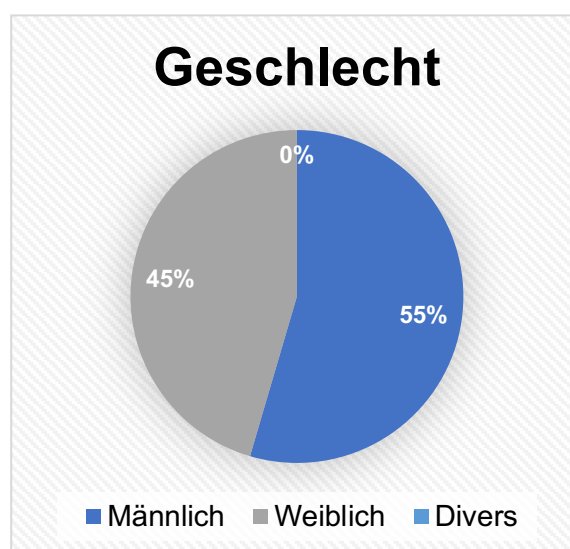


Abbildung 40: Geschlechterverteilung der Expert\*innen

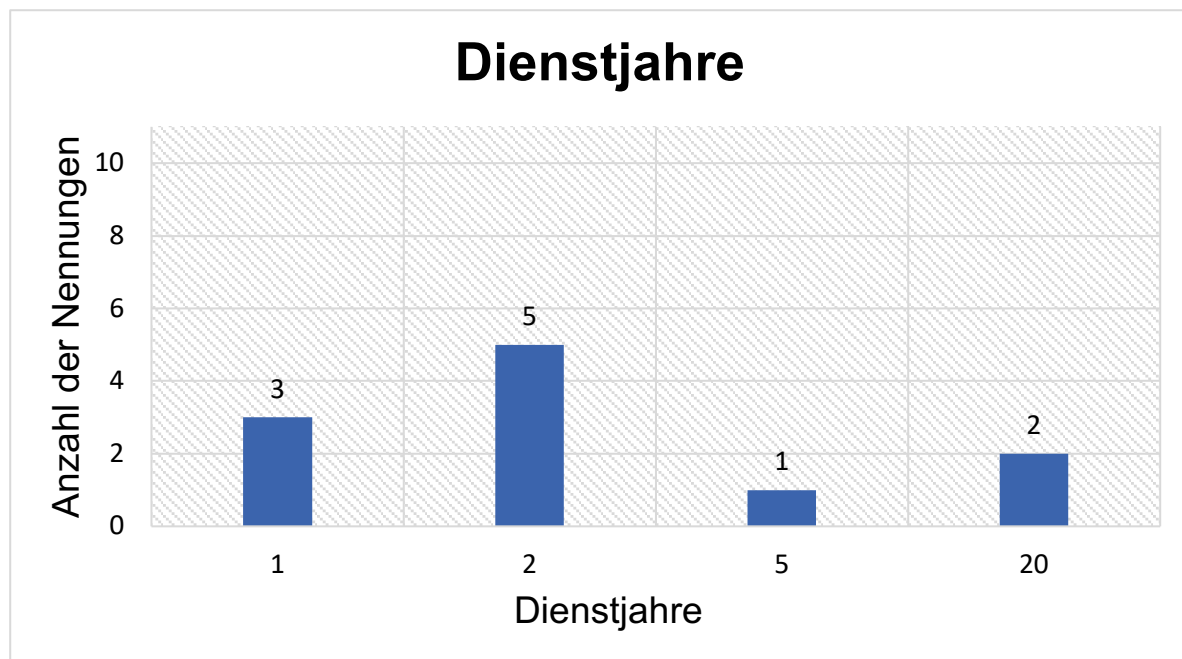


Abbildung 41: Dienstjahre der Proband\*innen

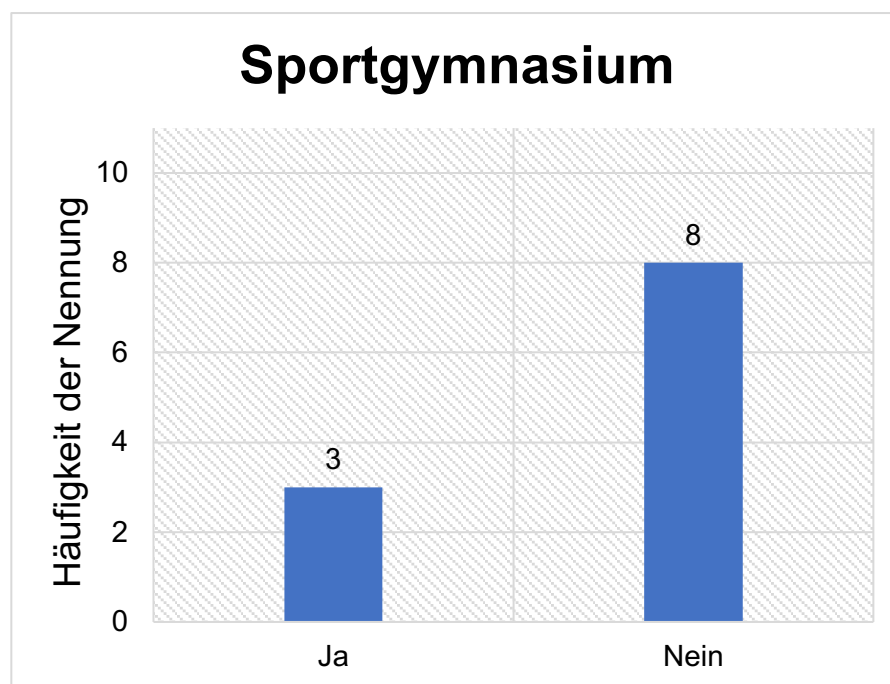


Abbildung 42: Lehrperson unterrichtet an einem Sportgymnasium

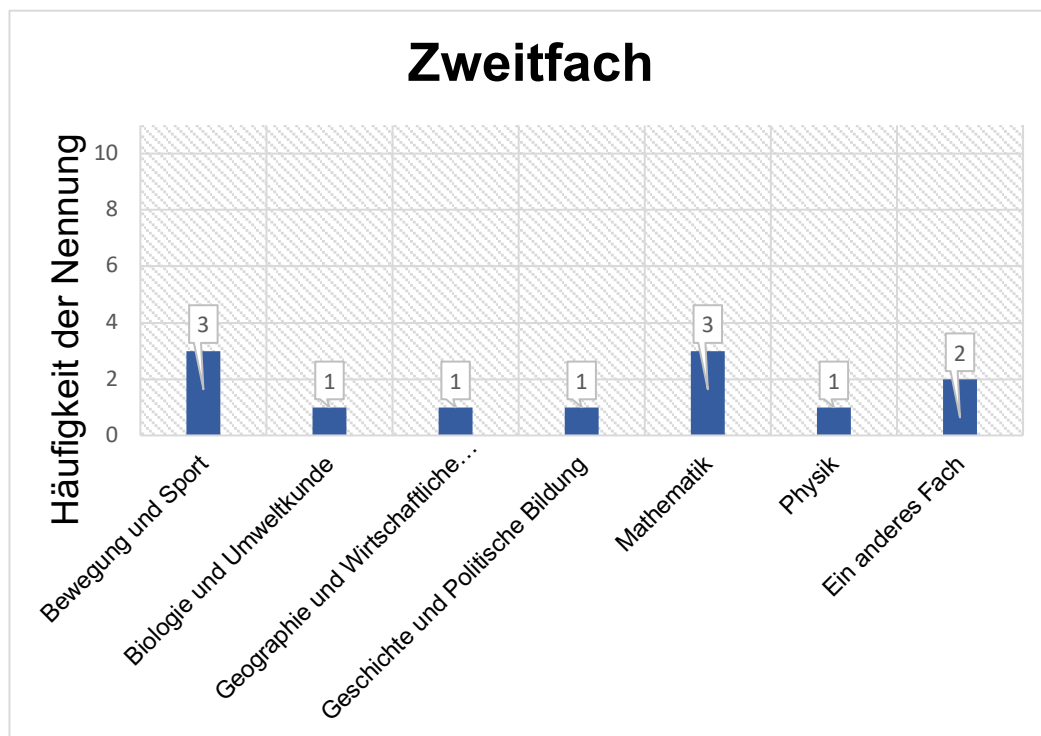


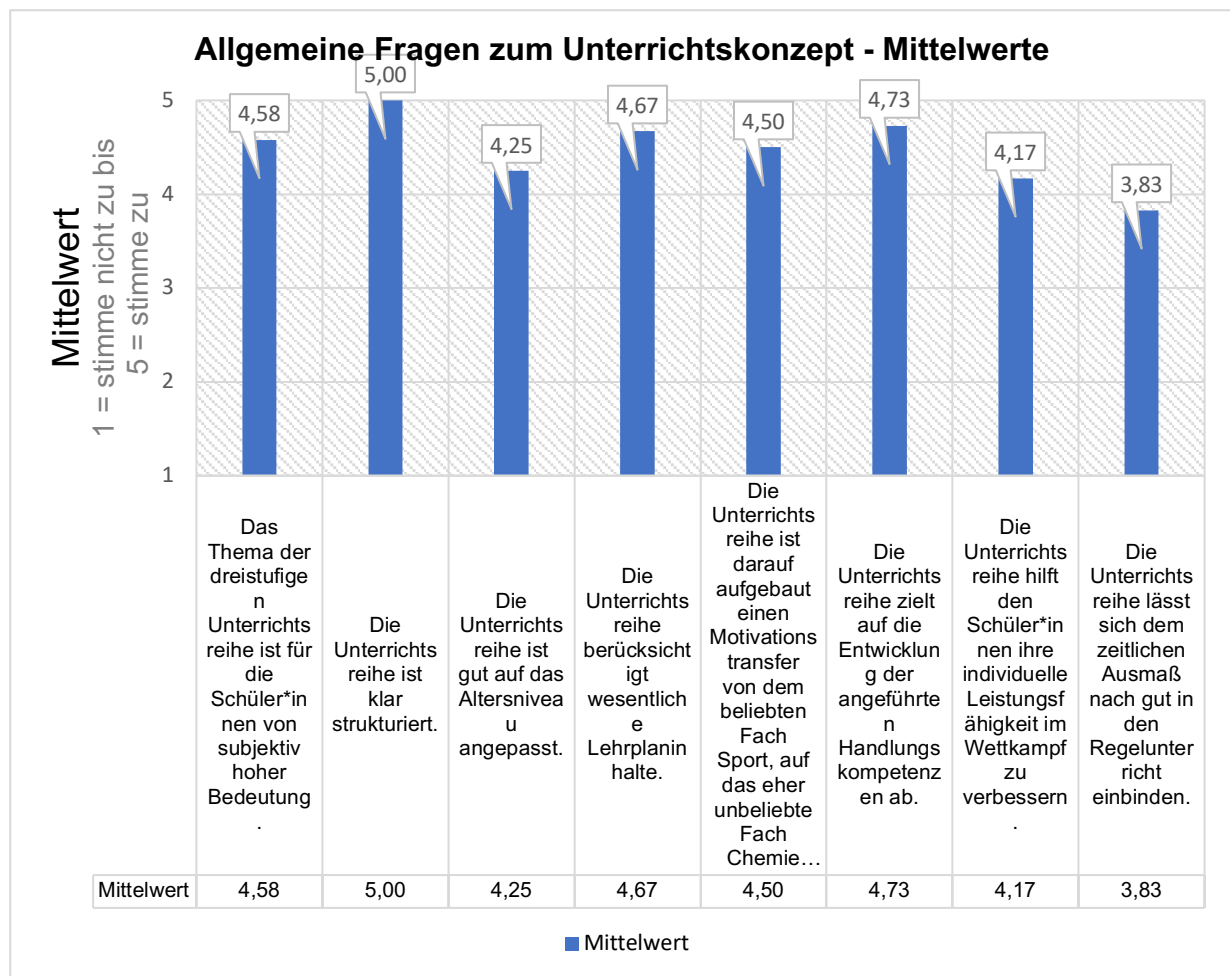
Abbildung 43: Zweifach der Expert\*innen zu dem Unterrichtsfach Chemie

#### 5.5.2.2 Allgemeine Daten zum Unterrichtskonzept

Die deskriptive Datenauswertung der Items fünf bis zwölf in Abbildung 44 zeigt die Berechnung der Mittelwerte der Bewertungsergebnisse mithilfe einer fünfstufigen Likertskala.

Inhalt der allgemeinen Fragen sind die subjektive Bedeutung für die Schüler\*innen, Strukturiertheit der Einheiten, die Passung zum Altersniveau der Schüler\*innen, die Berücksichtigung der Lehrplaninhalte, die Schaffung eines Motivationstransfers von Bewegung und Sport auf das Fach Chemie, die Entwicklung der angeführten Handlungskompetenzen, die Auswirkung auf die individuelle Leistungsfähigkeit der Schüler\*innen und der zeitliche Rahmen.

Die Ergebnisse zeigen, dass ein Mittelwert von über vier in allen Bereichen erreicht wurde, außer bei der Bewertung des zeitlichen Rahmens, bei dem ein Mittelwert von 3,83 erzielt wurde.



*Abbildung 44: Datenerhebung der Items fünf bis zwölf*

### 5.5.2.3 Material/Medien und Methode

In der Kategorie „Medien/Material und Methode“ wurde ebenfalls eine hohe Zustimmung erzielt, da in allen Bereichen ein Mittelwert von mindestens vier auf der fünfstufigen Likertskala erreicht wurde, siehe Abbildung 45. Die Bewertung bezieht sich auf Aspekte wie altersadäquate Unterrichtsmaterialien, ansprechende Gestaltung, Verständlichkeit der Formulierungen in Arbeitsaufträgen, Methodenvielfalt, Sinnhaftigkeit der Erstellung eines Ernährungsplans und den durchziehenden roten Faden in den Unterrichtseinheiten.

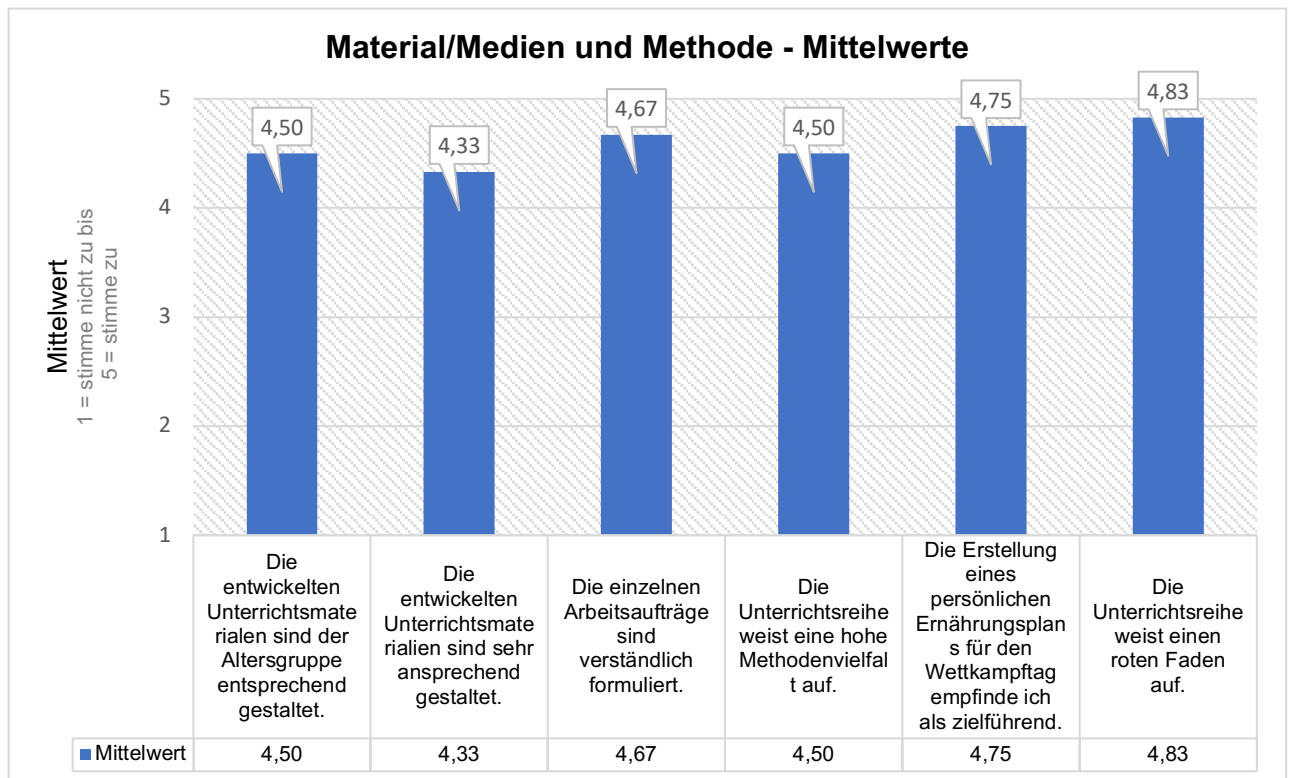
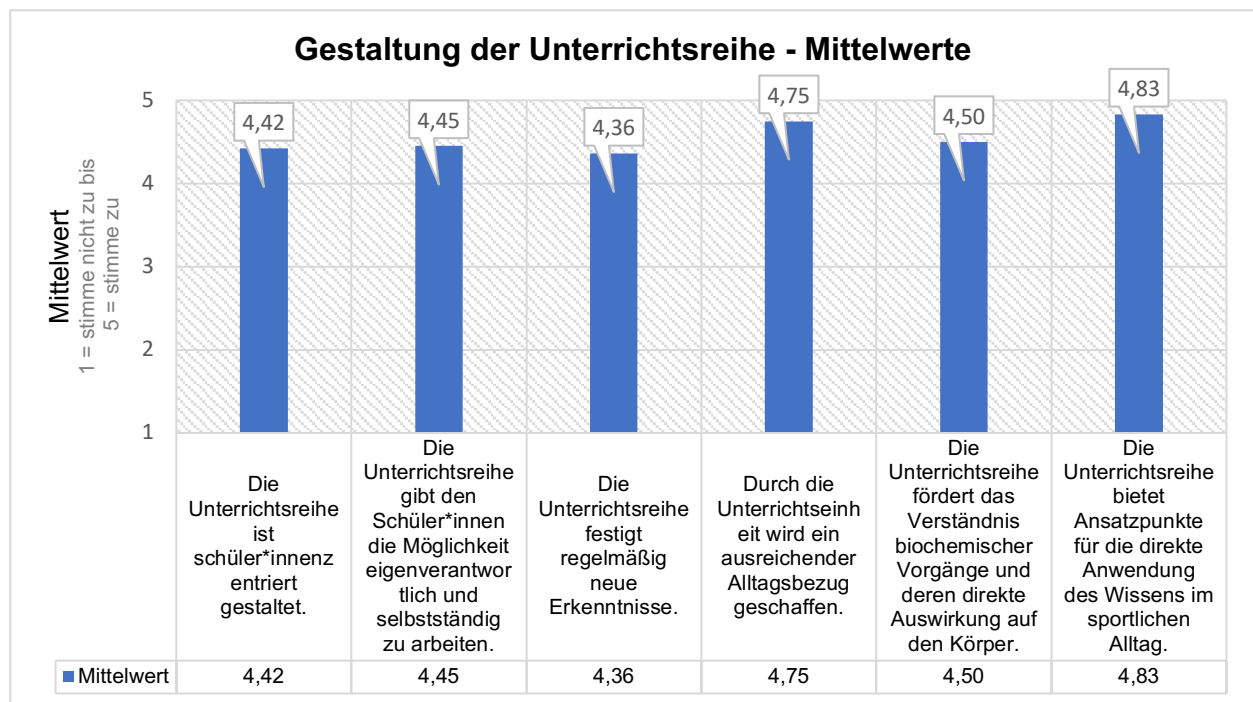


Abbildung 45: Datenerhebung Items 13 bis 18

#### 5.5.2.4 Gestaltung der Unterrichtsreihe

In der deskriptiven Datenauswertung der Kategorie „Gestaltung der Unterrichtsreihe“ wurde eine hohe Zustimmung erreicht, wie in Abbildung 46 dargestellt, mit einem Mittelwert von mindestens vier auf einer fünfstufigen Likertskala in allen Bereichen. Die Bewertung betrifft Faktoren wie die schüler\*innenzentrierte Auslegung der Unterrichtseinheiten, die Ermöglichung des eigenverantwortlichen Arbeitens, die regelmäßige Festigung neuer Erkenntnisse, die Gewährleistung eines Alltagsbezugs, die Förderung des Verständnisses für biochemische Vorgänge und die Auslegung der Einheiten auf die direkte Anwendung im sportlichen Alltag der Schüler\*innen.





*Abbildung 46: Datenerhebung der Items 19 bis 24*

#### 5.5.2.5 Auswertung der offenen Frage

Die offene Frage wurde von sieben der zwölf Expert\*innen beantwortet. Zur Auswertung wurden die Aussagen in positive und negative Kategorien unterteilt und zusammengefasst. Positiv hervorgehoben werden konnte, dass die Unterrichtseinheiten den Schwerpunkten der Schulform entsprechend gestaltet wurden, das Konzept für das fächerübergreifende Thema hervorragend ist und durch Adjektive wie „ansprechend“, „großartig“ und „cool“ beschrieben wurde.

Als Verbesserungsvorschläge wurden erhoben, die Einheit auf vier Unterrichtseinheiten auszuweiten, da die vorgesehene Zeit erfahrungsgemäß nicht ausreicht. Es wurde auch vorgeschlagen, den sehr theorielastigen Abschnitt durch ein Experiment aufzulockern, sowie das Problem des nicht mehr funktionierenden QR-Codes auf der PowerPoint-Präsentation zu lösen. Das zeitliche Ausmaß wurde hierbei mehrmals aufgeführt.

### 5.5.3 Interpretation des Expert\*innenratings und Überarbeitung

Im Anschluss an die Präsentation der Ergebnisse der Überprüfung des Unterrichtskonzepts werden nun die Analyse und Interpretation dieser Ergebnisse vorgenommen.

Die Teilnehmerzahl beim Expertenrating war für meine Ziele ausreichend, allerdings könnte die Repräsentativität durch eine größere Stichprobe verbessert werden. Mein Ziel bei diesem Expertenrating war es, das entwickelte Chemieunterrichtskonzept bei Lehrer\*innen zu evaluieren, die Übersichtlichkeit und Verständlichkeit meiner Überlegungen zu überprüfen sowie Vorschläge für Verbesserungen zu sammeln. Als angehende Lehrerin fehlt mir oft die praktische Perspektive, weswegen das Expert\*innenrating für mich unverzichtbar war, um mein Konzept auf seine Umsetzbarkeit in der Schule und seine Nachvollziehbarkeit für Lehrpersonen zu überprüfen.

Da es schwierig war, Expert\*innen als Proband\*innen zu rekrutieren, wurde auf Kommilitonen aus meinem Studium zurückgegriffen, die erst am Anfang ihrer Karriere als Lehrkraft stehen. Diese haben ihre Kolleg\*innen in ihren Schulen kontaktiert und insgesamt konnten somit zwölf Proband\*innen erreicht werden. Obwohl es wünschenswert gewesen wäre, nur Chemielehrer aus Sportgymnasien zu befragen, wäre die Stichprobe dafür zu klein ausgefallen. Daher wurde in der Beschreibung vor dem Ausfüllen des Fragebogens betont, dass sich das Konzept auf die Umsetzung in einem Sportgymnasium bezieht und die Lehrpersonen dies beim Ausfüllen berücksichtigen sollen.

Mein entwickeltes Konzept hat bei den Expert\*innen einen hervorragenden Eindruck hinterlassen. Dies zeigt sich in den Ergebnissen der Bewertung, bei der jede Aussage über eine Vier in einer fünfstufigen Likertskala bewertet wurde. Einzig und allein bei der Aussage: „Die Unterrichtsreihe lässt sich dem zeitlichen Ausmaß nach gut in den Regelunterricht einbinden“ wurde die Zustimmung mit einem Mittelwert von 3,83 erreicht.

Die insgesamt sehr hohen Zustimmungswerte belegen, dass das Konzept bei den Expert\*innen sehr gut ankommt und von ihnen als hochwertig und relevant empfunden wird.

Die Tatsache, dass das Konzept so gut bei den Expert\*innen ankommt, bestätigt auch dessen Potenzial, Schüler\*innen in ihrem Lernprozess zu unterstützen und ihre Motivation und ihre Fähigkeiten zu steigern. Es ist ein starkes Argument für das Konzept und verdeutlicht seine Bedeutung für die pädagogische Praxis.

Bei der letzten Frage im Fragebogen wurden die Teilnehmer\*innen aufgefordert, offen Anmerkungen zu äußern.

Trotz einiger konstruktiver Kritikpunkte war das Lob überwältigend und unterstützt die Bedeutung meines Konzepts.

Einige Verbesserungsvorschläge wurden jedoch auch geäußert. So wurde genannt, dass der Umfang des Konzepts möglicherweise etwas zu groß für drei Unterrichtseinheiten sei. Es wurde vorgeschlagen, ein Experiment zur Veranschaulichung zu integrieren, um ein wenig Abwechslung in den sehr theoretischen Teil zu bringen. Außerdem wurde bemängelt, dass der QR-Code in der PowerPoint-Präsentation nicht mehr funktionierte.

Aufgrund dieser Rückmeldungen habe ich mein Konzept überarbeitet. Die Unterrichtsreihe wurde nun auf vier Stunden ausgeweitet. Die erste Stunde bleibt unverändert, während in der zweiten, sehr theoretischen Einheit der Fokus rein auf die chemischen Aspekte der Glykolyse gelegt und ein zusätzlicher Ergebnis-Sicherungsschritt eingefügt wird. Hierbei werden zusätzliche Aufgaben gestellt, um das sinnlose Abschreiben zu vermeiden. In der dritten Stunde wird dann die Fächerübergreifung mit Bewegung und Sport verstärkt und ein Experiment zum Thema respiratorische Kompensation einer metabolischen Acidose integriert, um Abwechslung in die Unterrichtsreihe zu bringen. Die PowerPoint-Präsentation wurde überarbeitet und der QR-Code neu erstellt. Das komplett überarbeitete Konzept befindet sich im Anhang und kann dort eingesehen werden.

## Reflexion und Fazit

In dieser Masterarbeit wurde ein innovatives, fächerübergreifendes Unterrichtskonzept für den Bereich Chemie und Bewegung und Sport entwickelt mit dem Ziel, chemisches Fachwissen für Schüler\*innen handhabbar und direkt anwendbar zu gestalten. Hierzu wurden eine theoretische Analyse und eine methodische Untersuchung durchgeführt, um die Themenwahl des Konzeptes zu bestimmen und seine Umsetzbarkeit im schulischen Kontext zu beurteilen. Die Ergebnisse des Schüler\*innenfragebogens zeigen ein großes Interesse der Schüler\*innen an dem Thema Ernährung und dass sie bereits viele eigene Erfahrungen in diesem Bereich gesammelt haben. Durch die Auswertung und Interpretation konnte das umfangreiche Thema Sporternährung auf wesentliche Aspekte eingegrenzt werden und schließlich zur endgültigen Themenwahl führen. Die Expert\*innenbewertung bestätigte die Wahl des Konzeptes, verlieh der Unterrichtsreihe eine tiefergreifende Geltung und die Verbesserungsvorschläge halfen, es weiter zu optimieren.

In Bezug auf die Forschungsfrage „Wie können Schüler\*innen einer achten Klasse (zwölften Schulstufe) in einem Sportgymnasium durch das Fach Chemie in ihren sportlichen Leistungen unterstützt werden?“ kann die Masterarbeit eine befriedigende Antwort liefern. Die Befragungen von Schüler\*innen und Lehrer\*innen unterstützen die Ergebnisse, dass die Stoffwechselprozesse im Körper, insbesondere die Glykolyse und Pyruvatverarbeitung, ein geeigneter Ansatzpunkt für den fächerübergreifenden Unterricht in Chemie und Bewegung und Sport sind. Wie holt sich der Körper die benötigte Energie und wie kann ich meinem Körper dabei helfen? Diese und weitere Fragen werden in den Einheiten abgehandelt. Sie sind nicht nur theoretisch relevant, sondern haben auch einen unmittelbaren Bezug zum Alltag und zur eigenen Erfahrung der Schüler\*innen. Durch den Fokus auf den eigenen Körper und dessen Leistungsfähigkeit werden die Lernenden in die Lage versetzt, das Gelernte direkt auf ihre eigene Sportpraxis und ihre körperlichen Leistungen anzuwenden. So wird ihnen der praktische Nutzen und die Relevanz des Gelernten deutlich gemacht, was die Motivation und das Interesse an dem Thema steigert und die Lernenden zu selbstständiger Anwendung animiert.

Auch die weiteren Fragestellungen konnten im Laufe der Arbeit beantwortet werden. Die subjektive Bedeutung des Inhaltsbereiches „Ernährung im Wettkampfsport“ ist bei Schüler\*innen eines Sportgymnasiums sehr hoch und somit sehr gut geeignet, im

Chemieunterricht thematisiert zu werden. Auch an Vorwissen und die Schüler\*innenvorstellungen zum Thema „Ernährung vor und während eines Wettkampfes“ kann im Zuge dieser Arbeit angeknüpft werden, wobei hier weniger das fachliche Vorwissen als vielmehr die gemachten Erfahrungen im Alltag ausschlaggebend sind.

Darüber hinaus wurde auch noch festgestellt, dass ein solches Thema die Motivation und das Interesse am Fach Chemie bei den Schüler\*innen steigern kann, was durch das Feedback von Experten bestätigt wurde.

Insgesamt bietet das Thema, welches in dieser Masterarbeit angesprochen wurde, ein enormes Potenzial für zukünftige Forschungen und Untersuchungen. Obwohl in dieser Arbeit nur ein Bruchteil der Möglichkeiten abgedeckt werden konnte, zeigt sich bereits jetzt, dass der Bereich der Sporternährung und Ernährung im Wettkampfsport von großer Relevanz ist und noch viele unbeantwortete Fragen bereithält.

Es wäre wünschenswert gewesen, das Konzept in einem tatsächlichen Unterrichtsumfeld zu erproben, um weitere Reflexions- und Evaluationsmöglichkeiten zu ermöglichen sowie das Konzept gegebenenfalls zu überarbeiten. Allerdings war dies aufgrund der Begrenzungen des Rahmens der Arbeit nicht möglich.

Es ist wichtig, dass weitere Arbeiten in diesem Bereich durchgeführt werden, um ein noch tieferes Verständnis und eine effektivere Anwendung im Sportbereich zu erreichen. Die Möglichkeiten, die sich aus diesem Themenbereich ergeben, sind nahezu unendlich und bieten ein vielversprechendes Feld für zukünftige Entwicklungen und Innovationen. Es ist zu erwarten, dass die Ergebnisse aus zukünftigen Forschungen nicht nur für den Sportbereich, sondern auch für die Gesellschaft im Allgemeinen von großer Bedeutung sein werden.

## Literaturverzeichnis

- Anton, M. A. (2008). *Kompendium Chemiedidaktik*. Klinkhardt.  
<https://ubdata.univie.ac.at/AC06995210>
- Anton, M. A. (2019). *Chemieunterricht verstehen : zur Didaktik und Mathematik der Chemie* (1. Auflage. ed.). Lehrbuchverlag. <https://ubdata.univie.ac.at/AC15498909>
- Apflauer, G. (2015). *Sportgymnasien*.  
<https://www.schulsportinfo.at/fileadmin/uploads/SPORTGYMNASIEN-Stand2015.pdf>
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik : Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Springer. <https://ubdata.univie.ac.at/AC05316650>
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2008). *Lebensmittelchemie* (6. ed.). Springer-Verlag.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-73202-0>  
<https://ubdata.univie.ac.at/AC06432725>
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto jr, G. J., & Stryer, L. (2018). *Stryer Biochemie* (8. Aufl. 2018 ed.). <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54620-8>
- Biesalski, H. K., & Grimm, P. (2011). *Taschenatlas der Ernährung* (5. Aufl. 5. Auflage. ed.). <https://doi.org/10.1055/b-001-2130>
- BMBF, B. f. (April 2012). Die kompetenzorientierte Reifeprüfung Chemie: Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben. (f. B. Bundesministerium, Hrsg.) Wien: Bundesministerium für Bildung und Frauen. Abgerufen am 18. März 2019 von [https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung\\_ahs\\_lfch\\_22323.pdf?6aanmh](https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfch_22323.pdf?6aanmh)
- Di Fuccia, D.-S., Schellenbach-Zell, J., & Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext. Entwicklung, Implementation und Transfer einer innovativen Unterrichtskonzeption. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 60(5), 274-282.

Digel, H. (1996). Schulsport - wie ihn Schüler sehen. Eine Studie zum Schulsport in Südhessen.  
1. *Sportunterricht*, 45(8), 324-339.

Eisner, B., Kattmann, U., Kremer, M., Langlet, J., Plappert, D., & Ralle, B. (2019). *Gemeinsamer Referenzrahmen für Naturwissenschaften (GeRRN). Mindeststandards für die auf Naturwissenschaften bezogene Bildung . Ein Vorschlag (3. Auflage).*

Feigenspan, A. (2017). *Prinzipien der Physiologie : Grundlegende Mechanismen und evolutionäre Strategien*. Springer Berlin Heidelberg Imprint: Springer Spektrum.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-54117-3>  
<https://ubdata.univie.ac.at/AC12330369>

Fleiss, C. M. (2013). *Kohlenhydrate im Chemieunterricht* Graz]. urn:nbn:at:at-ubg:1-45033

Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Die Entwicklung und Implementation von Konzepten  
situierten, selbstgesteuerten Lernens.

Holfeld, M., Gebelein, H., & Wiskamp, V. (2005). *Chemie und Sport : Konzepte für einen  
fächerverbindenden Unterricht.* Aulis-Verl. Deubner.  
<https://ubdata.univie.ac.at/AC04981416>

Huntemann, H., Paschmann, A., Parchmann, I., & Ralle, B. (1999). Chemie im Kontext-ein  
neues Konzept für den Chemieunterricht? Darstellung einer kontextorientierten  
Konzeption für den 11. Jahrgang. *CHEMKON*, 6, 196.  
<https://doi.org/10.1002/ckon.19990060406>

Janssen, M. K. (2015). *Mit biologischen Inhalten Brücken zur Chemie bauen. Entwicklung und  
Erprobung eines Seminars für Sachunterrichtsstudierende* Universität Siegen]. Siegen.

- Kattmann, U., & Cypionka, R. (2019). *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen : didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (2. Auflage. ed.). Klett Kallmeyer.  
<https://ubdata.univie.ac.at/AC16052230>
- Kern, G., Koliander, B., & Lembens, A. (2017). Wissen und Können erwerben, anwenden und sichtbar machen – Kompetenzmodelle in den naturwissenschaftlichen Fächern. *Plus Lucis*, 1.
- Kramer, N. W., Claas. (2020). Fächerübergreifender Unterricht im Fächerverbund Naturwissenschaften und Sport. *Herausforderung Lehrerinnenbildung*, 3.  
<https://doi.org/10.4119/hlz-2544>
- Krischer, D. (2014). „...natürlich Chemie!“ Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II [Dissertation]. <https://docplayer.org/43066856-Natuerlich-chemie-chemieunterricht-in-naturnaher-umgebung-und-naturbezogenen-kontexten-ein-unterrichtskonzept-fuer-die-sekundarstufen-i-und-ii.html> (Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät der Universität Siegen)
- Labudde, P. (2004). Fächer übergreifender Unterricht in Naturwissenschaften: 'Bausteine' für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 22, 68.
- Labudde, P. (2008). *Naturwissenschaften vernetzen, Horizonte erweitern : fächerübergreifender Unterricht konkret* (1. Aufl.. ed.). Klett [u.a.].  
<https://ubdata.univie.ac.at/AC07090444>
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20, 19.  
<https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9>
- Leisen, J. (2022). *Kompetenzorientierung. Vom handelnden Umgang mit Wissen und Werten*.  
<http://www.lehr-lern-modell.de/kompetenzorientierung>



- Magyar, R., Liebhart, W., & Jelinek, G. (2013). EL-MO : Elemente und Moleküle. In *EL-MO / DUA* (pp. 1 CD-ROM, 12 cm, in Behältnis 19 x 14 x 12 cm). Wien: Österr. Bundesverl. Schulbuch.
- Moegling, K. (1998). *Fächerübergreifender Unterricht : Wege ganzheitlichen Lernens in der Schule*. Klinkhardt. <https://ubdata.univie.ac.at/AC01276609>
- Moegling, K. (2010). *Kompetenzaufbau im fächerübergreifenden Unterricht : Förderung vernetzten Denkens und komplexen Handelns : didaktische Grundlagen, Modelle und Unterrichtsbeispiele für die Sekundarstufen I und II*. Prolog-Verl. <https://ubdata.univie.ac.at/AC07983077>
- Mortimer, C. E., & Müller, U. (2020). *Chemie. Das Basiswissen der Chemie* (13., Auflage. ed.). <https://doi.org/10.1055/b-006-163279>
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- Rechtsinformationssystem des Bundes. (2022). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne - allgemeinbildende höhere Schulen. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project. Overview and key findings. <https://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf> (Universität Oslo)
- Streller, S., Bolte, C., Dietz, D., & Noto La Diega, R. (2019). Chemiedidaktik an Fallbeispielen. Anregungen für die Unterrichtspraxis. In (pp. 35). [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58645-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58645-7_3)

Vetrovsky, C., & Anton, M. (2008). Vom Naturerleben zur Naturwissenschaft. Motivationstransfer vom Sach- zum Fachinteresse. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 57(3), 32-34.

von der Saal, K. (2020). *Biochemie*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60690-2>

Weinert, F. E. (2001). *Leistungsmessungen in Schulen* (Dr. nach Typoskript. ed.). Beltz. <https://ubdata.univie.ac.at/AC03151270>

Winkler, M. (2009). *Aerobe und anaerobe Ausdauer : empirische Studie mit Vergleichen der aeroben und anaeroben Schwelle beim Feldstufentest bzw. Shuttle-Run* <https://theses.univie.ac.at/detail/4352>  
<https://ubdata.univie.ac.at/AC07638106>

Wiskamp, V., & Holfeld, M. Biochemie und Energie-bereitstellung im Körper. *DENK(T)RÄUME Mobilität Band 5*.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: De- und Rekontextualisierung im Zuge des Aktivierungs-Modells von Unterricht (Anton, 2019).....	16
Abbildung 2: Fächerübergreifender Unterricht.....	20
Abbildung 3: Fachüberschreitender Unterricht .....	21
Abbildung 4: Fächerverknüpfender Unterricht .....	22
Abbildung 5: Fächerkoordinierender Unterricht .....	22
Abbildung 6: Kompetenzmodell AHS Oberstufe (Kern et al., 2017) .....	28
Abbildung 7: Forschungsfrage .....	31
Abbildung 8: Übersicht Fragebogen .....	36
Abbildung 9: Charakteristika der Proband*innen .....	37
Abbildung 10: Art des Wettkampfsportes.....	38
Abbildung 11: Häufigkeit der Wettkampfteilnahme .....	39
Abbildung 12: Derzeitiges Interesse am Unterrichtsfach Chemie.....	39
Abbildung 13: Einfluss der Ernährung vor einem Wettkampf auf die Leistungsfähigkeit (Mittelwert) .....	40
Abbildung 14: „Energieliefernde“ und „nicht energieliefernde“ Nährstoffe .....	43
Abbildung 15: Bananen – eine gute Wahl am Wettkampftag .....	44
Abbildung 16: Traubenzucker – eine gute Wahl vor/während eines Marathons.....	45
Abbildung 17: Warum sind Bananen eine gute Wahl als Nahrungsmittel am Wettkampftag? .....	47
Abbildung 18: Optimierung der Muskelglykogenspeicherung.....	49
Abbildung 19: Persönliche Achtung auf die Nährstoffversorgung im Wettkampfsetting .....	50
Abbildung 20: Persönliche Nährstoffversorgung im Wettkampfsetting .....	51
Abbildung 21: Achtung auf die Aufnahme von Kohlenhydraten am Wettkampftag ...	51
Abbildung 22: Durstgefühl und Trinkverhalten.....	52
Abbildung 23: Wissen über den Einfluss des Ernährungsverhaltens auf die persönliche Leistungsfähigkeit erweitern .....	53
Abbildung 24: Muskelkrampf.....	53
Abbildung 25: Bereits Informationen über die Ernährung am Wettkampftag gesammelt .....	55
Abbildung 26: Aussagen der Proband*innen zu Nahrungsempfehlungen vor/während eines Wettkampfes .....	56

<i>Abbildung 27: Negative Erfahrungen wegen der Ernährung im Wettkampf .....</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 28: Negative Erfahrungen aufgrund der falschen Ernährung vor/während eines Wettkampfes .....</i>	<i>58</i>
<i>Abbildung 29: Themencluster Fragebogen.....</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 30: Aerobe und anaerobe Verwertung des Pyruvats zur Energiegewinnung in der Muskelzelle (Magyar et al., 2013) .....</i>	<i>68</i>
<i>Abbildung 31: Aktivierung von Glukose zu Glukose-6-Phosphat.....</i>	<i>69</i>
<i>Abbildung 32: Glykolyse: Schritt zwei bis fünf .....</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 33: Glykolyse: Schritt sechs bis neun .....</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 34: Anaerobe Pyruvat-Verstoffwechslung.....</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 35: Aerobe und anaerobe Energiebereitstellung (Winkler, 2009) .....</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 36: Verdauung der Nährstoffe (Berg et al., 2018; Feigenspan, 2017) .....</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 37: Struktureller Aufbau von ATP (Feigenspan, 2017) .....</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 38: Zuordnung der Handlungskompetenzen zu den einzelnen Unterrichtseinheiten .....</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 39: Übersicht Fragebogen Expert*innenrating.....</i>	<i>93</i>
<i>Abbildung 40: Geschlechterverteilung der Expert*innen .....</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 41: Dienstjahre der Proband*innen.....</i>	<i>95</i>
<i>Abbildung 42: Lehrperson unterrichtet an einem Sportgymnasium .....</i>	<i>95</i>
<i>Abbildung 43: Zweifach der Expert*innen zu dem Unterrichtsfach Chemie .....</i>	<i>96</i>
<i>Abbildung 44: Datenerhebung der Items fünf bis zwölf .....</i>	<i>97</i>
<i>Abbildung 45: Datenerhebung Items 13 bis 18.....</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 46: Datenerhebung der Items 19 bis 24.....</i>	<i>99</i>

## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Einfluss der Ernährung vor einem Wettkampf auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit, ob sich die Person vorab schon mit der Thematik Sporternährung auseinandergesetzt hat</i>	41
<i>Tabelle 2: Nährstoffzuordnung aufgeschlüsselt, ob sich die Person schon einmal über Sporternährung informiert hat oder nicht</i>	42
<i>Tabelle 3: Durchschnittsvergleich abhängig vom Geschlecht</i>	44
<i>Tabelle 4: Durchschnittsvergleich abhängig vom Geschlecht</i>	45
<i>Tabelle 5: Geschlechtervergleich – Begründungen zu Bananenstatements</i>	48
<i>Tabelle 6: Schulstufenvergleich zur Optimierung des Muskelglykogens</i>	49
<i>Tabelle 7: Präferenz der Getränkewahl während eines Wettkampfes</i>	54
<i>Tabelle 8: Auflistung Handlungskompetenzen (BMBF, 2012)</i>	83
<i>Tabelle 9: Allgemeine Informationen zur Unterrichtsplanung</i>	84
<i>Tabelle 10: Planungsraster Unterrichtseinheit 1</i>	87
<i>Tabelle 11: Planungsraster Unterrichtseinheit 2</i>	89
<i>Tabelle 12: Planungsraster Unterrichtseinheit 3</i>	91

## Anhang

### Abstract

„Chemie kann auch spannend sein“, „Chemie ist gar nicht so abstrakt“, „Chemie hilft mir, bessere sportliche Leistungen erreichen zu können“. Der Unterricht im Fach Chemie sollte mehr sein als das bloße Auswendiglernen von Formeln und dem Periodensystem. Als Lehrerin oder Lehrer hat man die einzigartige Chance, chemisches Wissen direkt anwendbar zu machen.

Mit dieser Masterarbeit soll die direkte Anwendbarkeit chemischen Wissens in einem subjektiv tendenziell ansprechenderen Fachgebiet ermöglicht werden. Hierfür wird eine Unterrichtsreihe für Schüler\*innen eines Sportgymnasiums konzipiert, welche darauf abzielt, durch chemisches Fachwissen herauszufinden, wie und warum man sich vor einem Wettkampf ernähren sollte, um seine bestmögliche Leistung erbringen zu können.

Die Forschungsfrage lautet: „Wie kann das Fach Chemie die sportlichen Leistungen von Schülerinnen und Schülern der achten Klasse (zwölften Schulstufe) eines Sportgymnasiums verbessern?“

Um diese Frage zu beantworten, wird ein Fragebogen, welcher an 85 Schülerinnen und Schüler aus österreichischen Sportgymnasien ausgegeben wurde, ausgewertet. Dieser soll Optimierungsmöglichkeiten in der Ernährung vor einem Wettkampf aufzeigen und die Relevanz dieses Themas bewerten.

Das entwickelte Unterrichtskonzept wird einer gründlichen Bewertung durch Expert\*innen unterzogen, wobei das Feedback von zwölf erfahrenen Pädagog\*innen eingeholt wird. Dieses Feedback wird in den Unterrichtsplan integriert und dieser wird dadurch einem Überarbeitungsprozess unterzogen, wodurch dem Konzept eine breitere Anerkennung verliehen wird.

Schüler\*innen bekommen ein Werkzeug in die Hand gelegt, um ihre Leistungsfähigkeit im Wettkampf verbessern zu können. Es entsteht ein Motivationstransfer vom beliebten Unterrichtsfach Bewegung und Sport auf das eher unbeliebte Fach Chemie mit der Erkenntnis: „Ja! Chemie ist spannend!“

## Abstract (English)

"Chemistry can also be exciting", "Chemistry is not so abstract", "Chemistry helps me to achieve better athletic performance." The chemistry class should be more than just memorizing formulas and the periodic table. As a teacher, you have the unique opportunity to make chemical knowledge directly applicable.

This master's thesis aims to enable the direct applicability of chemical knowledge in a subjectively more appealing field. For this purpose, a series of lessons for students of a sports gymnasium is designed, aimed at finding out through chemical knowledge how and why one should eat before a competition in order to achieve their best performance.

The research question in this context is: "How can students of an twelfth grade in a sports high school be supported in their athletic performance through the subject chemistry?"

As a basis for the thematic focus of the teaching concept, a questionnaire with 85 eleventh and twelfth grade students from Austrian sports high schools is evaluated. This questionnaire should show possible optimization potentials in the nutrition around a competition and evaluate the relevance of this topic.

The developed concept will undergo a thorough evaluation by experts, wherein feedback will be solicited from twelve seasoned educators. This feedback will be integrated into the lesson plan and will thus undergo a revision process, granting the concept a broader recognition.

Students get a tool in hand to improve their performance in competition. A motivation transfer is created from the popular subject of movement and sport to the less popular subject of chemistry with the realization:

"Yes! Chemistry is exciting!"

## Fragebogen Schüler\*innen

### ★ 1. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- ☐ Männlich
- ☐ Weiblich
- ☐ keine Angabe

### ★ 2. In welchem Jahr sind Sie geboren?

Geburtsjahr

2004

### ★ 3. Ich gehe in die...

- ☐ 7.Klasse (11.Schulstufe).
- ☐ 8.Klasse (12.Schulstufe).

### ★ 4. In meiner Schule gibt es ein Unterrichtsfach wie Ernährungswissenschaften (bzw. ein Fach mit dem Schwerpunkt Ernährung), das ich bereits hatte oder noch haben werde.

- ☐ Ja ☐ Nein

### ★ 5. Welche Art von Wettkampf beschreiten Sie am häufigsten?

Mehrfachauswahl möglich.

- ☐ Ausdauersport (z.B. Marathon, Triathlon, ...)
- ☐ Kraftsport (z.B. Kraftdreikampf, Bodybuilding, ...)
- ☐ Ausdauersport mit hohem Krafteinsatz (z.B. Radfahren, Skilanglauf, ...)
- ☐ Schnellkraftsport (z.B. Turnen, Sprung- und Stoßdisziplinen, ...)
- ☐ Spielsport (Fußball, Tennis, ...)
- ☐ Kampfsport (z.B. Ringen, Judo, ...)
- ☐ Andere (z.B. Reiten, Bogenschießen, Motorsport, Segeln, ...)



★ 6. Wie häufig nehmen Sie an einem Wettkampf teil?

- ☐ Jede Woche
- ☐ Einmal im Monat
- ☐ Mehr als 2 Mal im Jahr
- ☐ Ungefähr 2 Mal im Jahr
- ☐ Weniger als 2 Mal im Jahr
- ☐ Nie

★ 7. Mein Interesse an Chemie ist derzeit...

Bewerten Sie von 1 = sehr gering bis 5 = sehr hoch

Sehr gering

Sehr hoch

Weiter >

★ 8. Ich achte darauf, meinen Körper ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen.

Bewerten Sie von 1 = stimme nicht zu bis 5 = stimme zu

stimme nicht  
zu

stimme zu

★ 9. Speziell die Ernährung in der Woche VOR einem Wettkampf hat einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit am Wettkampftag.

Bewerten Sie von 1 = stimme nicht zu bis 5 = stimme zu

stimme nicht  
zu

stimme zu

★ 10. In den Tagen vor einem Wettkampf achte ich besonders darauf, genügend ... zu mir zu nehmen.

- ☐ Proteine
- ☐ Kohlenhydrate
- ☐ Fette
- ☐ Ich achte nicht auf meine Ernährung vor einem Wettkampf.

Weiter >

★ 11. Ordnen Sie die Nährstoffe der richtigen Gruppe zu.

Energieliefernde Nährstoffe

☐ Kohlenhydrate

☐ Fette

☐ Proteine

☐ Vitamine

☐ Ballaststoffe

☐ Elektrolyte

☐ Alkohol

☐ Spurenelemente

Nicht energieliefernde Nährstoffe

☐ Kohlenhydrate

☐ Fette

☐ Proteine

☐ Vitamine

☐ Ballaststoffe

☐ Elektrolyte

☐ Alkohol

☐ Spurenelemente


Weiter >

★ 12. Bananen sind eine gute Wahl als Nahrungsmittel am Wettkampftag.

Bewerten Sie von 1 = **stimme nicht zu** bis 5 = **stimme zu**

stimme nicht zu

stimme zu




★ 13. Traubenzucker unmittelbar vor oder während eines Marathons zu essen ist eine gute Wahl, um mit Energie versorgt zu werden.

Bewerten Sie von 1 = **stimme nicht zu** bis 5 = **stimme zu**

stimme nicht zu

stimme zu



Weiter >

★ 14. Kreuze die richtige(n) Antwort(en) an!

- ☐ Bananen sind sehr proteinreiche Lebensmittel und unterstützen die Muskulatur während eines Wettkampfs.
- ☐ Bananen sind sehr kohlenhydratreiche Lebensmittel.
- ☐ Bananen enthalten, egal ob reif oder unreif, gleich viel Glucose.
- ☐ Gelbe Bananen enthalten mehr Glucose als grüne Bananen.
- ☐ Gelbe Bananen schmecken süßer und haben auch einen höheren Energiegehalt (mehr kcal) als grüne Bananen.
- ☐ Bananen bestehen zu etwa 75% aus Wasser und versorgen somit den Körper auch mit Flüssigkeit.
- ☐ Stärke ist ein, in der Banane vorkommendes, Polysaccharid und liefert deshalb schneller Energie als das Monosaccharid Glucose.
- ☐ Bananen enthalten Kalium und Magnesium, die an der Muskelkontraktion beteiligt sind.


Weiter >

- ★ 15. Ich achte am Wettkampftag darauf, vorwiegend Kohlenhydrate zu mir zu nehmen.

Bewerten Sie von 1 = **stimme nicht zu** bis 5 = **stimme zu**

stimme nicht zu

stimme zu




Weiter >

- ★ 16. Wieviel (Energie in Form von) Glykogen im Muskel gespeichert werden kann, ist von Person zu Person unterschiedlich und kann nicht optimiert werden.

Bewerten Sie von 1 = **stimme nicht zu** bis 5 = **stimme zu**

stimme nicht zu

stimme zu



Weiter >

- ★ 17. Ich habe während des Sporttreibens schon einmal einen Muskelkrampf erlitten.


☐ Ja ☐ Nein

- ★ 18. Während einer intensiven sportlichen Belastung trinke ich normalerweise nur dann etwas, wenn ich ein Durstgefühl verspüre.

Bewerten Sie von 1 = **trifft nicht zu** bis 5 = **trifft zu**

trifft nicht zu

trifft zu



★ 19. Zu welchem Getränk greifen Sie während eines Wettkampfes eher?

Ziehen Sie die wichtigen Elemente nach oben und ordnen Sie die unwichtigen Elemente nach unten.

↕ Limonaden (Cola, Eistee, ...)

↕ Leitungswasser

↕ Kohlensäurehaltiges Wasser

↕ Isotonische Getränke

↕ Energy Drinks (und andere koffeinhaltige Getränke)

Weiter >

★ 20. Haben Sie sich schon einmal darüber informiert, wie Sie sich vor und während eines Wettkampfes am besten ernähren?

☐ Ja ☐ Nein

21. Wenn ja: Was haben Sie herausgefunden?

Haben Sie sich schon einmal darüber informiert, wie Sie sich vor und während eines Wettkampfes am besten ernähren?

Textfeld

★ 22. Haben Sie schon einmal etwas vor einem Wettkampf getrunken oder gegessen, das Sie im Nachhinein bereut haben?

☐ Ja ☐ Nein

**23. Wenn ja: Was haben Sie gegessen/getrunken UND welches Problem ist aufgetreten?**

Haben Sie schon einmal etwas vor einem Wettkampf/Match getrunken oder gegessen, was Sie im Nachhinein bereut haben?

Textfeld

**★ 24. Ich möchte wissen, wie ich durch mein Ernährungsverhalten ganz einfach meine Leistung am Wettkampftag verbessern kann.**

☐ Ja ☐ Nein

**25. Was ich sonst noch sagen wollte:**

Falls Sie noch etwas sagen möchten, können Sie dieses Feld gerne dazu nutzen.

Textfeld

**Beenden >**



## Arbeitsblatt (Unterrichtseinheit 1)

### Arbeitsauftrag: Kohlenhydratverdauung

#### ① Aufgabenstellung:

- Scanne den QR-Code und überprüfe dein Wissen über die verschiedenen Arten von Kohlenhydraten.
- Lese den nachfolgenden Informationstext.
- Vervollständige die Tabelle der Kohlenhydratverdauung auf der Rückseite oder erstelle ein eigenes anschauliches Schema (dabei kannst du die Tabelle auf der Rückseite als Anhaltspunkt hernehmen).



#### Informationstext:

Um die in der Nahrung enthaltene Energie für den eigenen Organismus nutzbar machen zu können, müssen die aufgenommenen, meist polymeren Nährstoff-Verbindungen durch enzymatische Prozesse in ihre monomeren Bausteine aufgetrennt werden. Beispielsweise können im Falle der Kohlenhydrate nur Monosaccharide resorbiert und verwertet werden, weshalb alle Polysaccharide erst in Monosaccharid-Einheiten umgebaut werden müssen.

Die Verdauung der Kohlenhydrate beginnt bereits im Mundraum. Durch das im Speichel vorhandene Enzym  $\alpha$ -Amylase werden die  $\alpha$ -glykosidischen Bindungen der Polysaccharide gelöst. Übrig bleiben Disaccharide (Maltose, Laktose und Saccharose), welche durch eigene Enzyme (Maltase, Laktase und Saccharase) weiter in monomere Strukturen zerlegt werden. Übrig bleiben Glukose, Galaktose und Fruktose (= Monosaccharide), welche mit Hilfe eigener Transporter vom Dünndarmepithel resorbiert werden können und so hauptsächlich als Glukose in den Blutkreislauf gelangen.

Der Körper eines gesunden Menschen hält die Zuckerkonzentration im Blut (Blutzucker) immer konstant (zwischen **0,6 g und 1,1 g pro Liter Blut**).

Für die Messung des aktuellen Blutzuckergehalts verfügen die Zellen der Bauchspeicheldrüse über spezielle Zuckerrezeptoren, wodurch es dem Körper möglich ist, den Blutzuckerspiegel zu regulieren und den Zellen des Körpers die richtige Menge Energie zur Verfügung zu stellen. Durch Abgabe der **Hormone Insulin oder Glukagon** ist die Bauchspeicheldrüse in der Lage, den Blutzuckerspiegel zu senken oder zu erhöhen.

Steigt der Blutzuckergehalt beispielsweise nach der Nahrungsaufnahme an, geben die Zellen in der Bauchspeicheldrüse Insulin in den Blutkreislauf ab. Dieses bewirkt den Eintritt von Glucose in die Muskel- und vor allem Leberzellen, wo Glucose zu Glycogen umgewandelt und gespeichert wird.

Menschen mit hohem Energiebedarf (bspw. Leistungssportler) verbrauchen die zugeführten Kohlenhydrate rasch. Die Insulinausschüttung ist daher geringer.

Nach körperlicher Anstrengung oder nach langer Zeit ohne Nahrungsaufnahme schüttet die Bauchspeicheldrüse ein anderes Hormon aus, das Glukagon. Im Gegensatz zum Insulin veranlasst es die Leberzellen, Glykogen in der Leber abzubauen, in Glucose umzubauen und ins Blut abzugeben.

Die Hormone Insulin und Glukagon sind daher zwei wichtige Gegenspieler zur Regulation des Blutzuckerspiegels.

(vgl. Holfeld et al., 2005)

Name:

Arbeitsauftrag: Kohlenhydratverdauung

Monosaccharide	Disaccharide	Polysaccharide
↓	↓	↓
Transporter		
↓	↓	↓
Blut		
↓	↓	↓
Insulinausschüttung		
↓	↓	↓
<b>Zelle</b>		
	↓	↓
	↓	↓
	<b>Zelle</b>	
		↓
		↓
		<b>Zelle</b>

Chemie



Name:

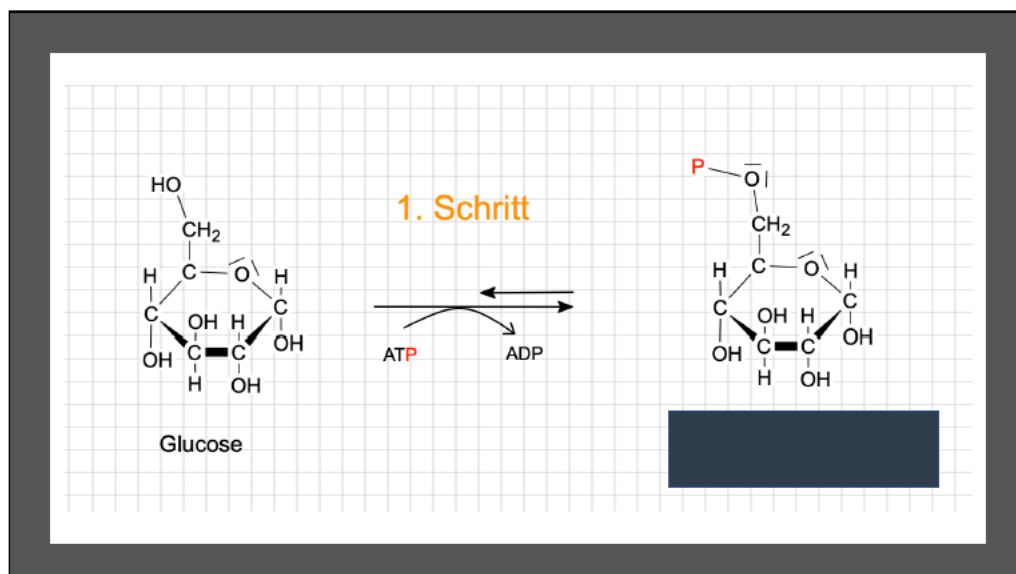
Arbeitsauftrag: Kohlenhydratverdauung

### Lösungen:

Monosaccharide	Disaccharide	Polysaccharide
↓	↓	↓
Transporter	Enzyme	α-Amylase
↓	↓	↓
Blut	Glukose	Disaccharide
↓	↓	↓
Insulinausschüttung	Transporter	Enzyme
↓	↓	↓
<b>Zelle</b>	Blut	Glukose
	↓	↓
	Insulinausschüttung	Transporter
	↓	↓
	<b>Zelle</b>	Blut
		↓
		Insulinausschüttung
		↓
		<b>Zelle</b>

Chemie

# PowerPoint-Präsentation (Unterrichtseinheit 2 und 3) inklusive Notizen - Erstversion

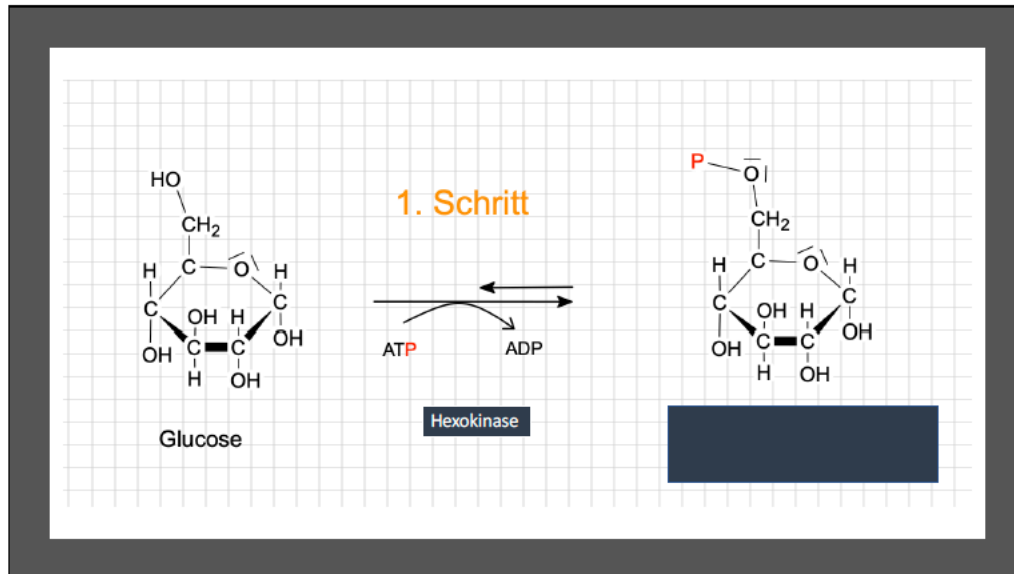


## Erklärung:

Hexokinase: Phosphoryliert Hexosen (Zucker mit 6 (Hex) C-Atomen – wie Glucose) –Kinase: Enzym das phosphoryliert/dephosphoryliert – Ase = Endung für Enzyme

## Aufgabe:

Benenne das entstehende Produkt!

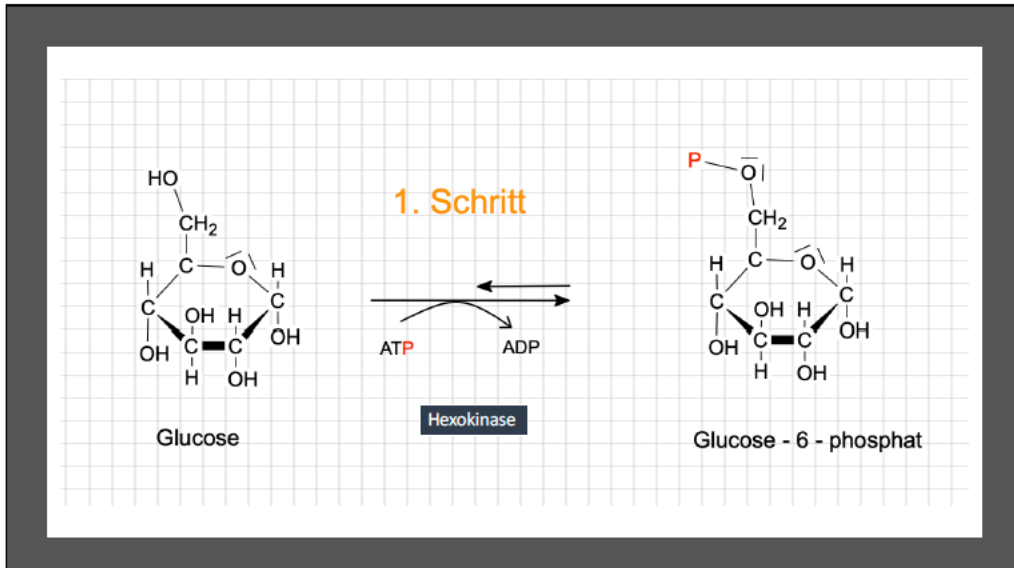


**Erklärung:**

Hexokinase: Phosphoryliert Hexosen (Zucker mit 6 (Hex) C-Atomen – wie Glucose) –Kinase: Enzym das phosphoryliert/dephosphoryliert – Ase = Endung für Enzyme

**Aufgabe:**

Benenne das entstehende Produkt!



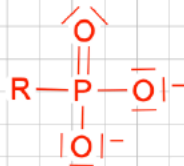
**Erklärung:**

Hexokinase: Phosphoryliert Hexosen (Zucker mit 6 (Hex) C-Atomen – wie Glucose) –Kinase: Enzym das phosphoryliert/dephosphoryliert – Ase = Endung für Enzyme

**Aufgabe:**

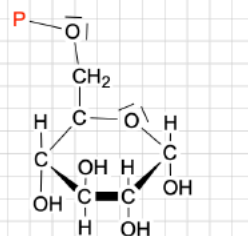
Benenne das entstehende Produkt!

Zur Vereinfachung wird „P“ verwendet.



#### Hinweis:

$PO_3^{2-}$  Darstellung ist ungewöhnlich und der Formel geschuldet → man spricht eigentlich von  $P = PO_4^{3-}$  ( $R=O$ )



Glucose - 6 - phosphat

2. Schritt



Fructose - 6 - phosphat

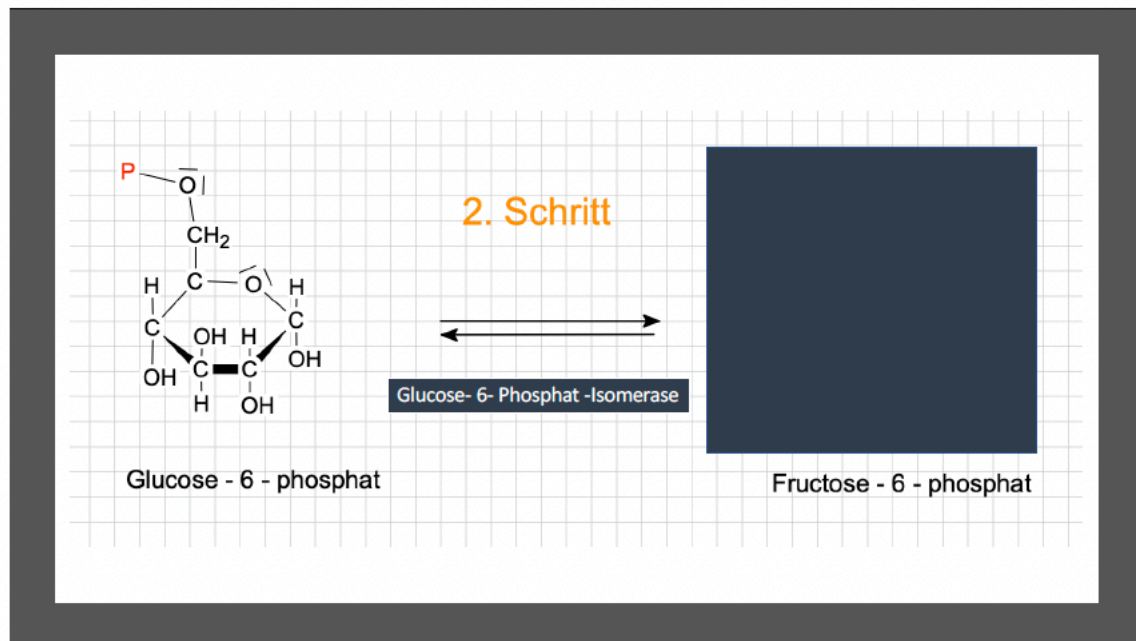
#### Erklärung:

Glucose-6-Phosphat-Isomerase: Isomerisiert Glucose 6-Phosphat

Isomere: Gleiche Summenformel - andere Struktur

#### Aufgabe:

Wie lautet die Strukturformel von Fructose – 6 – phosphat?



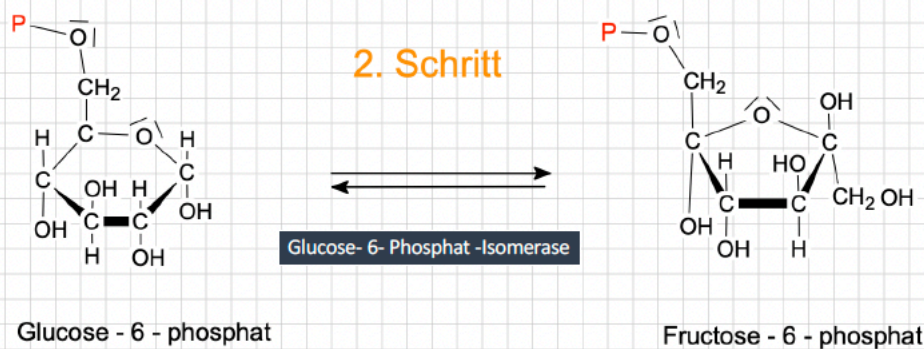
**Erklärung:**

Glucose-6-Phosphat-Isomerase: Isomerisiert Glucose 6-Phosphat

Isomere: Gleiche Summenformel - andere Struktur

**Aufgabe:**

Wie lautet die Strukturformel von Fructose – 6 – phosphat?

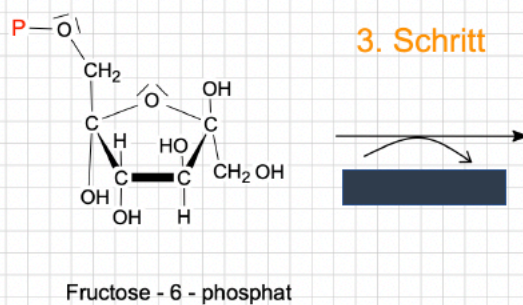


**Erklärung:**

Glucose-6-Phosphat-Isomerase: Isomerisiert Glucose 6-Phosphat  
 Isomere: Gleiche Summenformel - andere Struktur

**Aufgabe:**

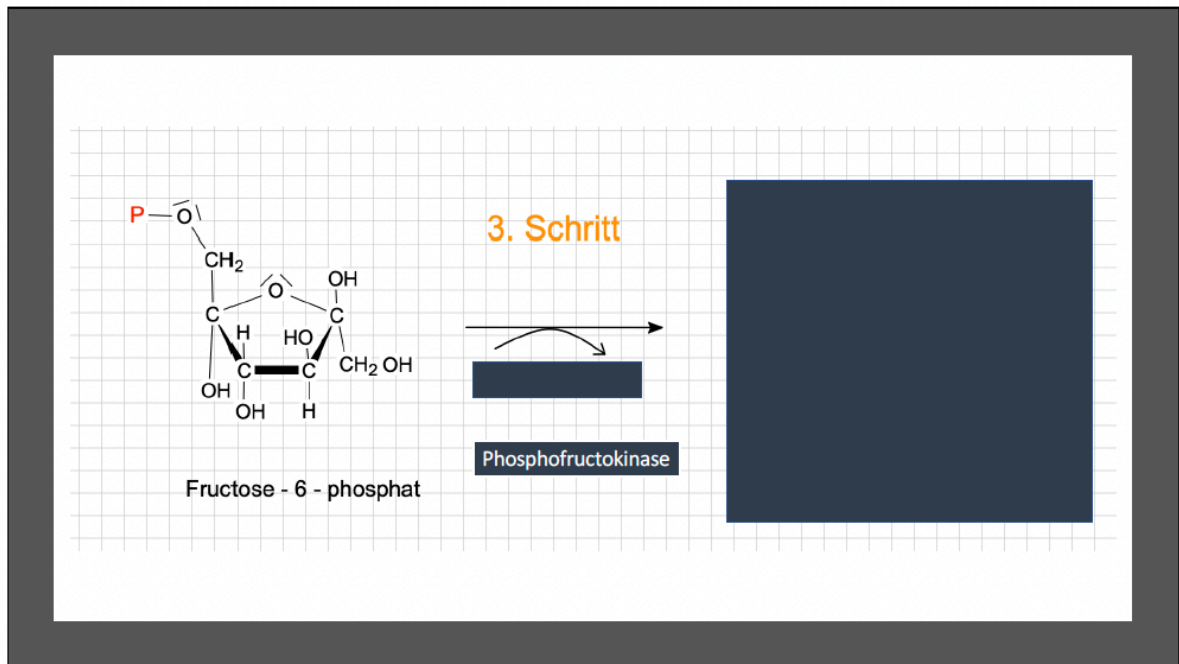
Wie lautet die Strukturformel von Fructose – 6 – phosphat?



**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?  
 Was passiert bei dieser Reaktion?

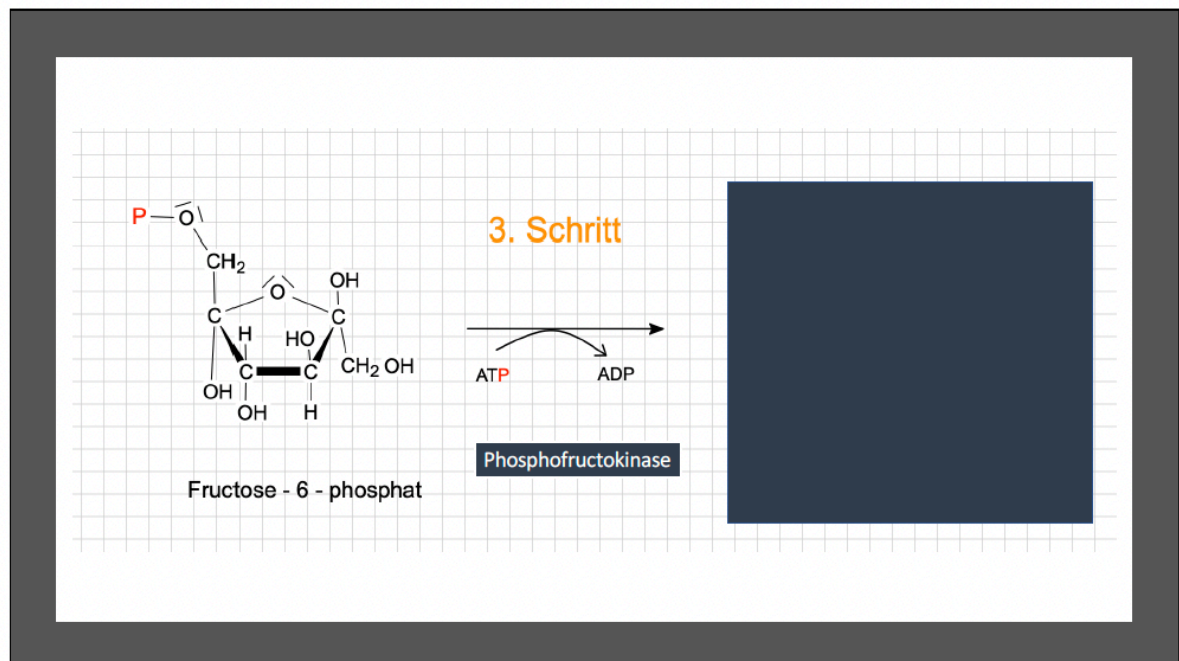




**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?

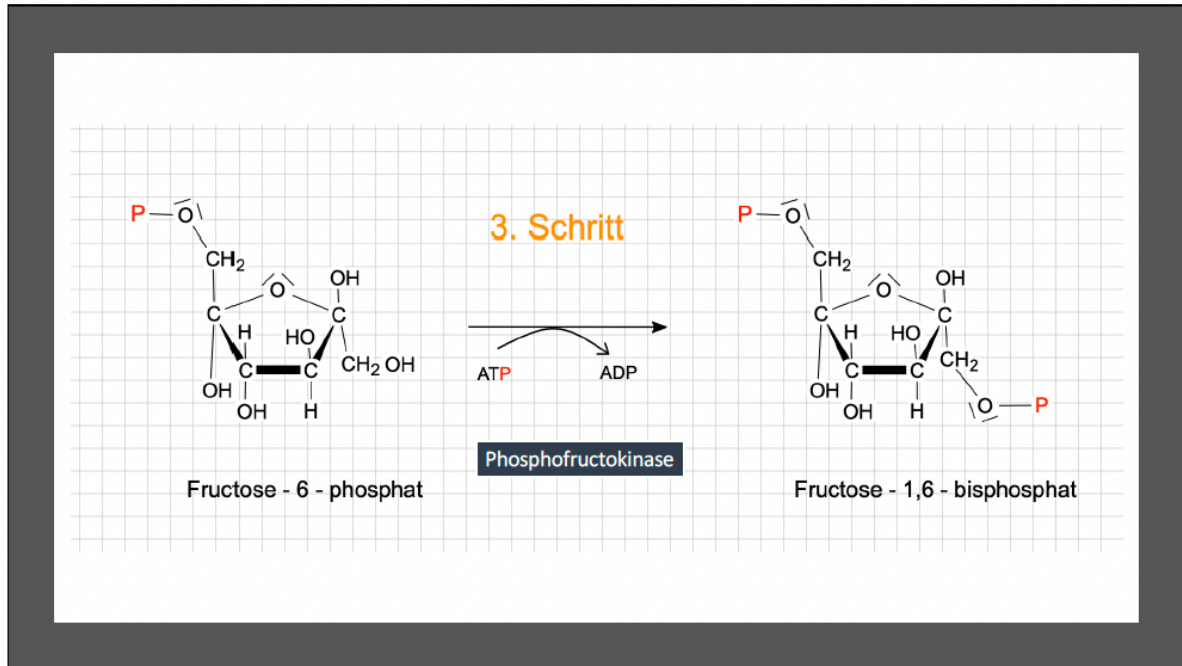
Was passiert bei dieser Reaktion?



**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?

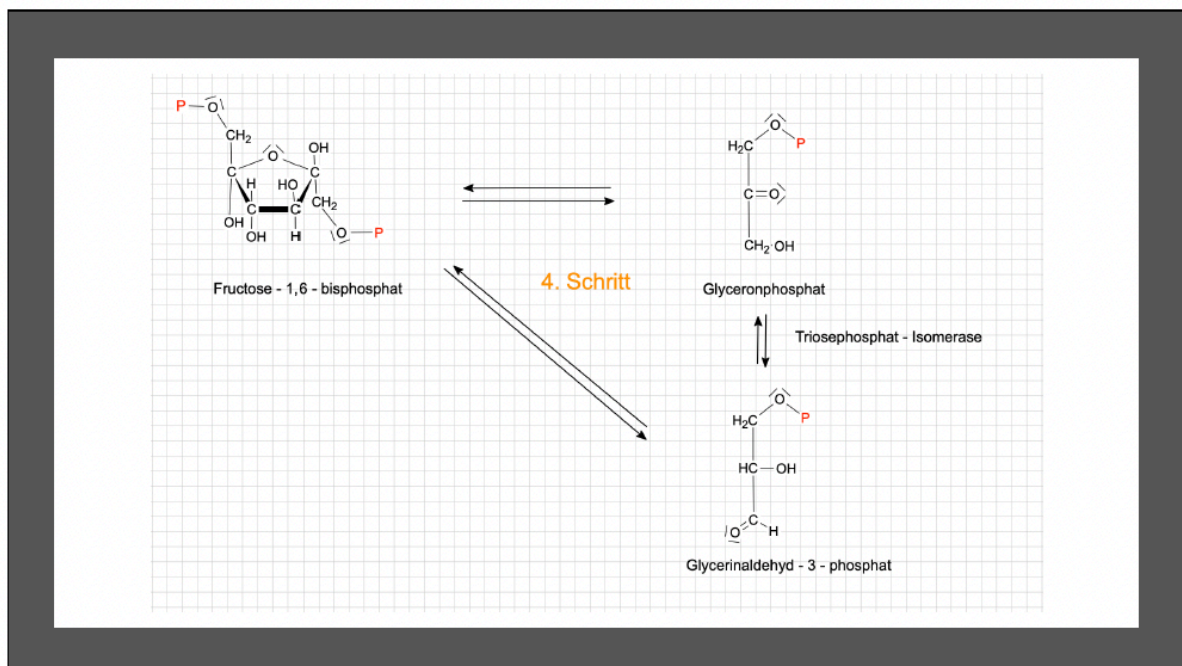
Was passiert bei dieser Reaktion?



**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?

Was passiert bei dieser Reaktion?

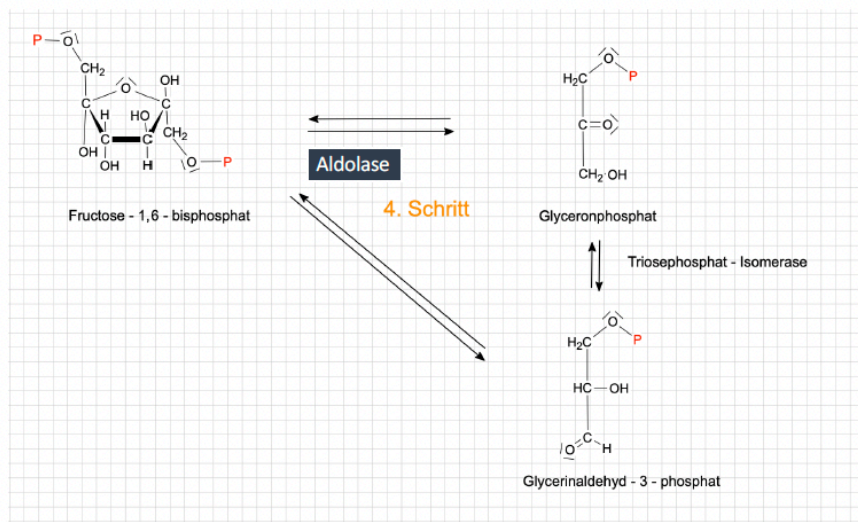


**Aufgabe:**

Welche Art von Reaktion wird durch die Aldolase ausgelöst?

Welche Art von Enzym katalysiert die Reaktion von Glyceronphosphat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat?

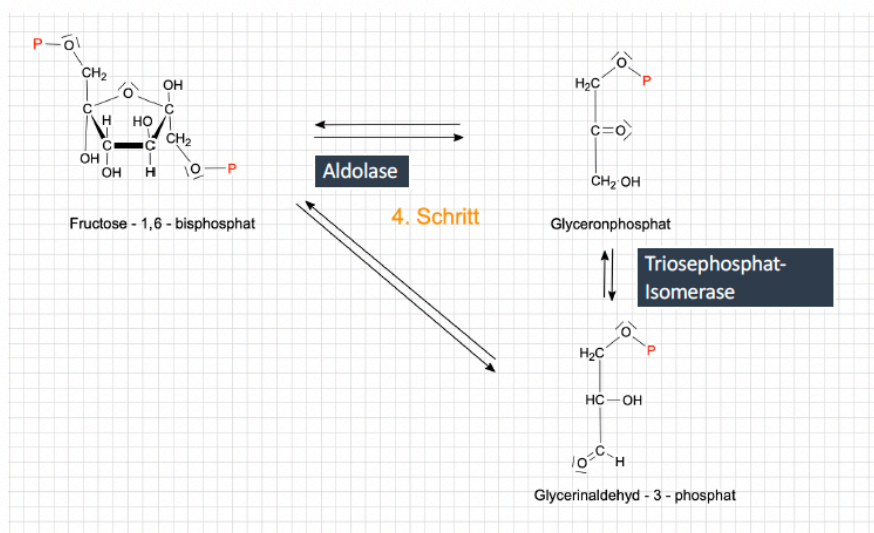




### Aufgabe:

Welche Art von Reaktion wird durch die Aldolase ausgelöst?

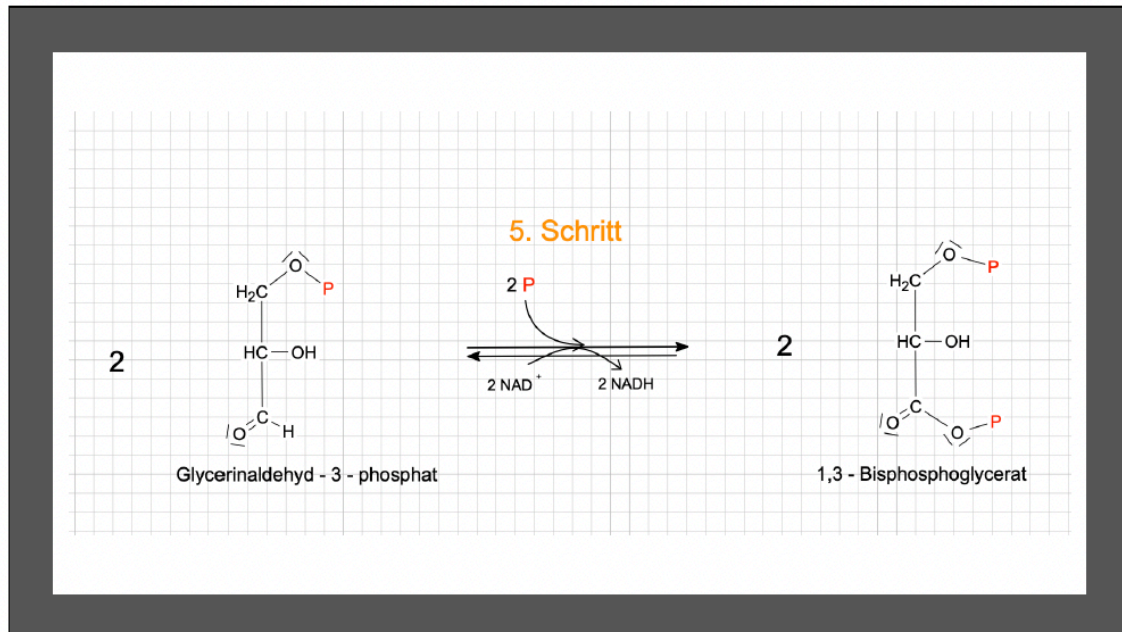
Welche Art von Enzym katalysiert die Reaktion von Glyceronphosphat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat?



### Aufgabe:

Welche Art von Reaktion wird durch die Aldolase ausgelöst?

Welche Art von Enzym katalysiert die Reaktion von Glyceronphosphat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat?



### Wichtig:

Ab jetzt wird alles 2x durchlaufen. → weil 2x zuvor 2x Glycerinaldehyd-3-phosphat entsteht

### RedOx:

Oxidation der Aldehydgruppe von Glycerinaldehyd -3- phosphat zu einer Carbonsäuregruppe. Die abgegebenen Elektronen und zusätzliche Wasserstoffionen ( $\text{H}^+$ ) werden auf das Oxidationsmittel  $\text{NAD}^+$  übertragen (=Reduktion) → es entsteht das Reduktionsmittel  $\text{NADH}$ .

Enzym Glycerinaldehyd-3-phosphat-dehydrogenase → sorgt außerdem dafür, dass eine Phosphatgruppe auf die Carbonsäuregruppe übertragen wird.

### Elektronencarrier:

Die bei der Zellatmung freiwerdende Energie kann mithilfe von Elektronencarriern und der Reduktion von bestimmten Coenzymen in Form von ATP gespeichert werden. Das funktioniert so:

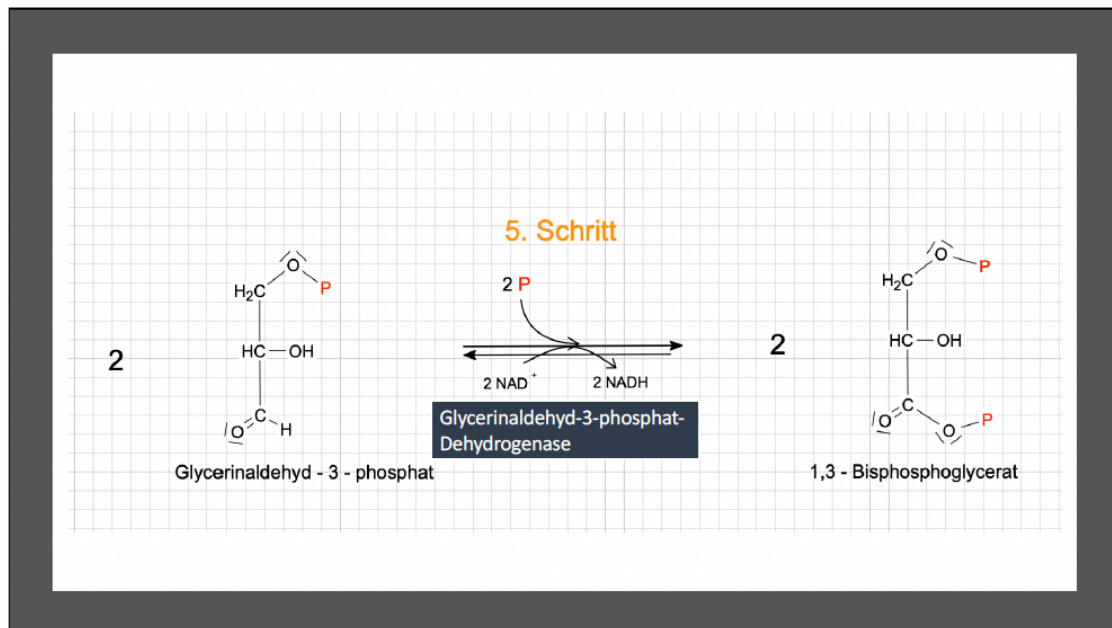
1. Während der Zellatmung werden bei den Oxidationsreaktionen Elektronen

abgegeben.

2. Bestimmte Elektronencarrier-Moleküle (Oxidationsmittel) nehmen diese Elektronen auf und werden dadurch reduziert. In der Zellatmung kommen hier  $\text{NAD}^+$  und  $\text{FAD}$  (Coenzyme) vor, welche zu  $\text{NADH}$  und  $\text{FADH}_2$  reduziert werden.

3. Im letzten Schritt der Zellatmung geben die Carrier ihre Elektronen bereitwillig an den elektronegativen Sauerstoff ab. → zusätzliche ATP Erzeugung





### Wichtig:

Ab jetzt wird alles 2x durchlaufen. → weil 2x zuvor 2x Glycerinaldehyd-3-phosphat entsteht

### RedOx:

Oxidation der Aldehydgruppe von Glycerinaldehyd -3- phosphat zu einer Carbonsäuregruppe. Die abgegebenen Elektronen und zusätzlichen Wasserstoffionen ( $\text{H}^+$ ) werden auf das Oxidationsmittel  $\text{NAD}^+$  übertragen (=Reduktion) → es entsteht das Reduktionsmittel  $\text{NADH}$ .

Enzym Glycerinaldehyd-3-phosphat-dehydrogenase → sorgt außerdem dafür, dass eine Phosphatgruppe auf die Carbonsäuregruppe übertragen wird.

### Elektronencarrier:

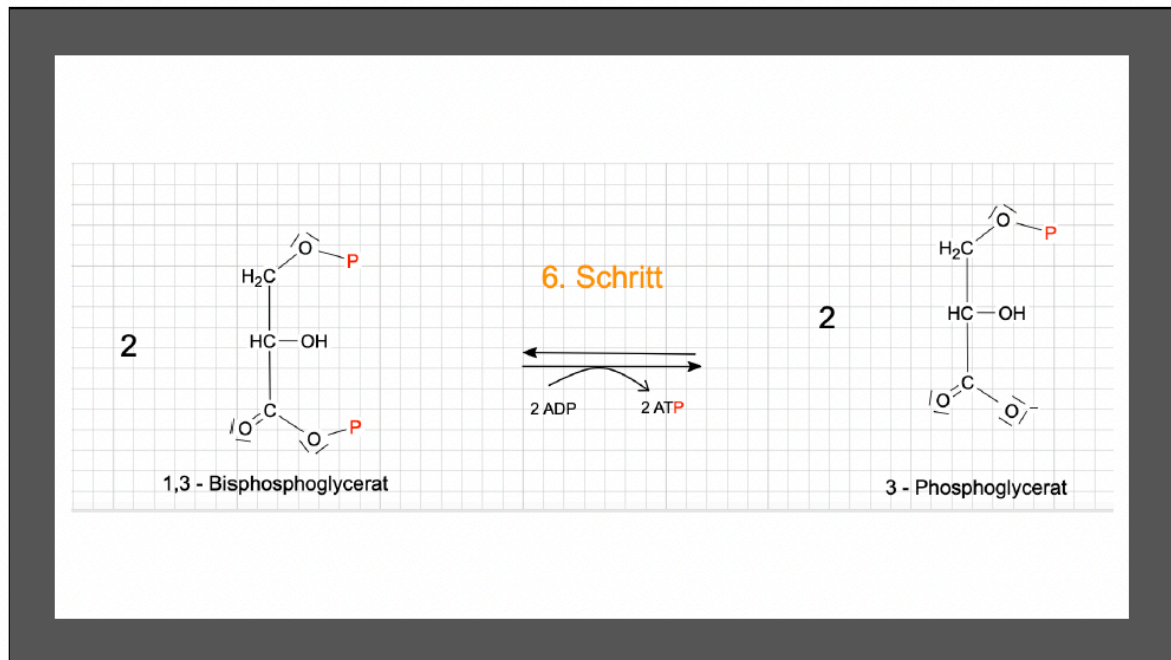
Die bei der Zellatmung freiwerdende Energie kann mithilfe von Elektronencarriern und der Reduktion von bestimmten Coenzymen in Form von ATP gespeichert werden. Das funktioniert so:

1. Während der Zellatmung werden bei den Oxidationsreaktionen Elektronen

abgegeben.

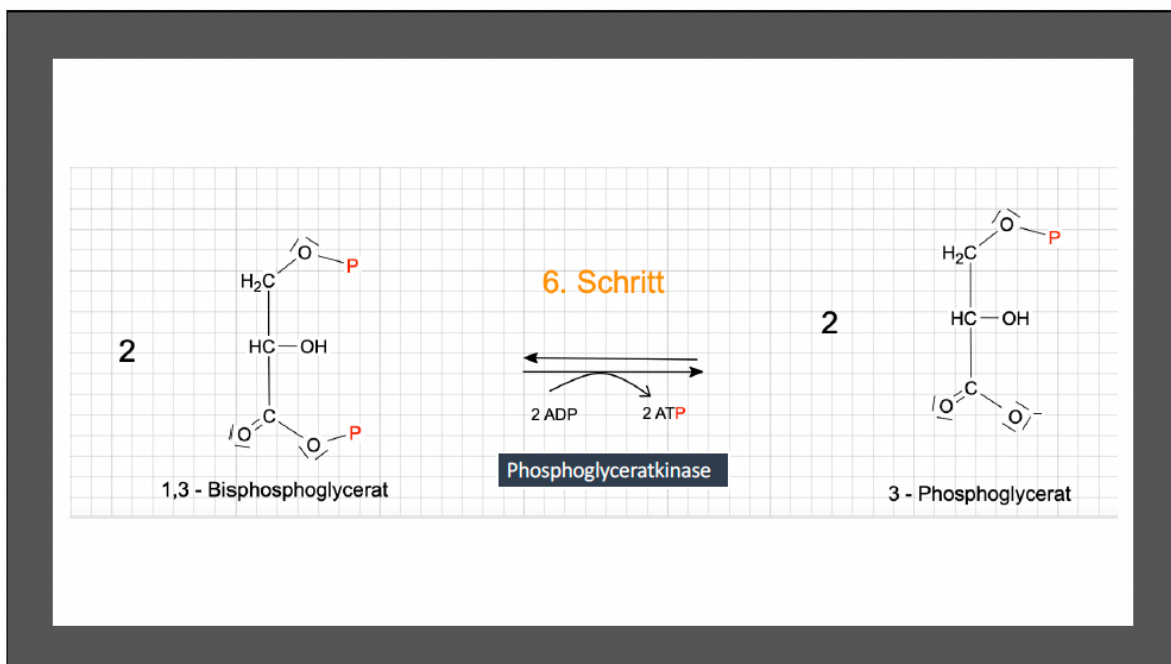
2. Bestimmte Elektronencarrier-Moleküle (Oxidationsmittel) nehmen diese Elektronen auf und werden dadurch reduziert. In der Zellatmung kommen hier  $\text{NAD}^+$  und  $\text{FAD}$  (Coenzyme) vor, welche zu  $\text{NADH}$  und  $\text{FADH}_2$  reduziert werden.

3. Im letzten Schritt der Zellatmung geben die Carrier ihre Elektronen bereitwillig an den elektronegativen Sauerstoff ab. → zusätzliche ATP Erzeugung



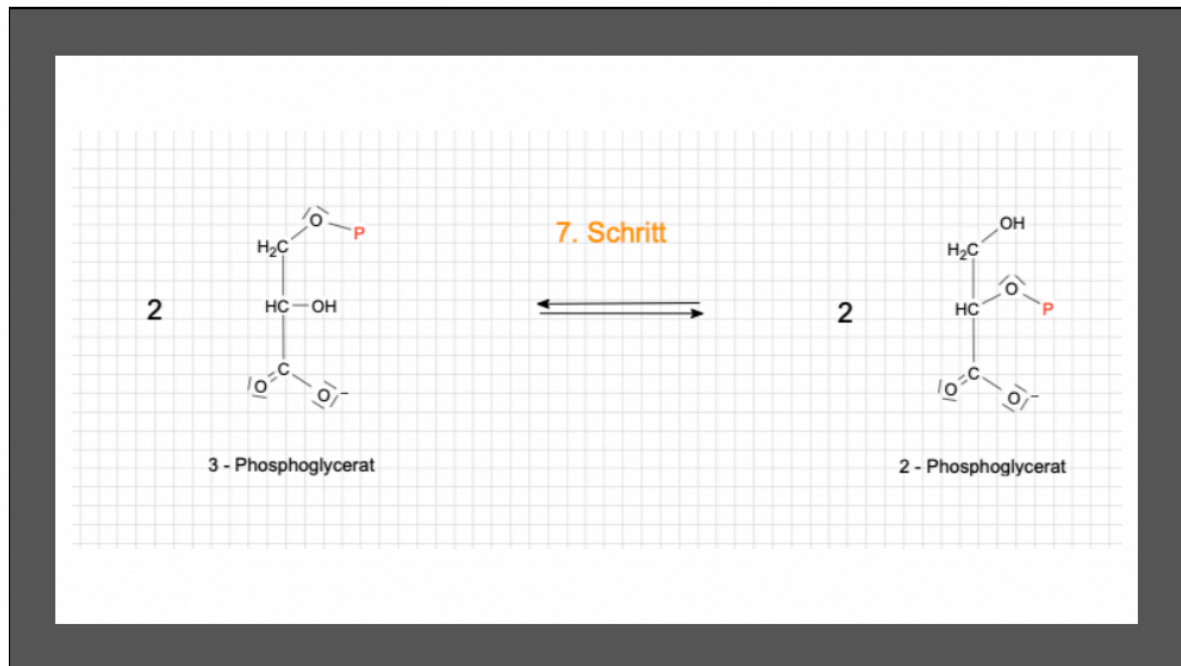
**Aufgabe:**

Welche Art von Enzym kommt hier zum Einsatz?



**Aufgabe:**

Welche Art von Enzym kommt hier zum Einsatz?



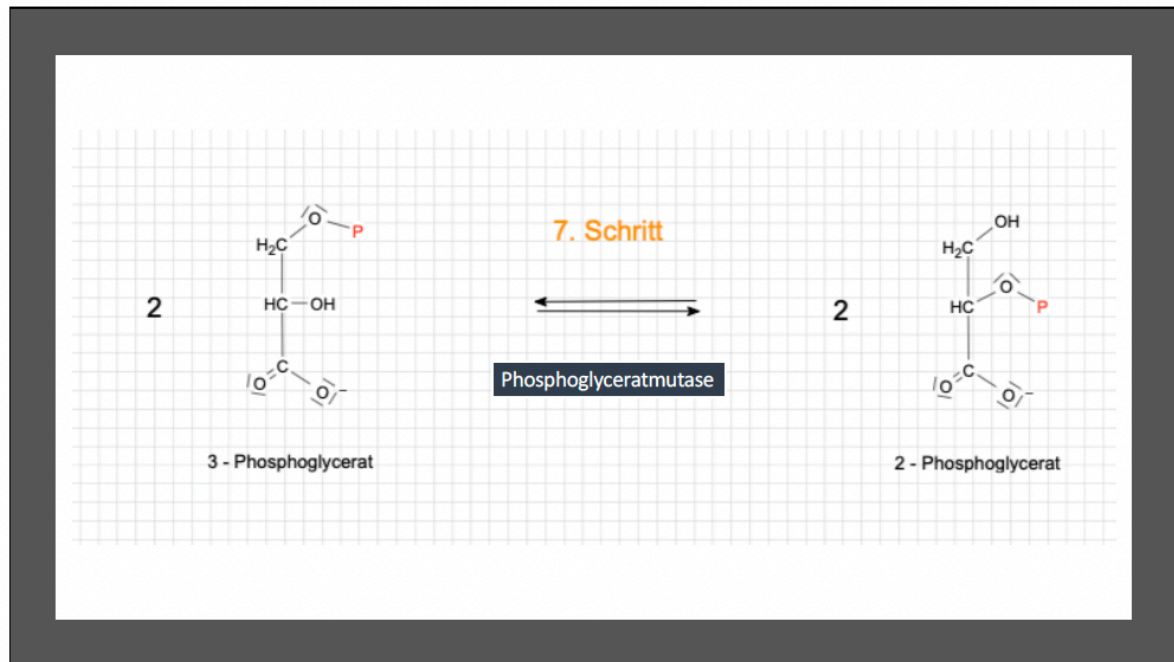
### Aufgabe:

Was geschieht bei dieser Reaktion?

Unterschied Mutase – Isomerase:

Mutase sind Enzyme, die eine funktionelle Gruppe innerhalb desselben Moleküls an einen anderen Bindungsort verschieben. Es handelt sich um Enzyme aus der Klasse der Isomerasen.



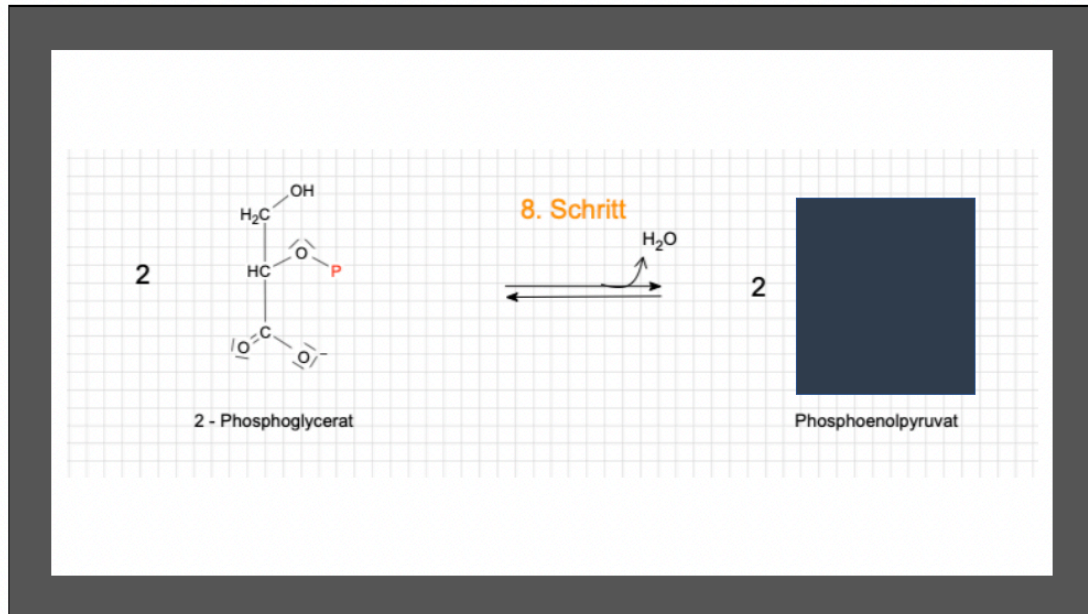


### Aufgabe:

Was geschieht bei dieser Reaktion?

Unterschied Mutase – Isomerase:

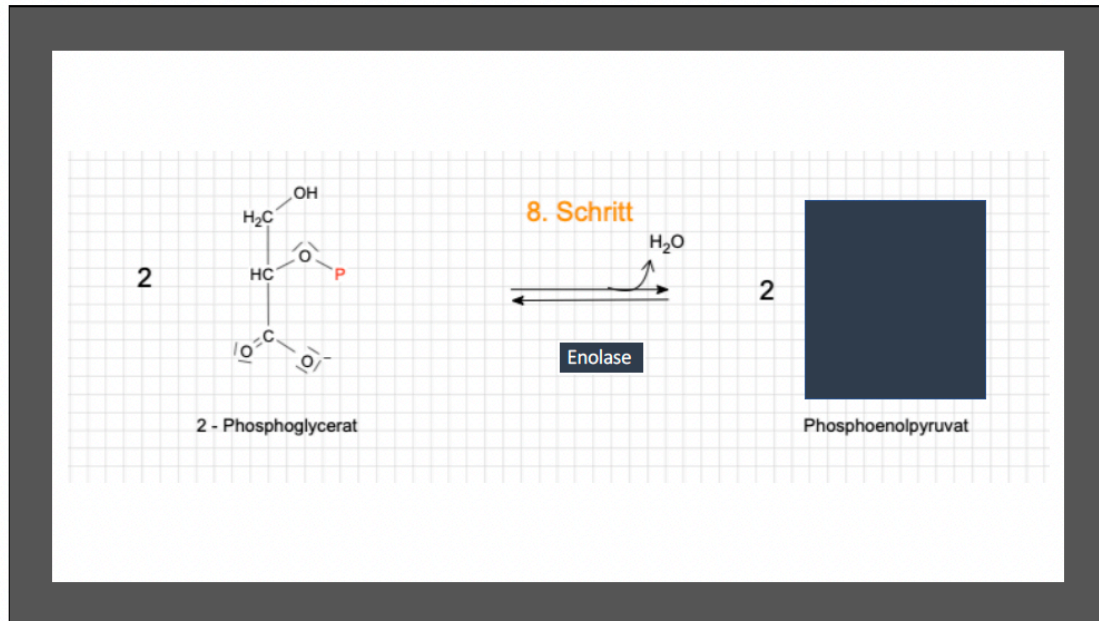
Mutasen sind Enzyme, die eine funktionelle Gruppe innerhalb desselben Moleküls an einen anderen Bindungsort verschieben. Es handelt sich um Enzyme aus der Klasse der Isomerasen.



**Aufgabe:**

Zeichne die Strukturformel des entstandenen Enols.

Enolphosphate besitzen ein hohes Phosphorylgruppenübertragungspotential.

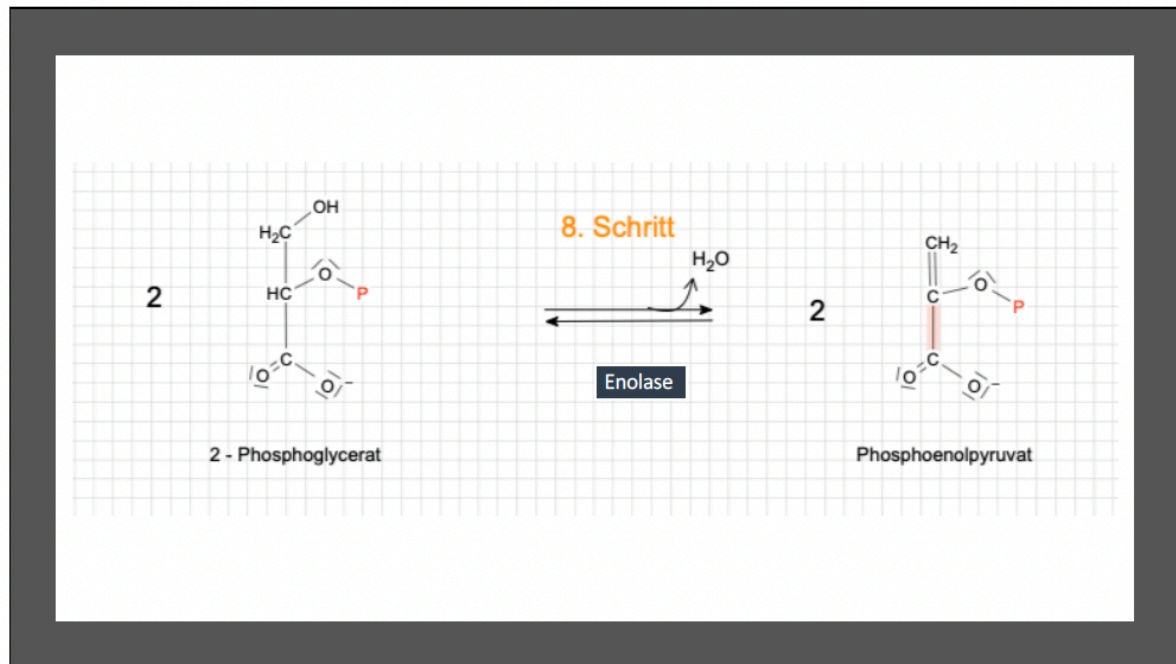


**Aufgabe:**

Zeichne die Strukturformel des entstandenen Enols.

Enolphosphate besitzen ein hohes Phosphorylgruppenübertragungspotential.

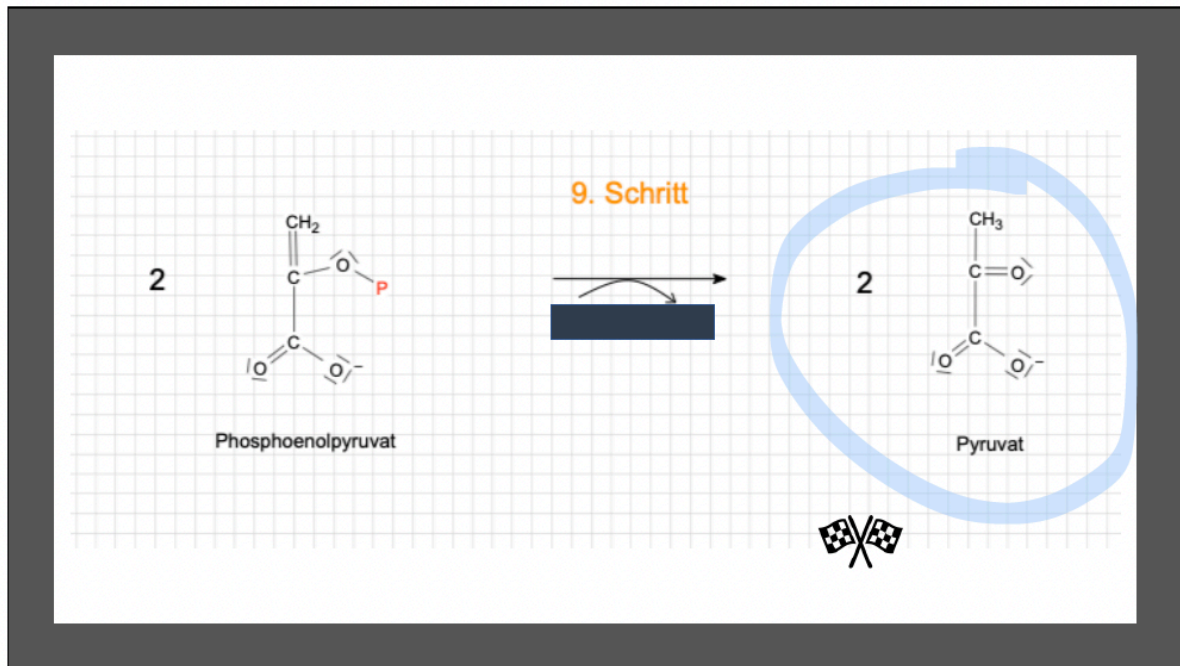




**Aufgabe:**

Zeichne die Strukturformel des entstandenen Enols.

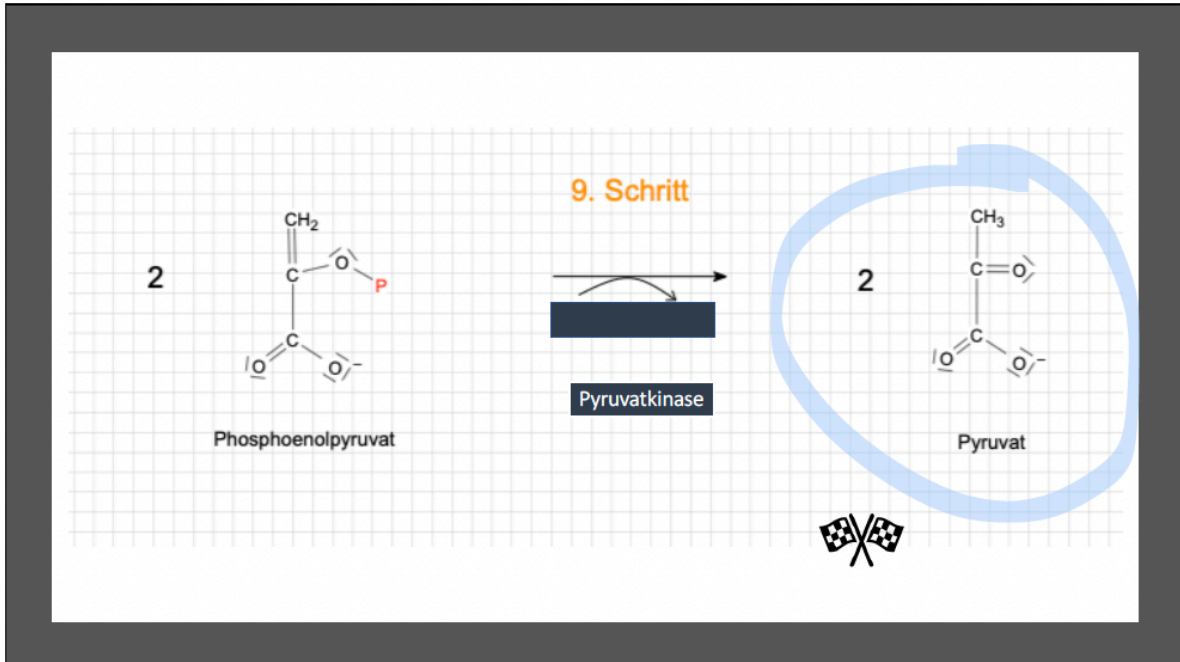
Enolphosphate besitzen ein hohes Phosphorylgruppenübertragungspotential



**Aufgabe:**

Welches Enzym ist hier beteiligt?

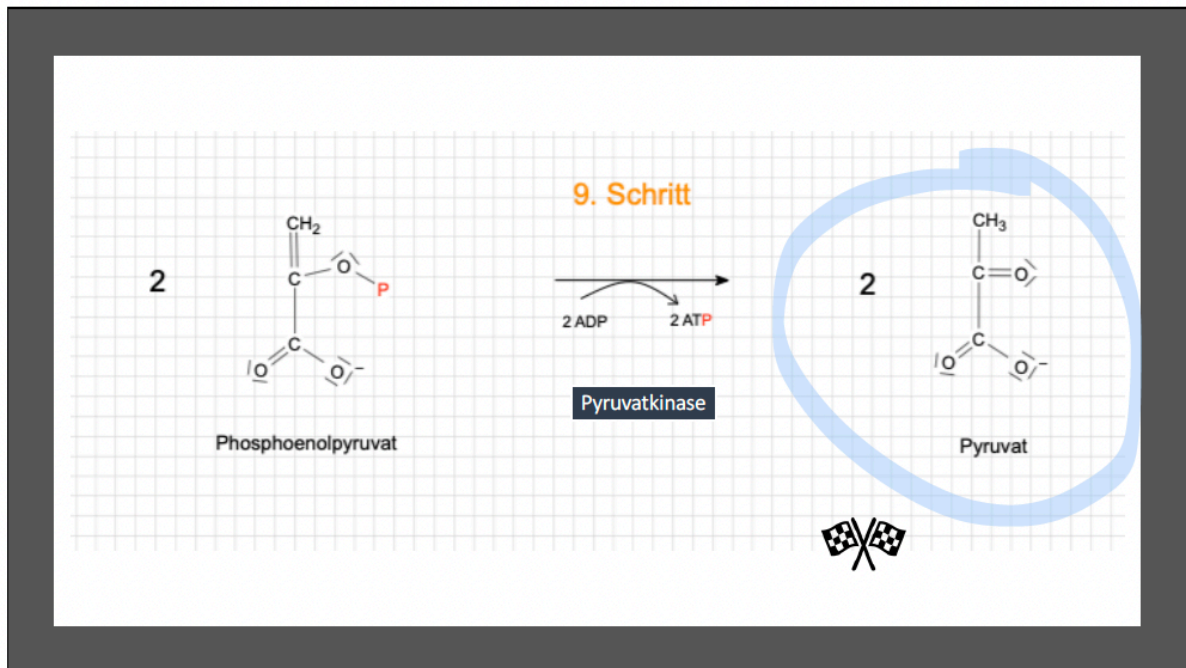
Was entsteht hier noch?



**Aufgabe:**

Welches Enzym ist hier beteiligt?

Was entsteht hier noch?



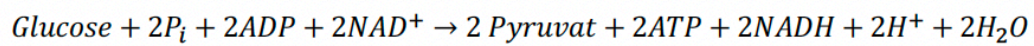
**Aufgabe:**

Welches Enzym ist hier beteiligt?

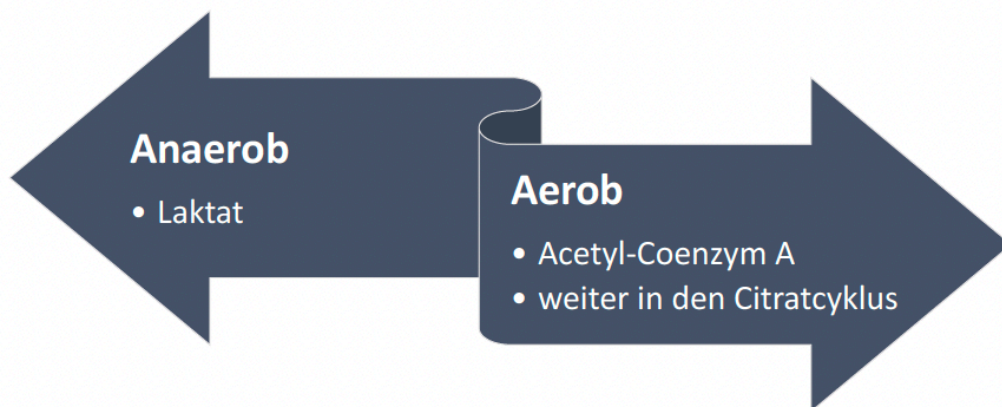
Was entsteht hier noch?

Erstelle nun die  
**Nettogleichung** für diese  
Reaktionsabfolge  
(ausgehend von einem  
Molekül Glucose):

# Nettogleichung



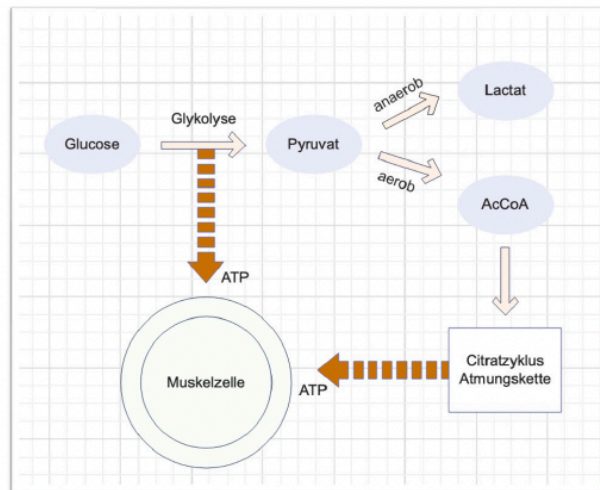
## Die möglichen Wege des Pyruvats



(vgl. Magyar 2013)



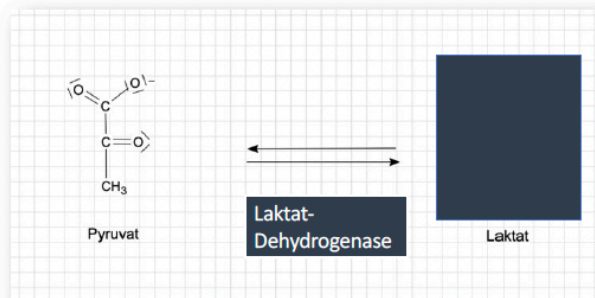
## Ablauf der ATP-Produktion



(vgl. Magyar 2013)

### Anaerobe Verstoffwechslung des Pyruvats

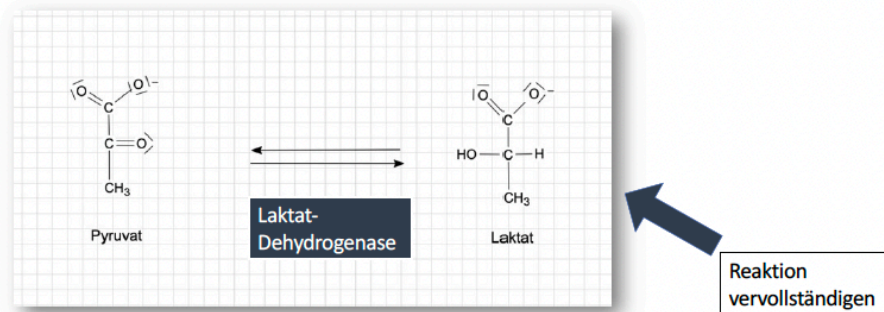
- Damit die Glykolyse immer weiter ablaufen kann muss sichergestellt werden, dass das Reduktionsäquivalent  $\text{NAD}^+$  regeneriert wird.
- Bei hoher körperlicher Aktivität (hoher Muskelbeanspruchung)  $\rightarrow$  Sauerstoff = limitierenden Faktor
- Pyruvat wird durch NADH in Laktat überführt  $\rightarrow$   $\text{NAD}^+$  wird regeneriert



Reaktion vervollständigen

### Anaerobe Verstoffwechslung des Pyruvats

- Damit die Glykolyse immer weiter ablaufen kann muss sichergestellt werden, dass das Reduktionsäquivalent  $\text{NAD}^+$  regeneriert wird.
- Bei hoher körperlicher Aktivität (hoher Muskelbeanspruchung)  
→ Sauerstoff = limitierenden Faktor
- Pyruvat wird durch  $\text{NADH}$  in Laktat überführt →  $\text{NAD}^+$  wird regeneriert



# Anaerobe Verstoffwechslung des Pyruvats



(vgl. Magyar, 2013)

Katharina Haas

46

## Erklärung + hinführen an das nachfolgende Experiment:

Wenn ein Muskel übersäuert ist, bedeutet dies, dass ein Anstieg des Laktat-Spiegels im Blut auftritt. Ein Anstieg des Laktat-Spiegels kann dazu führen, dass das Säure-Base-Gleichgewicht im Blut gestört wird und eine **Milchsäure-Acidose** entsteht. Um dies auszugleichen, muss das respiratorische System die Kohlenstoffdioxidproduktion erhöhen, um den pH-Wert im Blut zu regulieren.

Die Milchsäure, die bei körperlicher Anstrengung durch den anaeroben Stoffwechsel gebildet wird, kann eine Senkung des Blut-pH-Werts bewirken, bei starker körperlicher Anstrengung sogar unter 6,9. Das Blut enthält Puffer, wie das Kohlensäure/Hydrogencarbonat-System, um eine pH-Änderung nicht lebensbedrohlich zu machen. Wenn Milchsäure im Körper produziert wird, werden die Wasserstoffionen von der Pufferbase (Hydrogencarbonat) aufgenommen, was zu einer Abnahme ihrer Konzentration und einer Zunahme der Puffersäure (Kohlensäure) im venösen Blut führt. Der Körper reagiert darauf, indem er das Atemvolumen erhöht, um Kohlenstoffdioxid über die Lunge abzutransportieren und somit dem chemische Gleichgewicht zu entziehen bis das anfängliche Puffersäure-Basen-Verhältnis wieder hergestellt wurde.

# Zellatmung

## Aerobe Verstoffwechslung des Pyruvats

- Unter aeroben Bedingungen können alle weiteren Stoffwechselwege der Zellatmung durchlaufen werden.
- Regeneration von  $\text{NAD}^+$  über die Atmungskette

- Pyruvatoxidation
  - Citratzyklus
  - Atmungskette
- } 30-32 Moleküle ATP

## Reaktionsgleichung der Zellatmung

- $\text{C}_6\text{O}_6\text{H}_{12} + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

(vgl. Magyar, 2013)

Die Zellatmung ist ein kataboler (= abbauender) Stoffwechselweg, bei dem Energie in Form von 30 bis 32 ATP-Molekülen gewonnen wird. Aus Zucker und Sauerstoff entstehen in Redoxreaktionen Kohlenstoffdioxid und Wasser.

Sie setzt sich zusammen aus den Teilprozessen:

- Glykolyse
- oxidative Decarboxylierung (Pyruvatoxidation)
- Citratzyklus
- Atmungskette

### Zur Reaktionsgleichung der Zellatmung:

Der Wasserstoff aus der Glucose wird auf den eingeatmeten Sauerstoff übertragen  $\rightarrow \text{H}_2\text{O}$  entsteht + das  $\text{CO}_2$  wird ausgeatmet.

### Frage:

Warum werden die Elektronen nicht sofort auf den Sauerstoff Übertragen?

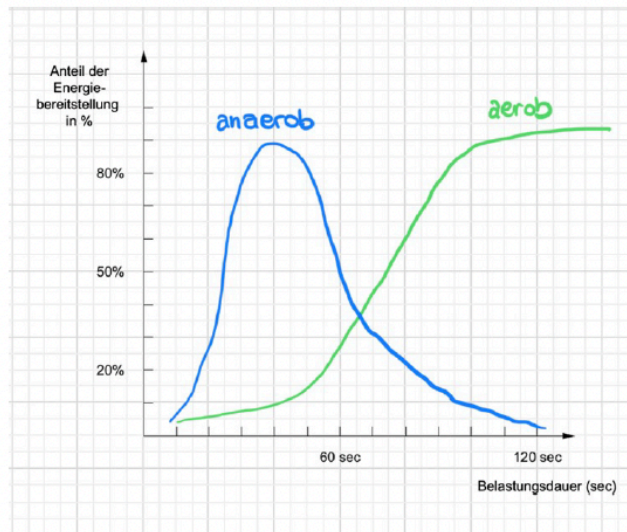
**Antwort:**  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  (Knallgasreaktion)

Wenn diese Reaktion in unseren Zellen ablaufen würde, könnten wir die mit den entstehenden großen Energiemengen nicht umgehen und diese nicht bändigen.

Deshalb muss die Reaktionsenergie kontrolliert und stufenweise abgegeben werden, um den Aufbau von ATP zu ermöglichen (viele katalysierte Einzelschritte ).



## Aerob / anaerobe Energie- bereitstellung



### Anaerob:

Die benötigte Energie steht dabei schnell zur Verfügung, die Energieausbeute ist aber gering, da das Zuckermolekül nicht vollständig zerlegt wird. Es entsteht Milchsäure (Laktat), die schnell zur Ermüdung führt, wenn sie sich verstärkt anhäuft.

### Aerob:

Nur wenn genug Sauerstoff zur Verfügung steht, kann die Glucose vollständig abgebaut werden.

Dieser Vorgang dauert aber deutlich länger( wie man der Grafik entnehmen kann).

Die Energieausbeute ist aber deutlich größer (36-38 Moleküle ATP aus einem Molekül Glucose).

### Was bedeutet das für mich als Sportler?

Beim aeroben Stoffwechsel erzeugt der Körper Energie durch die Verbrennung von Kohlenhydraten (und Fetten) in Gegenwart von Sauerstoff und produziert Kohlendioxid und Wasser. Die meisten unserer täglichen Aktivitäten werden durch den aeroben Stoffwechsel gesteuert.

Der anaerobe Stoffwechsel setzt ein, wenn die Trainingsintensität ein bestimmtes Level übersteigt und das aerobe System nicht mehr den benötigten Energiebedarf des Körpers decken kann. Das ist der Punkt, an dem wir die anaerobe Schwelle überschreiten. Während des anaeroben Stoffwechsels verbrennt der Körper gespeicherten Zucker, um die zusätzlich benötigte Energie zu liefern, und es entsteht schneller Laktat, als es abgebaut werden kann. Muskelbrennen und Leistungsminderung sind die Folge. Dies macht es schwierig, den anaeroben Energieverbrauch länger als ein paar Minuten aufrechtzuerhalten.

Je trainierter man ist, desto länger kann man den Körper mit dem aeroben System versorgen, bevor das anaerobe System übernehmen muss. Man kann seine aerobe Effizienz verbessern - und damit die anaerobe Schwelle verschieben.

Anzeichen:

- Muskeln versteifen – brennendes Gefühl
- Leistungsminderung

### **Beispiel:**

- Wenn wir 45 Sekunden lang in unserem Höchsttempo laufen, beziehen wir etwa 50 % der Energie aus aeroben und 50 % aus anaeroben Quellen.
- Wenn wir 2 Minuten laufen, verwenden wir circa 65% aerobe und 35% anaerobe Energie.
- Bei 4 Minuten sind es circa 80% aerob und 20% anaerob.
- Und bei 15 Minuten wird die benötigte Energie ungefähr zu 95% über aerobe Prozesse und zu 5% über anaerobe Prozesse gewonnen.

Bei der Zeit, die wir brauchen, um 5 km, 10 km, 21 km oder 42 km zu laufen, geht es also in erster Linie um unser aerobes System, um unsere Leistung zu steigern.

Wichtig: Die anaerobe Schwelle ist der Punkt, an dem wir mit unserem aeroben Energiebedarf nicht mehr nachhaltig sind.

Wenn wir also unsere anaerobe Schwelle erhöhen, können wir:

1. unsere Leistung beim Langstreckenlauf deutlich verbessern (Ausdauersport)
2. ein Training bei höherer Intensität absolvieren und trotzdem die Technik aufrecht erhalten (Turnen, Leichtathletik, ...)

### **Wie kann man die aerob-anaerobe Schwelle verschieben?**

- Intervalltraining (Ausdauertraining im aeroben Bereich mit hoch-intensiven Intervallen kombinieren (im Bereich der maximalen Herzfrequenz))
- Das effektivste Training zum Anheben der aerob-anaeroben Schwelle sind

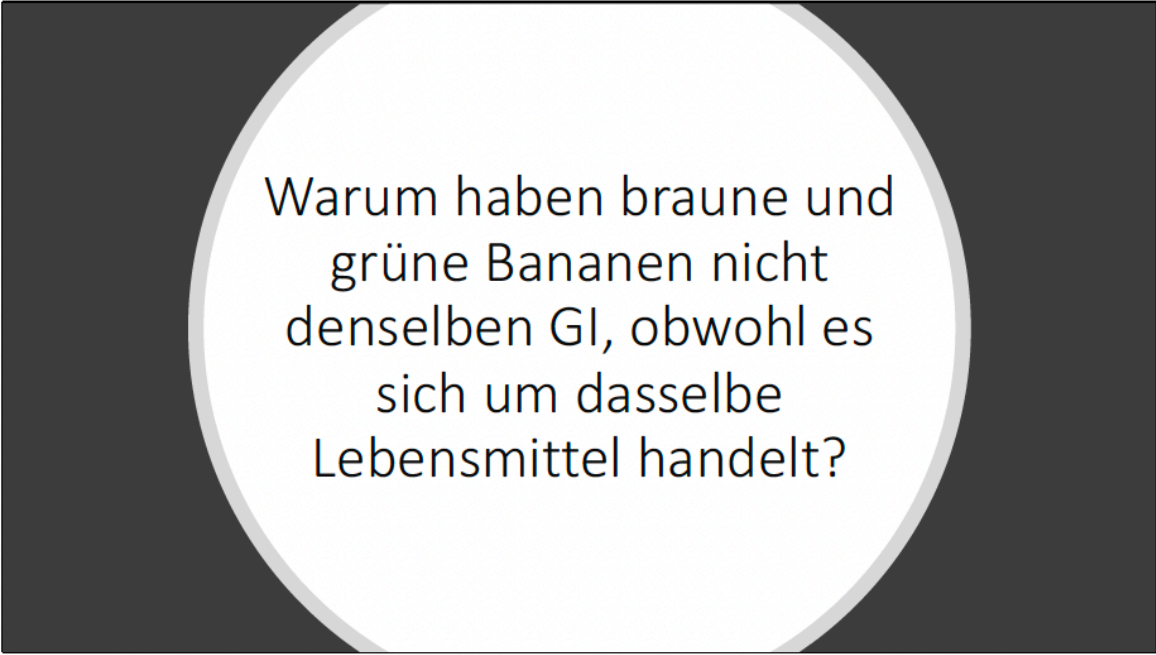


Trainingsläufe knapp unterhalb oder an der Schwelle.

**In Zusammenarbeit mit dem Sportunterricht → Herausfinden der max. Herzfrequenz (bzw. je nach Möglichkeit Identifikation der aerob-anaeroben Schwelle (Berechnung im darauffolgenden Chemieunterricht) – nach Möglichkeit auch Blutlaktatmessung – genauere Bestimmung möglich)**

Pause  
(5 Min.)





Warum haben braune und grüne Bananen nicht denselben GI, obwohl es sich um dasselbe Lebensmittel handelt?

Grüne Bananen enthalten mehr Stärke (Polysaccharide) → Weg von Polysacchariden in die Zelle ist länger (Blutzuckerspiegel wird nicht so rasant beeinflusst)

Braune Bananen → enthalten mehr Glukose (Monosaccharide) → gelangen viel schneller ins Blut

Während der Reifung wird Stärke in Monosaccharide umgebaut.

**Aufgabe:**

Wie hängt das erstellte Schema vom Arbeitsblatt aus UE 1 mit dieser Fragestellung zusammen?

## Die Ernährung im Sport

Sportler\*innen sollen 55-65% ihrer täglichen Energie in Form von KH aufnehmen.



### Faustregel:

Leichte Trainings-einheiten:	täglich 1h Sport:	Täglich bis zu 3h Sport:	Täglich mehr als 3h Sport:
3-5g Kohlenhydrate pro kg Körpergewicht	5-7g KH/ kg KG	6-10g KH / kg KG	8-12g KH / kg KG

(vgl. Braun, 2016)

Kohlenhydratzufuhr soll auf die individuellen Trainingsbedürfnisse angepasst werden.

Seinen individuellen KH-Bedarf notieren!

## Die Ernährung rund um den Wettkampftag

Tage vor dem Wettkampf	Stufe	Vorgehensweise
7 - 4	Entleerung der Glykogenspeicher	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erschöpfende Aktivität</li> <li>- vermehrtes, längeres Training</li> <li>- normale Ernährung</li> </ul>
3 - 1	Kohlenhydratladen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohlenhydratreiche Ernährung</li> <li>- 70-80 % KH-Anteil</li> <li>- normaler Proteinanteil</li> <li>- fettarme Ernährung</li> <li>- Reduzierung des Trainings</li> </ul>
0	Wettkampftag	<ul style="list-style-type: none"> <li>- moderate Kohlenhydratzufuhr</li> <li>- 50-60 % KH-Anteil</li> </ul>

(vgl. Kluthe)

Das Füllen der Glykogenspeicher dauert in der Regel bis zu 48 Stunden. Dafür muss ein gewisses Schema eingehalten werden. In der Praxis wird oftmals die Methode des "Kohlenhydratladens"

(Kohlenhydratsuperkompensation) angewendet. Dadurch kann die ursprüngliche Größe der Glykogenspeicher nochmals um 25-100 % gesteigert werden.

**Wichtig!** Ernährung kann nie auf einen Bestandteil reduziert werden (KH alleine sind nicht verantwortlich für eine gute Leistung – Flüssigkeitsaufnahme, Fette und Proteine, Mineralstoffe, ... spielen auch eine bedeutende Rolle), man muss es immer als Gesamtes betrachten.

Aber man kann die einzelnen Bausteine genauer unter die Lupe nehmen – und daraus lernen.



## Die Ernährung am Wettkampftag - Eckpunkte

Weder hungrig noch mit unverdauter Nahrung im Magen in den Wettkampf starten!

- **3-4 h vor Wettkampfstart**
  - 140-300g Kohlenhydrate (z.B. Brot, Nudeln, Reis, ...)
  - Niedriger GI
  - Fett- und ballaststoffarm
  - Moderater Proteingehalt
  - Ausreichend Flüssigkeit
- **30 min vor Wettkampfstart**
  - Nur noch kleinere Portionsgrößen (1g/ kg KG)
  - Niedriger GI
  - Zu große Portionen → Ansammlung von Blut im Verdauungstrakt  
→ verhindert optimale Durchblutung der Muskeln
  - Zwerchfellatmung behindert
- **Nicht auf nüchternen Magen starten**
  - Mangelnde Aufnahme von Kohlenhydraten → Absinken des Blutzuckerspiegels → Leistungsfähigkeit sinkt
  - Ziel: Blutzucker zwischen 70-100 mg/dl bzw. 3,9-5,5 mmol/l .

(Soosten, 2014)

**Lebensmittelwahl:** Vertraute und persönlich gut verträgliche Lebensmittel

Der GI spielt gerade für Ausdauersportler eine zunehmend wichtigere Rolle. Je nachdem ob sich Sportler in Trainings- oder Wettkampfphasen befinden, sind unterschiedliche Kohlenhydrate sinnvoll. Ausdauersportler sollten während des Wettkampfes vor allem Lebensmittel mit einem hohen oder mittleren GI zu sich nehmen, um eine schnelle Energiebereitstellung zu gewährleisten. Nach dem Sport helfen Kohlenhydrate mit einem hohen GI die Energiereserven wieder aufzufüllen. Für eine Mahlzeit etwa 30 bis 60 Minuten vor dem Wettkampf, werden Lebensmittel mit einem niedrigen GI empfohlen, da dadurch eine gleichmäßige und langanhaltende Versorgung mit Energie gewährleistet ist und der Glykogenspeicher gefüllt ist.

## Die Ernährung während des Wettkampfes

- Bei **Sportarten mit Pause(n)**, oder mehreren Einsätzen am Tag:
  - Verlust von Flüssigkeit, Mineralstoffen und Kohlenhydraten in Pause kompensieren
  - Blutglukosespiegel aufrecht halten → Leistungsfähigkeit bewahren (leistungsbeeinflussend ab 60 min)
  - Bsp. durch geeigneten Sportgetränk oder Aufnahme leicht verdaulicher Kohlenhydrate (z. B. Banane)
  - Bei Belastungen ab 70 min kann ein **stündlicher** Verzehr **von 30 bis 50g Kohlenhydraten** die ausdauernde Leistungsfähigkeit verbessern.
  - Hoher – mittlerer GI
- Der Ausgleich der **Flüssigkeitsaufnahme** spielt bei einer Belastung ab 45 min. eine wichtig Rolle:
  - Es wird empfohlen, **alle 15 min. ~ 200 ml** Flüssigkeit aufzunehmen

(Soosten, 2014)

**Ernährungsbedingte Fehler** in der Vorbereitungsphase lassen sich **nicht** am Tag des Wettkampfs **kompensieren!**

Erstelle deinen persönlichen Ernährungsplan für deinen nächsten Wettkampftag

- Erwinnere dich dabei an deinen letzten Wettkampf:
  - Wie habe ich mich beim letzten Wettkampf ernährt?
  - Was habe ich an Lebensmitteln wann zu mir genommen?
  - Wie wurde mein Blutzuckerspiegel beeinflusst (über GI bzw. GL eruieren)?
- Verwende dafür die Tabelle für den Glykämischen Index bzw. die Glykämische Last bestimmter Lebensmittel.



(Müller, 2023)



## Quellenverzeichnis

- Braun, H. (2016). Die Besonderheiten der Ernährung im Leistungssport – von Freizeit- bis zu Hochleistungsaktivitäten. *Sportverletz Sportschaden*, 30, 153. <https://doi.org/10.1055/s-0042-110450>
- Kluthe, B. Sporternährung-Wettkampf. DEBnet Deutsches Ernährungsberatungs- & informationsnetz. <https://www.ernaehrung.de/tipps/sport/wettkampf-workout-nutrition.php>
- Magyar, R., Liebhart, W., & Jelinek, G. (2013). EL-MO : Elemente und Moleküle. In EL-MO / DUA (pp. 1 CD-ROM, 12 cm, in Behältnis 19 x 14 x 12 cm). Wien: Österr. Bundesverl. Schulbuch.
- Soosten, J. v. (2014). Sport und Ernährung: Ernährungsformen sowie Leistungsphysiologische und medizinische Grundlagen.
- Müller, D. (2023). Glykämischer Index. Retrieved from <https://www.villavita-med.de/downloads/provita-glykaemischer-index.pdf>

## Fragebogen Expert\*innenrating

Liebe Kolleg\*innen,

100% (1/1)

Im Zuge meiner Masterarbeit beschäftige ich mich mit dem Thema "Fächerübergreifender Unterricht" in den beiden Fächern Bewegung und Sport und Chemie. Hierzu habe ich eine dreiteilige Unterrichtsreihe zum Thema Ernährung im Sport erstellt.

Wichtig: Die Unterrichtsreihe bezieht sich auf Schüler\*innen eines Sportgymnasiums in der zwölften Schulstufe (Sekundarstufe II).

Bitte beantworten Sie die Fragen erst, wenn Sie die Unterrichtsreihe, welche ich Ihnen in einem Extra-Dokument namens "Konzeptentwurf-Wie kann ich meine Leistungsfähigkeit im Wettkampf verbessern?" mitgesendet habe, gelesen haben.

Alle Daten werden anonym erhoben und vertraulich behandelt.

Vielen herzlichen Dank für Ihre Teilhabe und ihre Hilfe zum Abschluss meiner Masterarbeit!

Mit freundlichen Grüßen,

Katharina Haas

**In welchem Dienstjahr befinden Sie sich momentan?**

Zahl

**Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.**

☐ Männlich

☐ Weiblich

☐ Divers

**Unterrichten Sie an einem Sportgymnasium?**

☐ Ja

☐ Nein

### Welches Zweitfach haben Sie studiert?

Mehrfachauswahl möglich (Dritt-/Viertfach)

- ☐ Bewegung und Sport
- ☐ Biologie und Umweltkunde
- ☐ Sprachen
- ☐ Darstellende Geometrie
- ☐ Deutsch
- ☐ Ethik
- ☐ Religion
- ☐ Geographie und Wirtschaftliche Bildung
- ☐ Geschichte und Politische Bildung
- ☐ Haushaltsökonomie und Ernährung
- ☐ Informatik
- ☐ Inklusive Pädagogik
- ☐ Mathematik

- ☐ Physik
- ☐ Ein anderes Fach

## Allgemeine Fragen

Bewerten Sie von **1 = trifft nicht zu** bis **5 = trifft zu (Schieberegler)**

Trifft nicht zu

Trifft zu

Das Thema der dreistufigen Unterrichtsreihe ist für die Schüler\*innen von subjektiv hoher Bedeutung.

Die Unterrichtsreihe ist klar strukturiert.

Die Unterrichtsreihe ist gut auf das Altersniveau angepasst.

Die Unterrichtsreihe berücksichtigt wesentliche Lehrplaninhalte.

Die Unterrichtsreihe ist darauf aufgebaut einen Motivationstransfer von dem beliebten Fach Sport, auf das eher unbeliebte Fach Chemie herzustellen.

Die Unterrichtsreihe zielt auf die Entwicklung der angeführten Handlungskompetenzen ab.

Die Unterrichtsreihe hilft den Schüler\*innen ihre individuelle Leistungsfähigkeit im Wettkampf zu verbessern.

Die Unterrichtsreihe lässt sich dem zeitlichen Ausmaß nach gut in den Regelunterricht einbinden.

## Material/Medien und Methode

Bewerten Sie von **1 = trifft nicht zu** bis **5 = trifft zu (Schieberegler)**

Die entwickelten Unterrichtsmaterialien sind der Altersgruppe entsprechend gestaltet.

Die entwickelten Unterrichtsmaterialien sind sehr ansprechend gestaltet.

Die einzelnen Arbeitsaufträge sind verständlich formuliert.

Die Unterrichtsreihe weist eine hohe Methodenvielfalt auf.

Die Erstellung eines persönlichen Ernährungsplans für den Wettkampftag empfinde ich als zielführend.

Die Unterrichtsreihe weist einen roten Faden auf.

## Gestaltung der Unterrichtsreihe

Bewerten Sie von **1 = trifft nicht zu** bis **5 = trifft zu (Schieberegler)**

Die Unterrichtsreihe ist schüler\*innenzentriert gestaltet.

Die Unterrichtsreihe gibt den Schüler\*innen die Möglichkeit eigenverantwortlich und selbstständig zu arbeiten.

Die Unterrichtsreihe festigt regelmäßig neue Erkenntnisse.

Durch die Unterrichtseinheit wird ein ausreichender Alltagsbezug geschaffen.

Die Unterrichtsreihe fördert das Verständnis biochemischer Vorgänge und deren direkte Auswirkung auf den Körper.

Die Unterrichtsreihe bietet Ansatzpunkte für die direkte Anwendung des Wissens im sportlichen Alltag.

**Ist etwas unklar geblieben?**  
**Wollen Sie mir noch etwas mitteilen?**

Textfeld

Ihre Antwort

**Beenden >**

## Überarbeitetes Unterrichtskonzept

<b>Klasse:</b>	8.Klasse (Sportgymnasium)	<b>Name:</b>	Katharina Haas
<b>Anzahl Schüler*innen:</b>	25	<b>Zeit- spanne:</b>	200 min (4 UE)
		<b>Bemerkung:</b>	Vierteilige Unterrichtsreihe (200 Minuten)

<b>Themen der Unterrichtsreihe:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlenhydratverdauung</li> <li>• Blutzuckerspiegel – Hormone</li> <li>• Glykämischer Index – Glykämische Last</li> <li>• Zellatmung</li> <li>• Glykolyse</li> <li>• Wege des Pyruvats – aerobe und anaerobe Energiebereitstellung</li> <li>• Respiratorische Kompensation einer Milchsäure-Acidose Ernährung am Wettkampftag</li> <li>• Ernährungsplan erstellen</li> </ul>
<b>Vorwissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemisches Gleichgewicht</li> <li>• Reduktion/Oxidation</li> <li>• Säure-Basen-Reaktionen</li> <li>• Puffersysteme</li> <li>• Kohlenhydrate (Einteilung, Struktur, Benennung, Vertreter)</li> <li>• Organische Chemie (Grundlagen, Benennung, Reaktionen der Kohlenwasserstoffe, organische Verbindungen mit Hetero-Atomen)</li> </ul>

## Rasterplanung Unterrichtseinheit 1 von 4:

Zeit	Unterrichts- phase	Aufgabe/ Inhalt	Sozial- form	Medien/ Material	Didaktisch- methodischer Kommentar
10 Min.	Einstieg: Wiederholung	<p><b>Wiederholung Kohlenhydrate:</b> Einteilung/Aufbau/Struktur/Vertreter/Wirkung</p> <p>Die Schüler*innen sollen anhand einer Zuordnungsaufgabe ihr Wissen über Kohlenhydrate auffrischen. Dabei müssen sie verschiedene Aussagen und Vertreter zur richtigen Kohlenhydrat-Gruppe zuordnen. (Aufgabe 1 am Arbeitsblatt)</p>	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handy</li> <li>• Arbeitsblatt</li> </ul>	<p>Wissen auffrischen und wieder ins Gedächtnis rufen.</p> <p>Gute Anknüpfungsgrundlage schaffen, um neues Wissen darauf aufzubauen.</p>
5 Min.	Fragen klären	Klärung etwaiger Fragen zur Zuordnungsaufgabe.	Plenum Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handy</li> <li>• Beamer + Laptop</li> <li>• Arbeitsblatt</li> </ul>	<p>Gemeinsamer Check des Wissens → sodass etwaige Fragen geklärt werden können.</p> <p>Sicherstellen, dass alle auf dem annähernd selben Ausgangslevel stehen.</p>
15 Min.	Arbeitsauftrag: Kohlenhydratverdauung	<p>Die Schüler*innen bekommen ein Arbeitsblatt zum Thema <b>Kohlenhydratverdauung</b> mit einer Aufgabenstellung sowie einer Tabelle zum Strukturieren des erworbenen Wissens ausgeteilt.</p> <p>Die Aufgabenstellung wird gemeinsam besprochen und Fragen geklärt.</p>	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt</li> <li>• Stift</li> <li>• Evtl. Chemie-Mappe/Heft</li> </ul>	<p>Informationen aus einem Sachtext herauslesen, sortieren und strukturieren.</p>



5 Min.	Abgleich und Erklärung des erstellten Schemas	<p>Austausch mit dem Sitzpartner: gemeinsames Durchbesprechen des Schemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wieso habe ich jenes Schema gewählt?</li> <li>• Was habe ich mir bei den einzelnen Schritten gedacht?</li> <li>• Habe ich eventuell etwas Wichtiges vergessen?</li> </ul>	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt</li> <li>• Stift</li> <li>• Evtl. Chemie-Mappe/ Heft</li> </ul>	Gemeinsames Reflektieren der erstellten Übersicht. Durch das Erklären der eigenen Schritte erfolgt ein weiterer Reflexionsschritt.
10 Min.	Erarbeitung: GI und GL	<p>Kurze stichwortartige Zusammenfassung im Heft:</p> <p>Was besagt der <b>glykämische Index</b>?</p> <p>Unterschied glykämischer Index/glykämische Last? (inkl. Berechnung)</p>	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulbuch (Elmo) S. 263</li> <li>• Stift</li> <li>• Chemie-Mappe/ Heft</li> </ul>	Bei Fragen in erster Linie Sitzpartner oder ansonsten Lehrkraft um Hilfe bitten.
5 Min.	Aufgabenstellung	<p>Am Ende der Einheit wird noch eine Frage in den Raum geworfen:</p> <p>„Warum haben braune und grüne Bananen nicht denselben GI, obwohl es sich um dasselbe Lebensmittel handelt?“</p>	Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulbuch (Elmo) S.263</li> </ul>	Gemeinsam nach einer Lösung suchen und diskutieren. Eben erworbenes Wissen anwenden → Überprüfung

## Rasterplanung Unterrichtseinheit 2 von 4:

Zeit	Unterrichtsphase	Aufgabe/ Inhalt	Sozialform	Medien/ Material	Didaktisch-methodischer Kommentar
~50 Min.	Hauptteil: Glykolyse	<p><b>Glykolyse – Mechanismus</b></p> <p>(Hier wird auf das gesamte Wissen der letzten beiden Jahre Chemie zurückgegriffen) → hohe Bedeutung des Gelernten der letzten Jahre verdeutlichen.</p> <p>Dabei wird die erstellte PPP (siehe Anhang) durchbesprochen. In den Notizen der PPP befinden sich etwaige Aufgabenstellungen sowie Hintergrundinformationen und Erklärungshinweise zu den jeweiligen Folien.</p>	Frontal abwechselnd mit: Unterrichtsgespräch sowie Einzel- und Partnerarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 1-40)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> <li>• Tafel</li> <li>• Stift</li> <li>• Chemie-Mappe/ Heft</li> </ul>	<p>Wichtig ist, das Tempo so zu wählen, dass möglichst alle Schüler*innen den Inhalten folgen können.</p> <p>→ Wichtig: alle Schüler*innen in das Unterrichtsgespräch miteinbinden. Aktivität aller gewährleisten → auch Individualaufgaben vorhanden (siehe Notizen in PPP)</p>

### Rasterplanung Unterrichtseinheit 3 von 4:

Zeit	Unterrichtsphase	Aufgabe/ Inhalt	Sozialform	Medien/ Material	Didaktisch-methodischer Kommentar
10 Min.	Praxisbezug	<p><b>Aerobe und anaerobe Energiebereitstellung</b></p> <p>:</p> <p>Was bedeutet das für mich als Sportler?</p> <p>Wie kann man als Sportler die aerob-anaerobe Schwelle erhöhen?</p> <p>(Genauere Informationen in Notizen der PPP)</p>	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 42-48)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> </ul>	<p>Aerob-anaerobe Schwelle in Zusammenarbeit mit dem Sportunterricht bestimmen (<b>Fächerverknüpfung möglich</b>) → Herausfinden der maximalen Herzfrequenz oder nach Möglichkeit eine Blutlaktatmessung durchführen → Berechnung im Anschluss im Chemieunterricht</p>
5 Min.	Vorbereitung Experiment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppeneinteilung (2er-4er Gruppen)</li> <li>• Sicherheitsmaßnahmen (Labormantel und Schutzbrille, Haare zurückgebunden)</li> <li>• Durchbesprechen der Arbeitsschritte</li> </ul>	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 49)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> <li>• Versuchsanleitung</li> <li>• Labormantel</li> <li>• Schutzbrille</li> </ul>	Vorbereitung aller Chemikalien und Geräte im Vorfeld

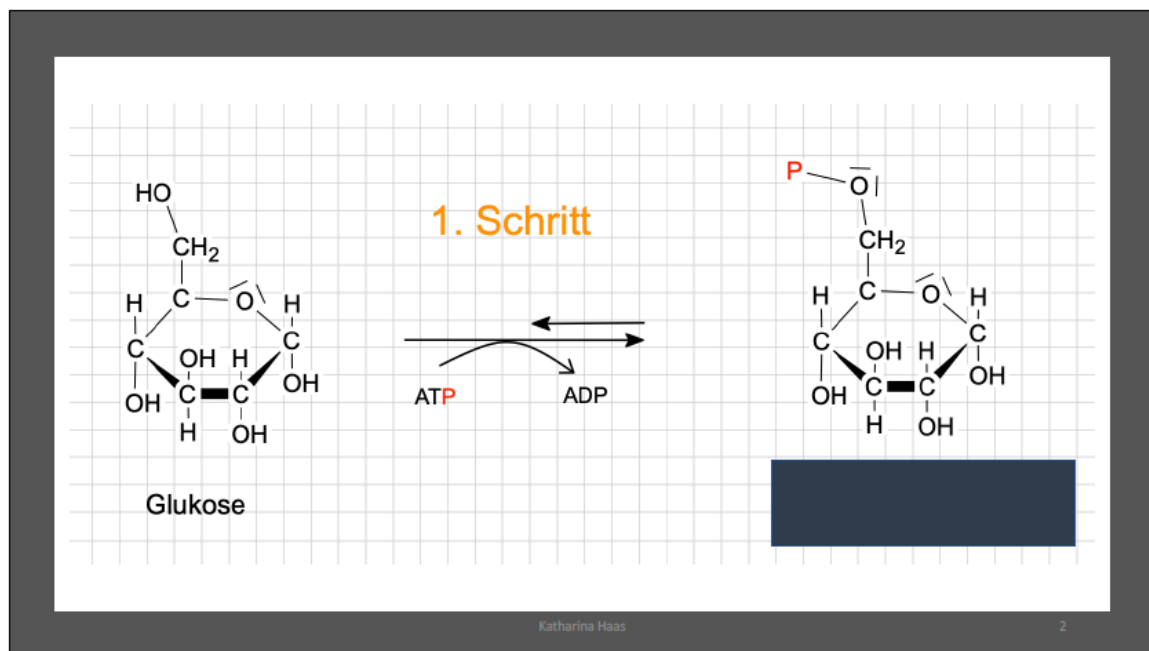
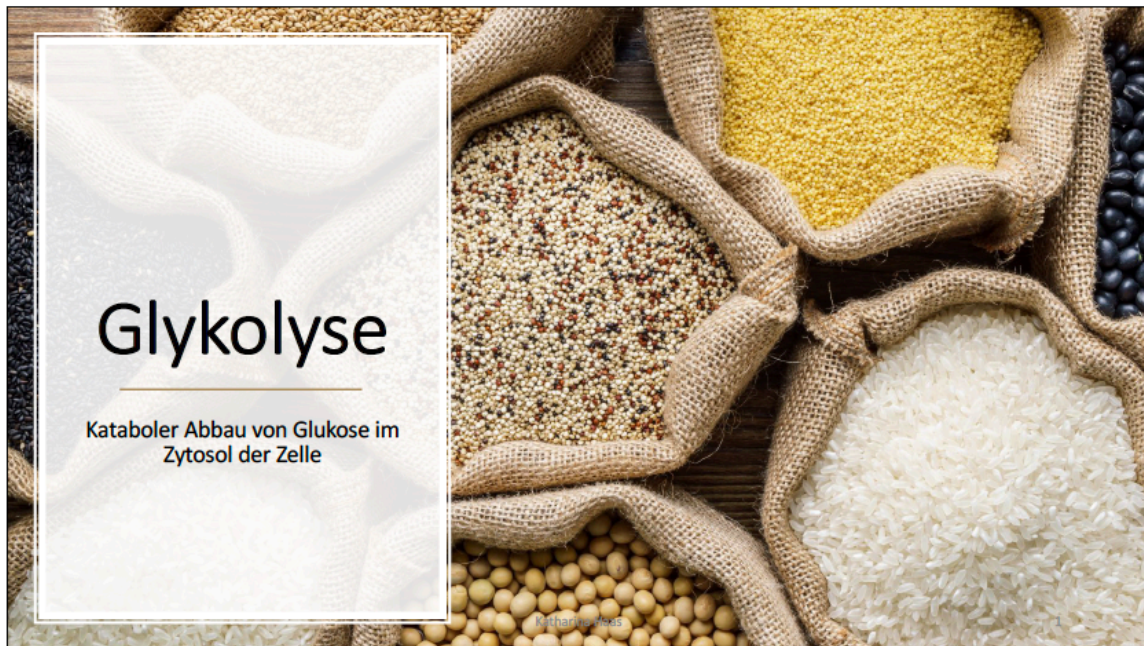
25 Min.	Durchführung Experiment	<p><b>Experiment:</b> Respiratorische Kompensation einer Milchsäure-Acidose</p> <p>Veranschaulichung des Puffersystems im Blut bei Laktatproduktion im anaeroben Stoffwechselbereich.</p> <p>Dazu wird ein Modell- Blutpuffer hergestellt und Milchsäure zugesezt, was den pH- Wert senkt. Durch starkes Rühren wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt und der pH- Wert kehrt wieder zu seinem ursprünglichen Wert zurück.</p>	Gruppen- arbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 49)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> <li>• Versuchs anleitung</li> <li>• Chemi- kalien</li> <li>• Labor- mantel</li> <li>• Schutz- brille</li> </ul>	<p>Umgang mit starken Säuren betonen! Vorsichtig arbeiten und Schutzmaßnahmen beachten: Schutzbrille und Labormantel müssen während des Experiments getragen werden und dürfen erst abgenommen werden, wenn alle Chemikalien entsorgt wurden und der Platz gereinigt wurde. Appell an Schüler: Keine Angst, aber bewusst und vorsichtig arbeiten.</p>
5 Min.	Wegräumen Experiment	<p>Zügiger Abbau des Experimentes, Entsorgung der Chemikalien und Reinigen der Arbeitsgeräte und des Arbeitsplatzes</p>	Gruppen- arbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labor- mantel</li> <li>• Schutz- brille</li> </ul>	<p>Die Schüler*innen sollen die Verantwortung für den Abbau innerhalb der Gruppe aufteilen.</p>

5 Min.	Besprechung Experiment	<p>Was zeigt uns dieser Versuch? Warum haben wir diesen Versuch durchgeführt?</p> <p>Ein Modell-Blutpuffer wird hergestellt und Milchsäure zugesetzt, was den pH-Wert senkt. Durch starkes Rühren wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt und der pH-Wert kehrt wieder zu seinem ursprünglichen Wert zurück.</p> <p>Hausaufgabe: Protokoll anfertigen. + Fragen beantworten.</p>	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsanleitung</li> </ul>	<p>Ergebnisse gemeinsam besprechen und reflektieren. Bezug zu den Vorgängen im menschlichen Körper herstellen, um ein besseres Verständnis der Chemie und ihrer Bedeutung für den Körper zu vermitteln. Anforderungen für das zu verfassende Protokoll durchgehen.</p>
-----------	---------------------------	---	---------------------	---	--

### Rasterplanung Unterrichtseinheit 4 von 4:

Zeit	Unterrichtsphase	Aufgabe/ Inhalt	Sozialform	Medien/ Material	Didaktisch-methodischer Kommentar
5 Min.	Einstieg: Anknüpfen an Einheit 1	Aufgreifen der Fragestellung am Ende der Einheit 1: „Warum haben braune und grüne Bananen nicht denselben GI, obwohl es sich um dasselbe Lebensmittel handelt?“  Wie hängt das erstellte Schema vom Arbeitsblatt aus UE 1 mit dieser Fragestellung zusammen?	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folie 51)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> </ul>	Erklärungen sammeln und eine fachlich korrekte Antwort finden.
10 Min.	Informationsphase	Wichtige Eckpunkte für die <b>Ernährung am Wettkampftag</b> .	Frontal + Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folien 52-55)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> </ul>	Grundlage für die nachfolgende Erarbeitungsphase schaffen → sehr praxisnahe
25 Min.	Erarbeitungsphase	<b>Erstellung eines persönlichen Ernährungsplans:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie habe ich mich beim letzten Wettkampf ernährt?</li> <li>• Was habe ich an Lebensmitteln wann zu mir genommen? → Wie wurde mein Blutzuckerspiegel beeinflusst (über GI bzw. GL eruieren)?</li> </ul>	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (Folien 56)</li> <li>• Beamer + Laptop</li> <li>• Handy mit Tabelle für glykämischen Index/glykämische Last</li> <li>• Stift</li> </ul>	Motivation aufgrund der individuell hohen Bedeutung groß.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie würde für mich die perfekte Ernährung aussehen (angepasst an meine individuellen Bedürfnisse)?</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemie-Mappe/Heft</li> </ul>	
10 Min.	Präsentation der Ergebnisse	<p>Freiwillige Personen stellen ihren Ernährungsplan vor.</p> <p>Diskussion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf was kommt es an?</li> <li>• Begründung der Lebensmittelwahl</li> <li>• Verteidigung des Ernährungsplans</li> </ul>	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemie-Mappe/Heft</li> </ul>	Die anderen Personen vergleichen ihre Aufzeichnungen und stellen Fragen bzw. machen sich Notizen über bestimmte Anpassungs-ideen.



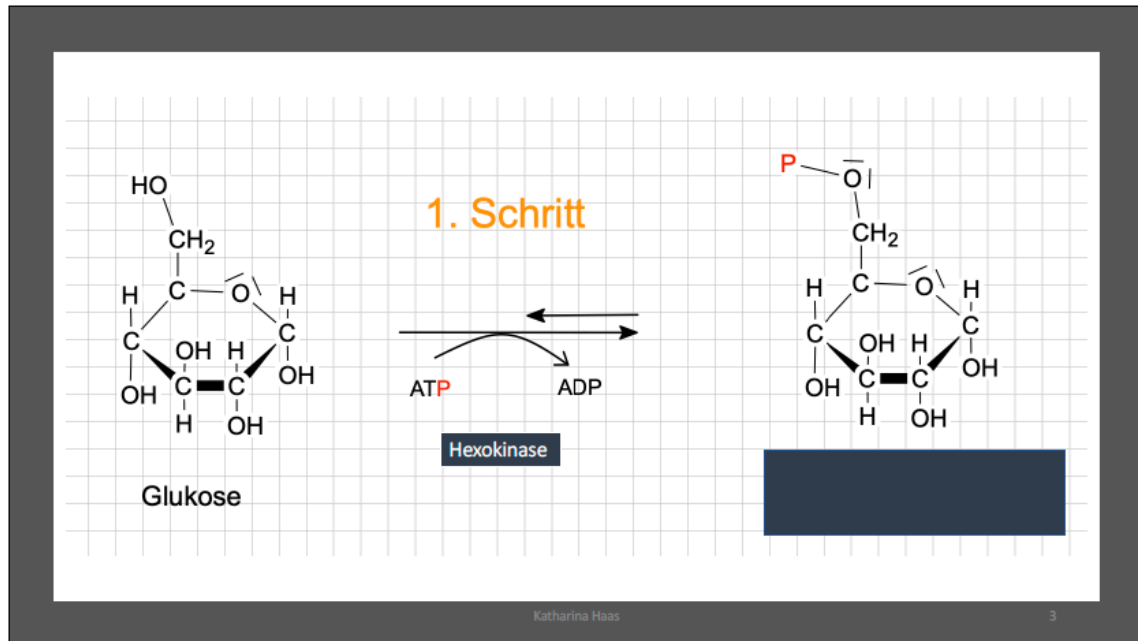
**Erklärung:**

Hexokinase: Phosphoryliert Hexosen (Zucker mit 6 [Hex] C-Atomen – wie Glukose) - Kinase:  
Enzym das posphoryliert/dephosphoryliert – Ase = Endung für Enzyme

**Aufgabe:**

Benenne das entstehende Produkt!



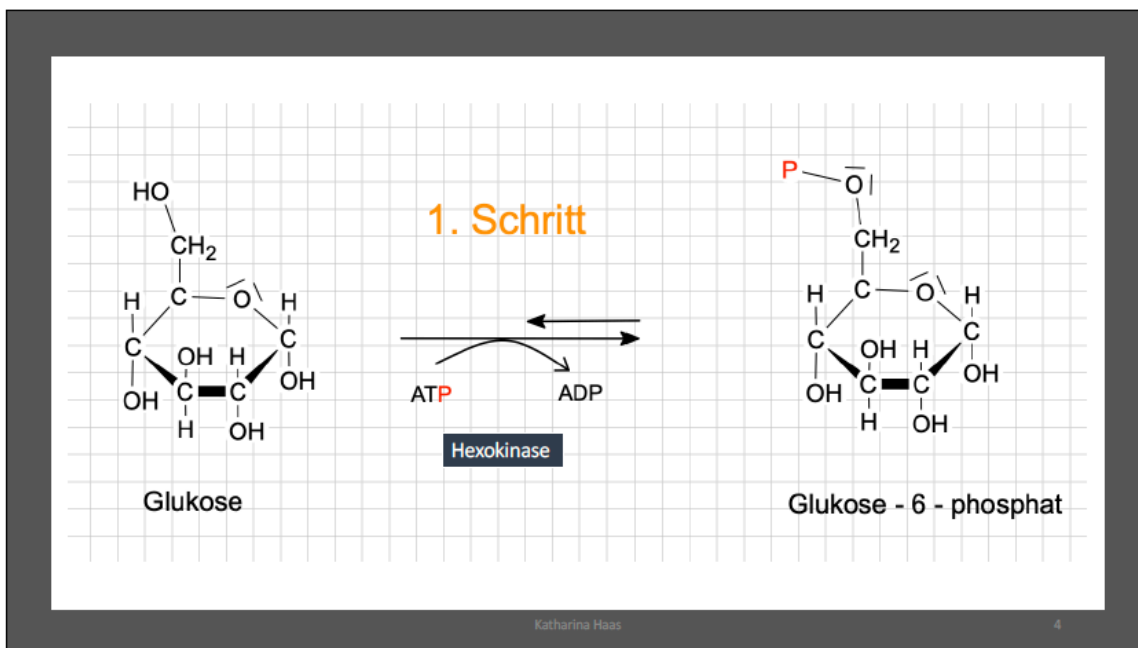


**Erklärung:**

Hexokinase: Phosphoryliert Hexosen (Zucker mit 6 [Hex] C-Atomen – wie Glukose) - Kinase: Enzym das posphoryliert/dephosphoryliert – Ase = Endung für Enzyme

**Aufgabe:**

Benenne das entstehende Produkt!



**Erklärung:**

Hexokinase: Phosphoryliert Hexosen (Zucker mit 6 [Hex] C-Atomen – wie Glukose) - Kinase: Enzym das posphoryliert/dephosphoryliert – Ase = Endung für Enzyme

**Aufgabe:**

Benenne das entstehende Produkt!

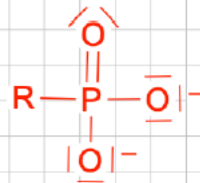
# Glykolyse

Schritt 1
Schritt 2
Schritt 3
Schritt 4
Schritt 5
Schritt 6
Schritt 7
Schritt 8
Schritt 9



Katharina Haas

Zur Vereinfachung wird „P“ verwendet.

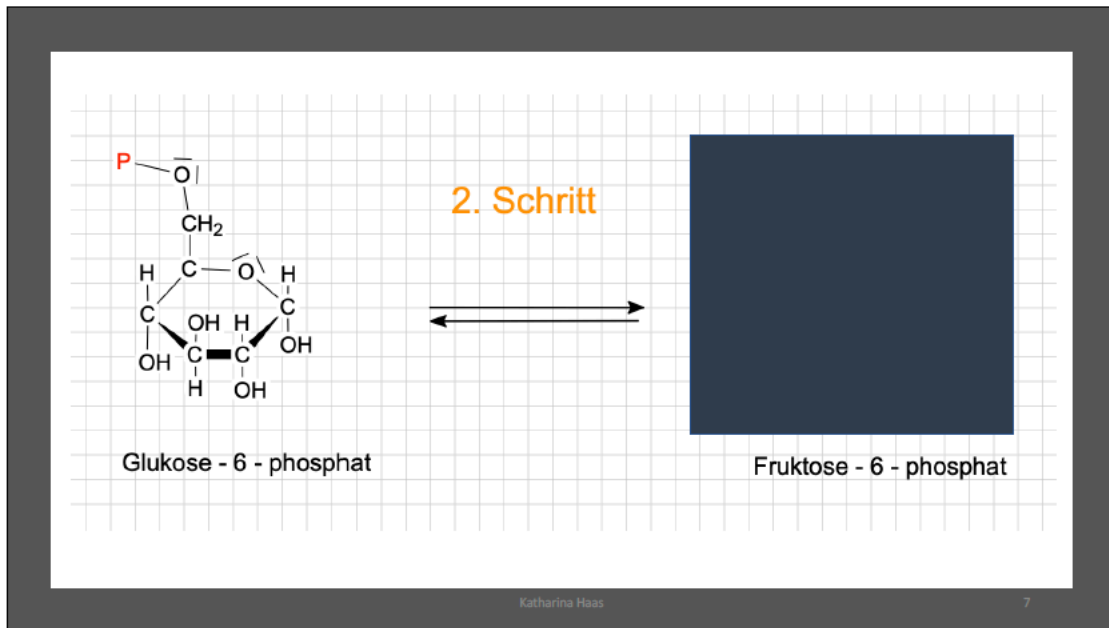


Katharina Haas

6

## Hinweis:

$PO_3^{2-}$  Darstellung ist ungewöhnlich und der Formel geschuldet → man spricht eigentlich von  $P = PO_4^{3-}$  ( $R=O$ )

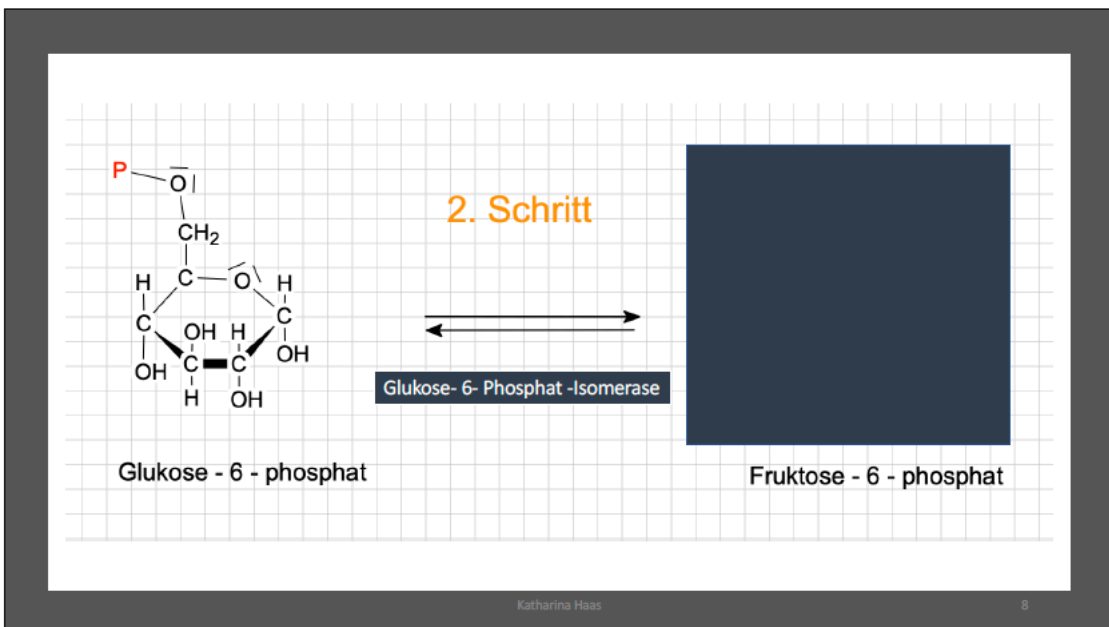


**Erklärung:**

Glukose- 6- Phosphat- Isomerase: Isomerisiert Glukose 6- Phosphat  
 Isomere: Gleiche Summenformel → andere Struktur

**Aufgabe:**

Wie lautet die Strukturformel von Fruktose- 6- phosphat?

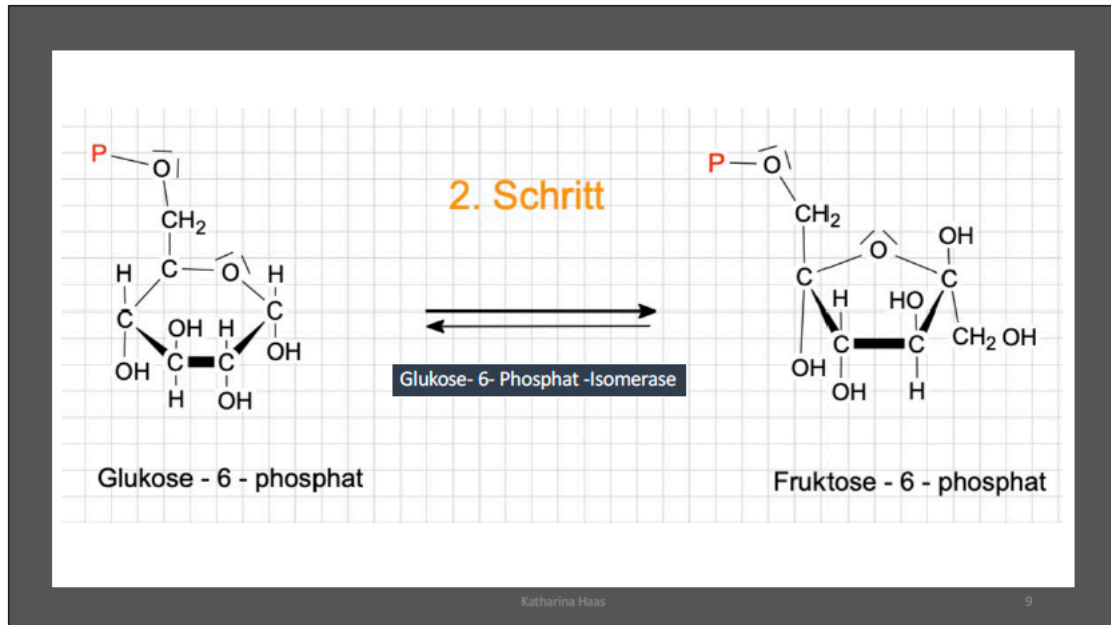


**Erklärung:**

Glukose- 6- Phosphat- Isomerase: Isomerisiert Glukose 6- Phosphat  
 Isomere: Gleiche Summenformel → andere Struktur

**Aufgabe:**

Wie lautet die Strukturformel von Fruktose- 6- phosphat?



**Erklärung:**


Glukose- 6- Phosphat- Isomerase: Isomerisiert Glukose 6- Phosphat  
 Isomere: Gleiche Summenformel → andere Struktur


**Aufgabe:**

Wie lautet die Strukturformel von Fructose- 6- phosphat?

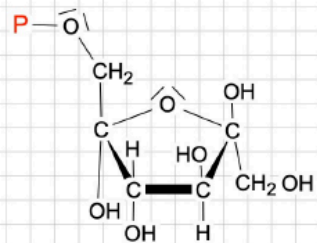
## Glykolyse

Schritt 1
Schritt 2
Schritt 3
Schritt 4
Schritt 5
Schritt 6
Schritt 7
Schritt 8
Schritt 9





Katharina Haas



Fructose - 6 - phosphat

3. Schritt

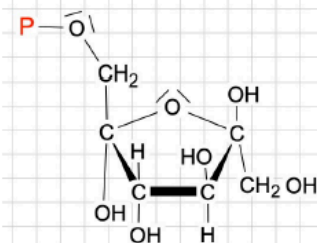


Katharina Haas

11

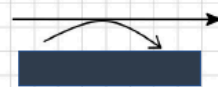
**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?  
Was passiert bei dieser Reaktion?



Fructose - 6 - phosphat

3. Schritt



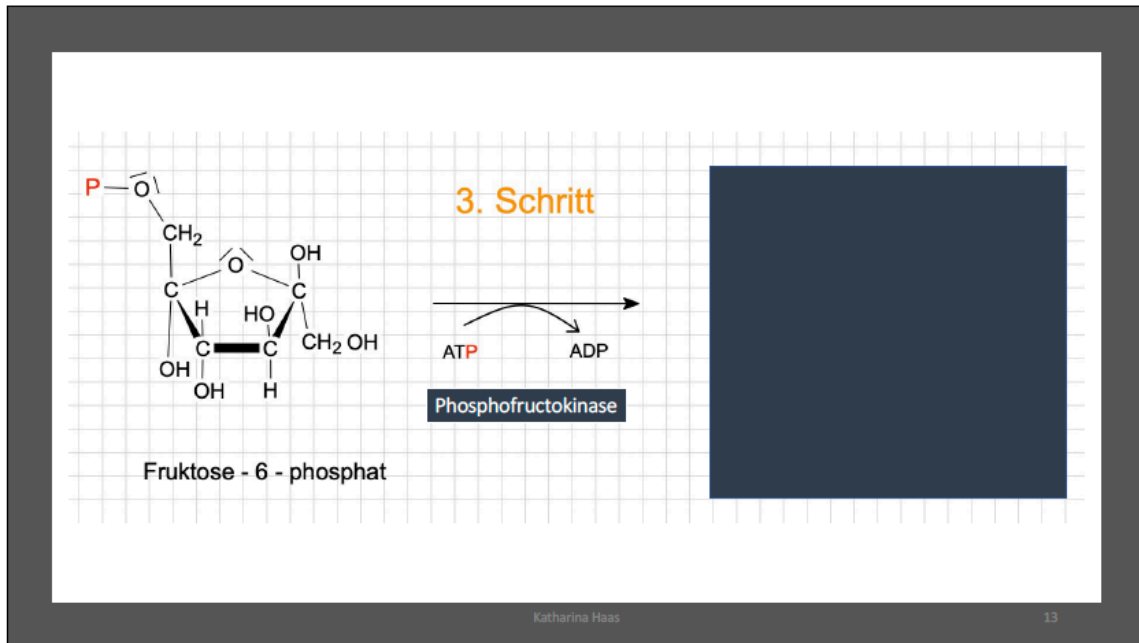
Phosphofructokinase

Katharina Haas

12

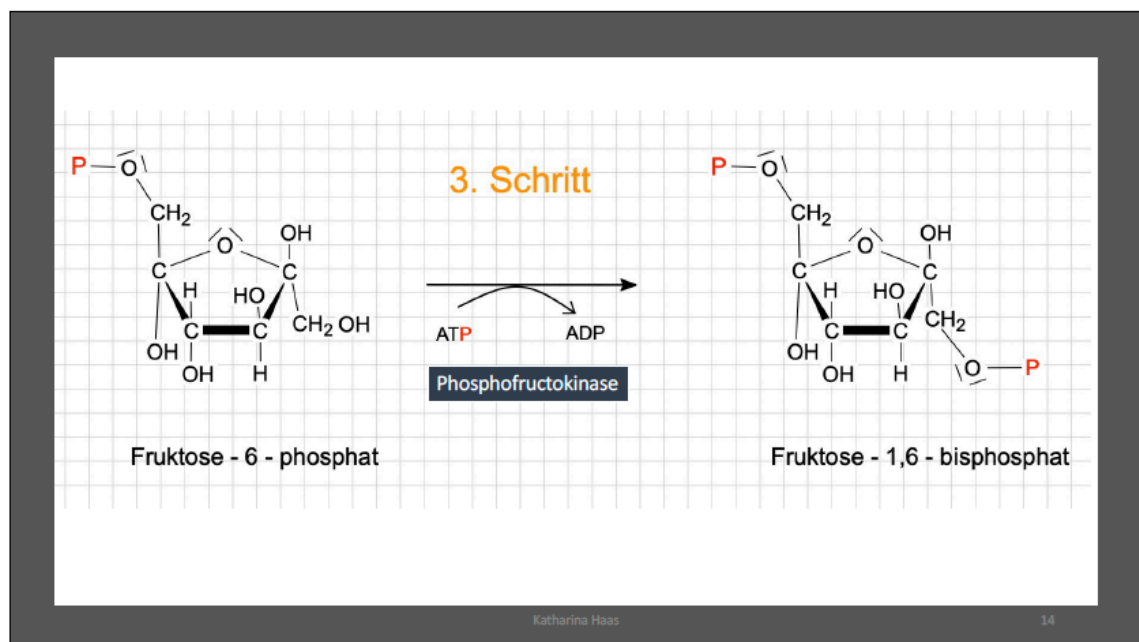
**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?  
Was passiert bei dieser Reaktion?



**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?  
Was passiert bei dieser Reaktion?



**Aufgabe:**

Um welche Art von Enzym handelt es sich hierbei?  
Was passiert bei dieser Reaktion?

# Glykolyse

Schritt 1

Schritt 2

Schritt 3

Schritt 4

Schritt 5

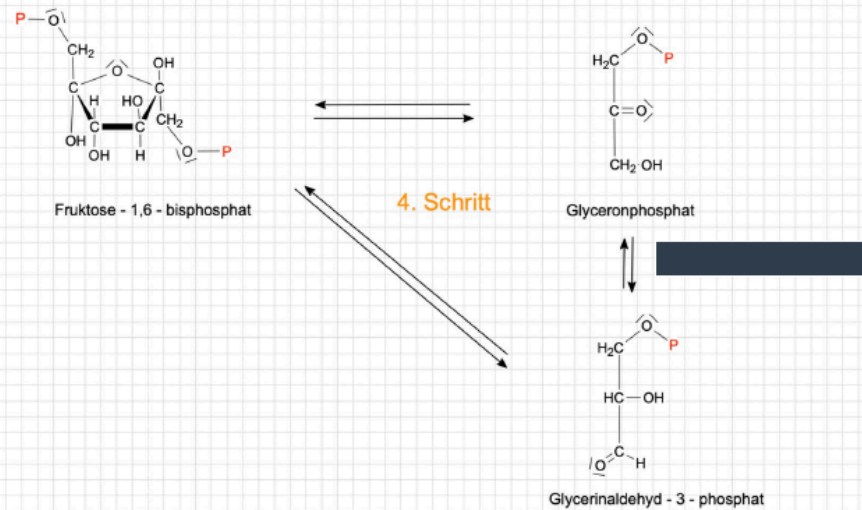
Schritt 6

Schritt 7

Schritt 8

Schritt 9

Katharina Haas



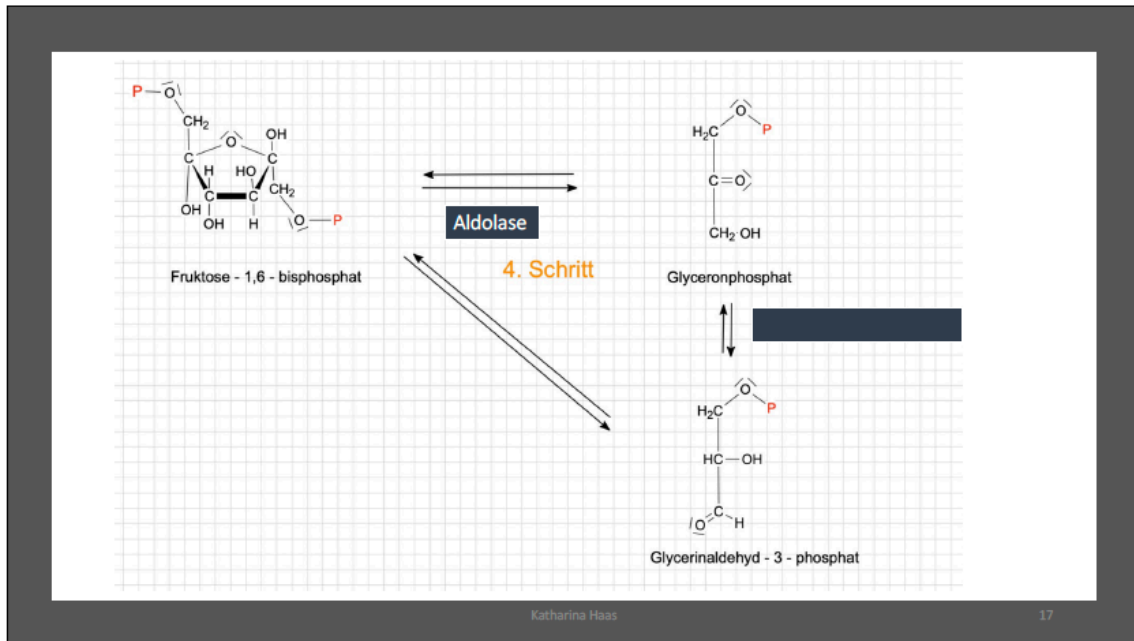
Katharina Haas

16

## Aufgabe:

Welche Art von Reaktion wird durch die Aldolase ausgelöst?

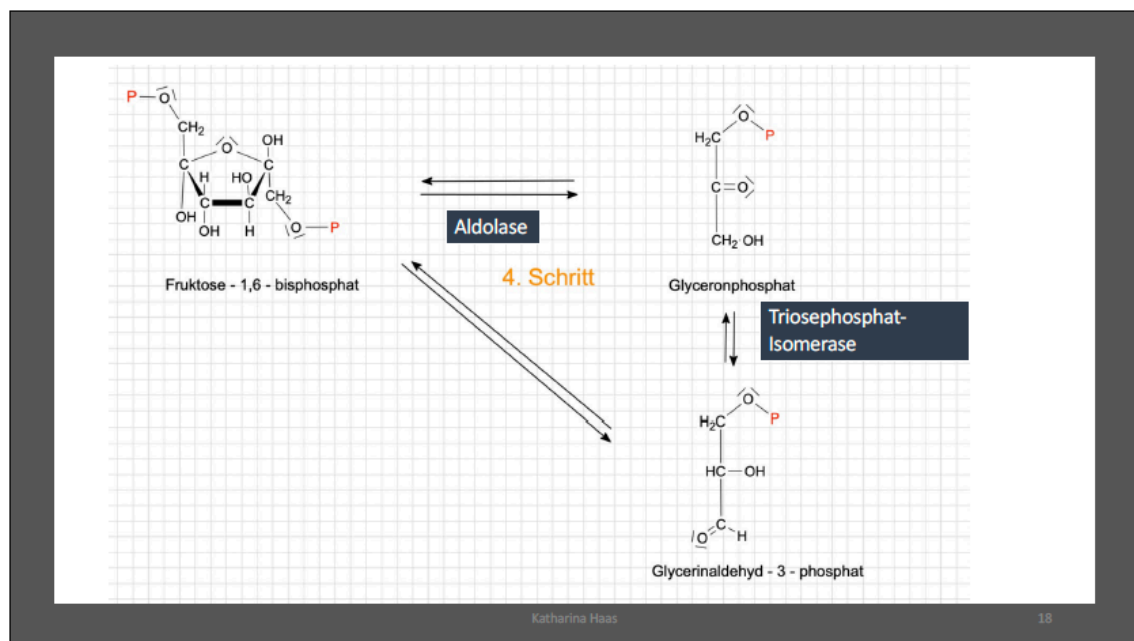
Welche Art von Enzym katalysiert die Reaktion von Glyceronphosphat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat?



**Aufgabe:**

Welche Art von Reaktion wird durch die Aldolase ausgelöst?

Welche Art von Enzym katalysiert die Reaktion von Glyceronphosphat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat?



**Aufgabe:**

Welche Art von Reaktion wird durch die Aldolase ausgelöst?

Welche Art von Enzym katalysiert die Reaktion von Glyceronphosphat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat?

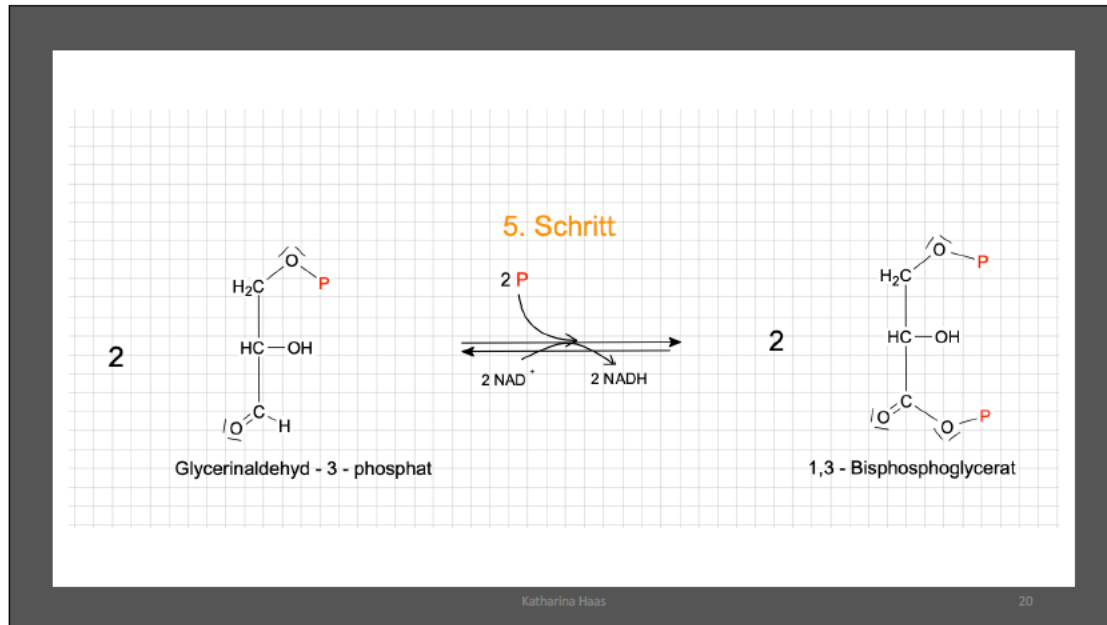


# Glykolyse

- Schritt 1
- Schritt 2
- Schritt 3
- Schritt 4
- Schritt 5
- Schritt 6
- Schritt 7
- Schritt 8
- Schritt 9



Katharina Haas



**Wichtig:**

Ab jetzt wird alles 2x durchlaufen → weil 2x zuvor 2x Glycerinaldehyd-3-phosphat entsteht

**RedOx:**

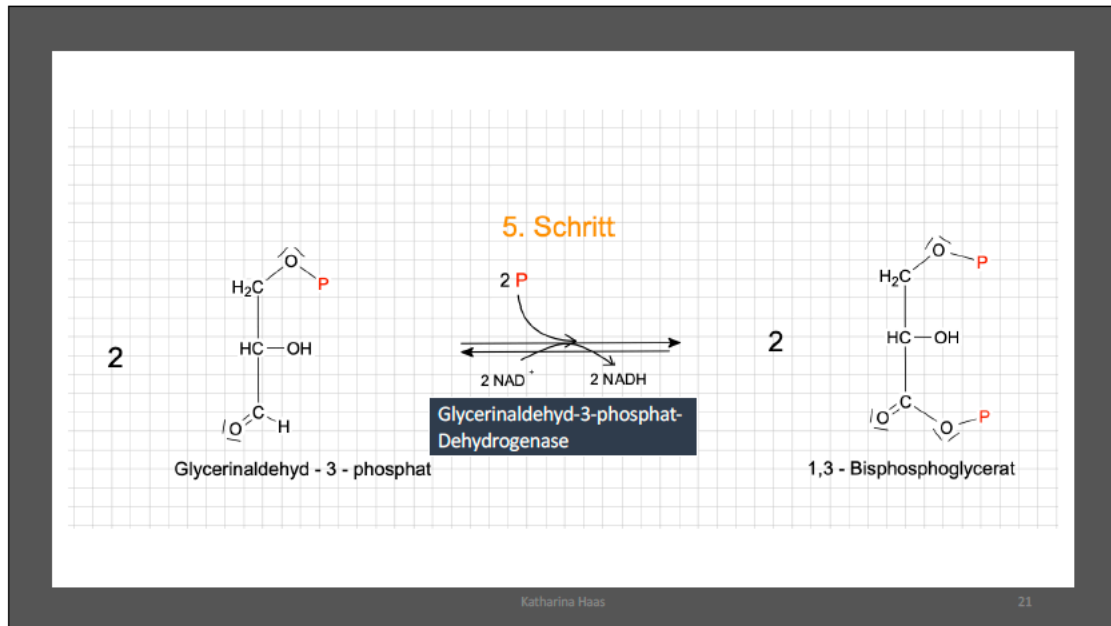
Oxidation der Aldehydgruppe von Glycerinaldehyd-3-phosphat zu einer Carbonsäuregruppe. Die abgegebenen Elektronen und zusätzlichen Wasserstoffionen ( $\text{H}^+$ ) werden auf das Oxidationsmittel  $\text{NAD}^+$  übertragen (= Reduktion) → es entsteht das Reduktionsmittel  $\text{NADH}$ .

Enzym Glycerinaldehyd-3-phosphat-dehydrogenase → sorgt außerdem dafür, dass eine Phosphatgruppe auf die Carbonsäuregruppe übertragen wird.

**Elektronencarrier:**

Die bei der Zellatmung freiwerdende Energie kann mithilfe von Elektronencarriern und der Reduktion von bestimmten Coenzymen in Form von ATP gespeichert werden. Das funktioniert so:

1. Während der Zellatmung werden bei den Oxidationsreaktionen Elektronen abgegeben.
2. Bestimmte Elektronencarrier-Moleküle (Oxidationsmittel) nehmen diese Elektronen auf und werden dadurch reduziert. In der Zellatmung kommen hier  $\text{NAD}^+$  und  $\text{FAD}$  (Coenzyme) vor, welche zu  $\text{NADH}$  und  $\text{FADH}_2$  reduziert werden.
3. Im letzten Schritt der Zellatmung geben die Carrier ihre Elektronen bereitwillig an den elektronegativen Sauerstoff ab → zusätzliche ATP Erzeugung.



**Wichtig:**

Ab jetzt wird alles 2x durchlaufen → weil 2x zuvor 2x Glycerinaldehyd-3-phosphat entsteht

**RedOx:**

Oxidation der Aldehydgruppe von Glycerinaldehyd-3-phosphat zu einer Carbonsäuregruppe. Die abgegebenen Elektronen und zusätzliche Wasserstoffionen ( $H^+$ ) werden auf das Oxidationsmittel  $NAD^+$  übertragen (= Reduktion) → es entsteht das Reduktionsmittel  $NADH$ .

Enzym Glycerinaldehyd-3-phosphat-dehydrogenase → sorgt außerdem dafür, dass eine Phosphatgruppe auf die Carbonsäuregruppe übertragen wird.

**Elektronencarrier:**

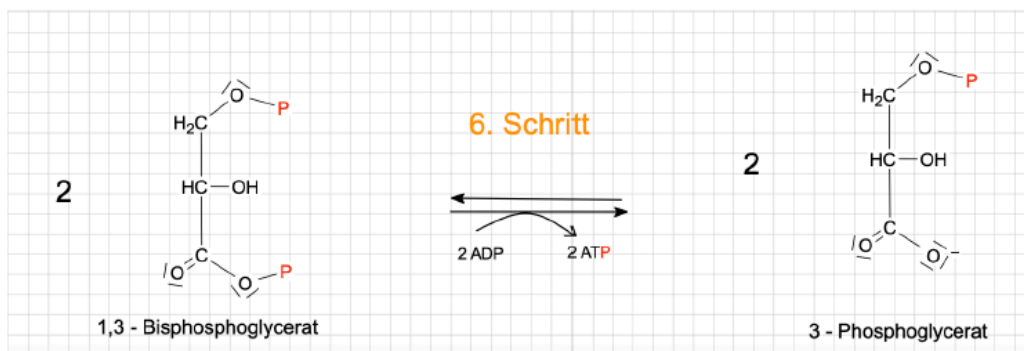
Die bei der Zellatmung freiwerdende Energie kann mithilfe von Elektronencarriern und der Reduktion von bestimmten Coenzymen in Form von ATP gespeichert werden. Das funktioniert so:

1. Während der Zellatmung werden bei den Oxidationsreaktionen Elektronen abgegeben.
2. Bestimmte Elektronencarrier-Moleküle (Oxidationsmittel) nehmen diese Elektronen auf und werden dadurch reduziert. In der Zellatmung kommen hier  $NAD^+$  und  $FAD$  (Coenzyme) vor, welche zu  $NADH$  und  $FADH_2$  reduziert werden.
3. Im letzten Schritt der Zellatmung geben die Carrier ihre Elektronen bereitwillig an den elektronegativen Sauerstoff ab → zusätzliche ATP Erzeugung.

# Glykolyse

- Schritt 1
- Schritt 2
- Schritt 3
- Schritt 4
- Schritt 5
- Schritt 6
- Schritt 7
- Schritt 8
- Schritt 9

Katharina Haas

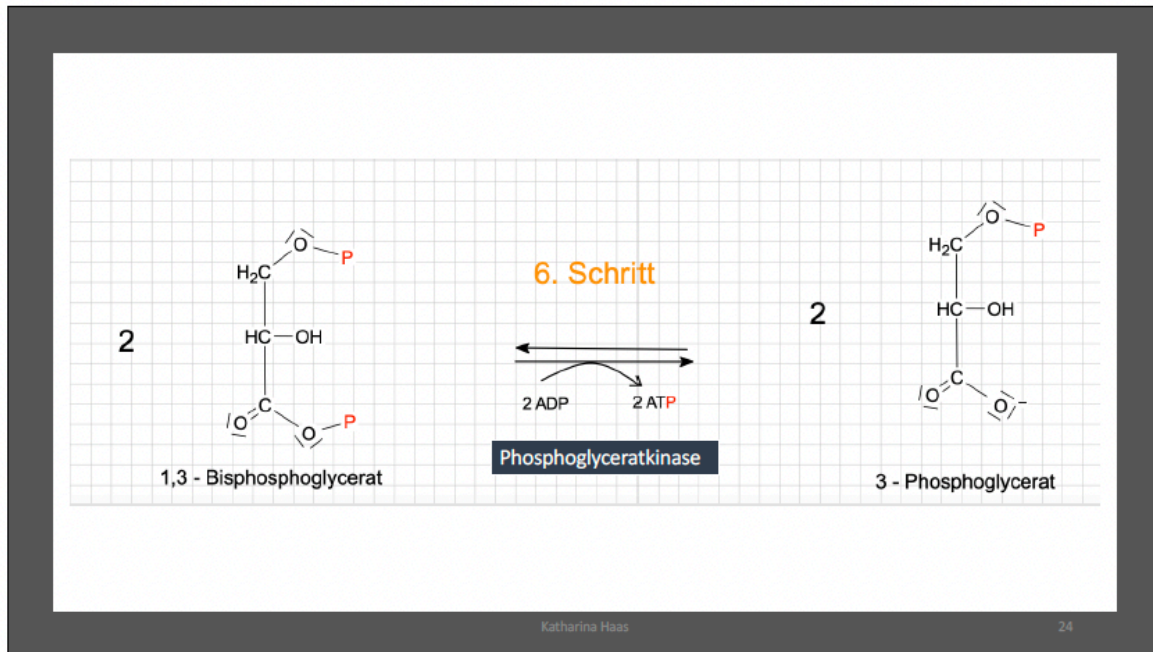


Katharina Haas

23

## Aufgabe:

Welche Art von Enzym kommt hier zum Einsatz?




**Aufgabe:**

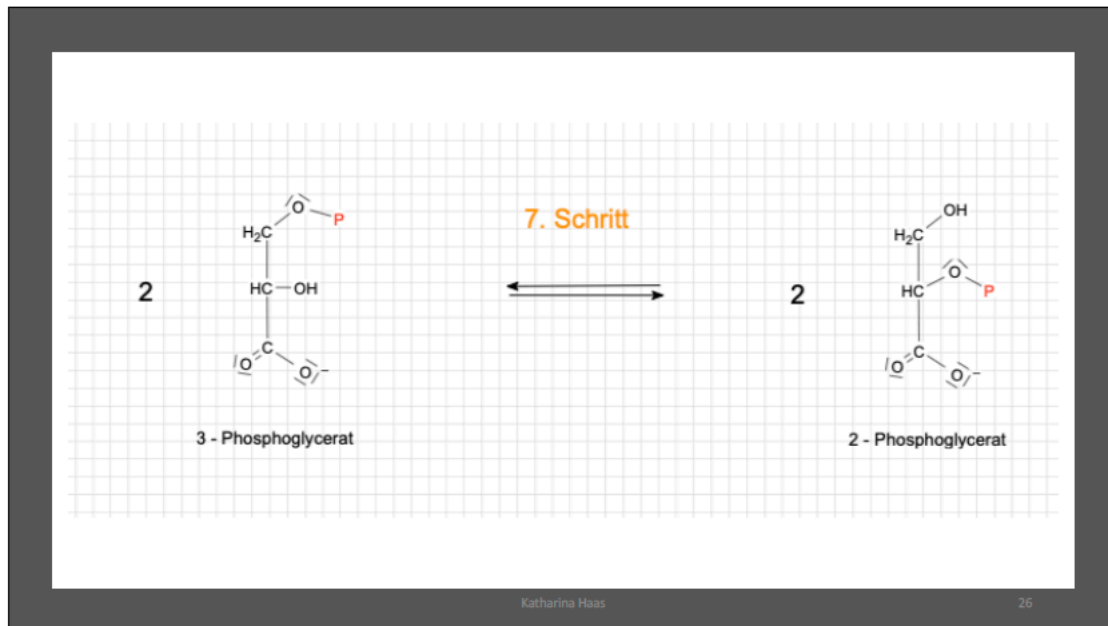
Welche Art von Enzym kommt hier zum Einsatz?

## Glykolyse

- Schritt 1
- Schritt 2
- Schritt 3
- Schritt 4
- Schritt 5
- Schritt 6
- Schritt 7
- Schritt 8
- Schritt 9



Katharina Haas

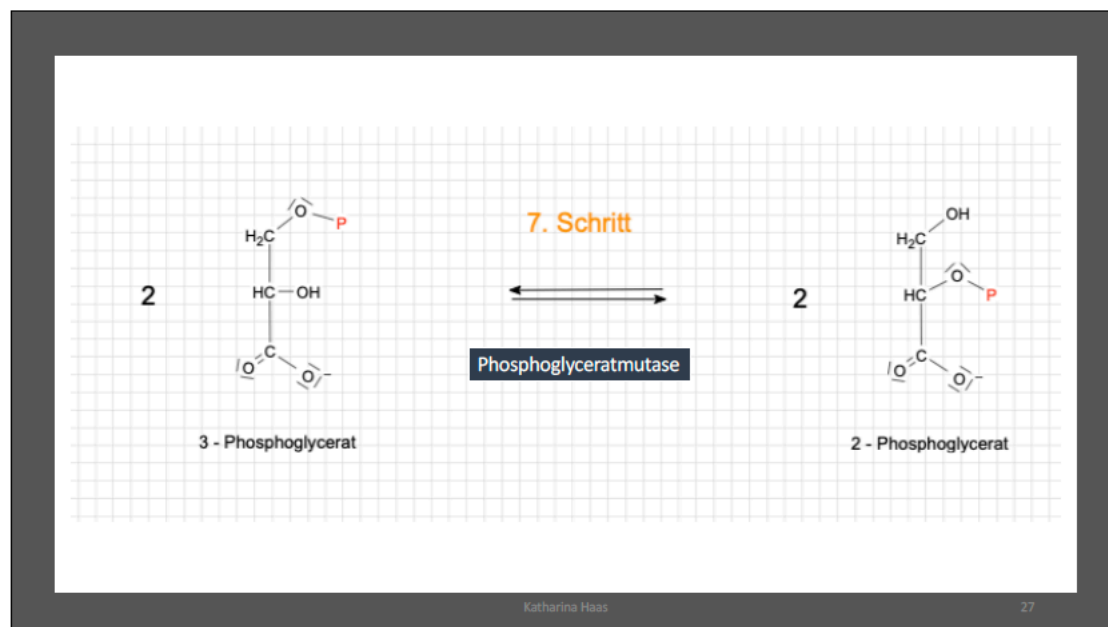


### Aufgabe:

Was geschieht bei dieser Reaktion?

Unterschied Mutase – Isomerase:

Mutasen sind Enzyme, die eine funktionelle Gruppe innerhalb desselben Moleküls an einen anderen Bindungsort verschieben. Es handelt sich um Enzyme aus der Klasse der Isomerasen.



### Aufgabe:

Was geschieht bei dieser Reaktion?

Unterschied Mutase – Isomerase:

Mutasen sind Enzyme, die eine funktionelle Gruppe innerhalb desselben Moleküls an einen anderen Bindungsort verschieben. Es handelt sich um Enzyme aus der Klasse der Isomerasen.

# Glykolyse

Schritt 1

Schritt 2

Schritt 3

Schritt 4

Schritt 5

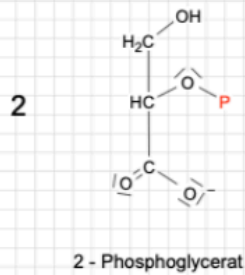
Schritt 6

Schritt 7

Schritt 8

Schritt 9

Katharina Haas



8. Schritt



2



Phosphoenolpyruvat

Katharina Haas

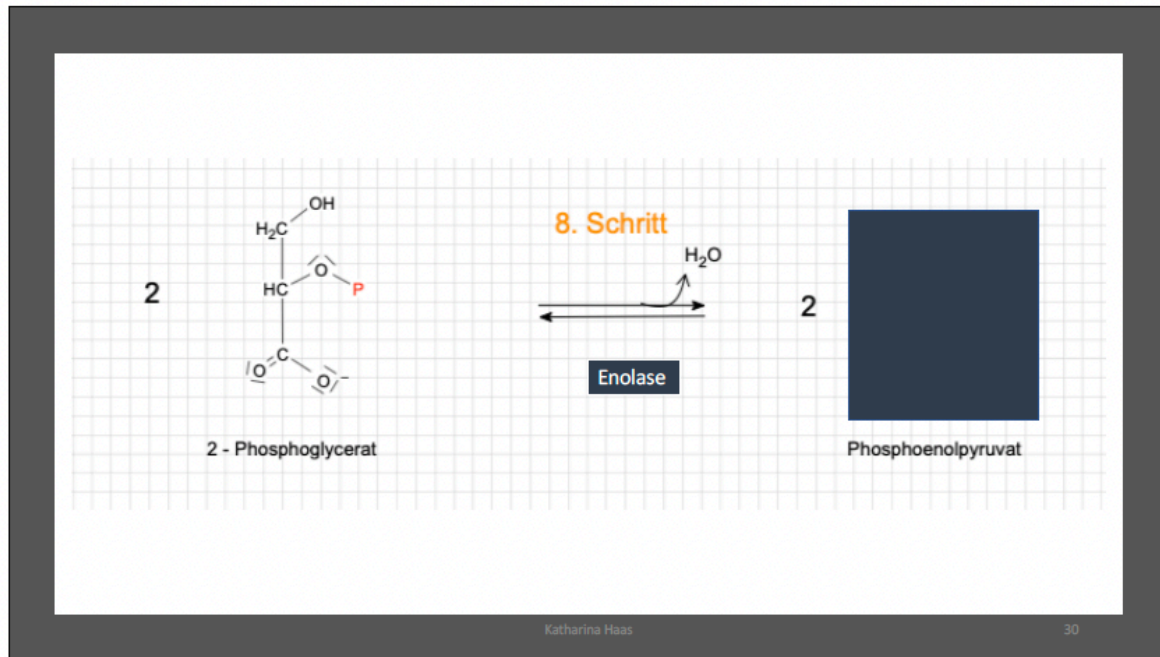
29

## Aufgabe:

Zeichne die Strukturformel des entstandenen Enols.

Enolphosphate besitzen ein hohes Phosphorylgruppenübertragungspotential.

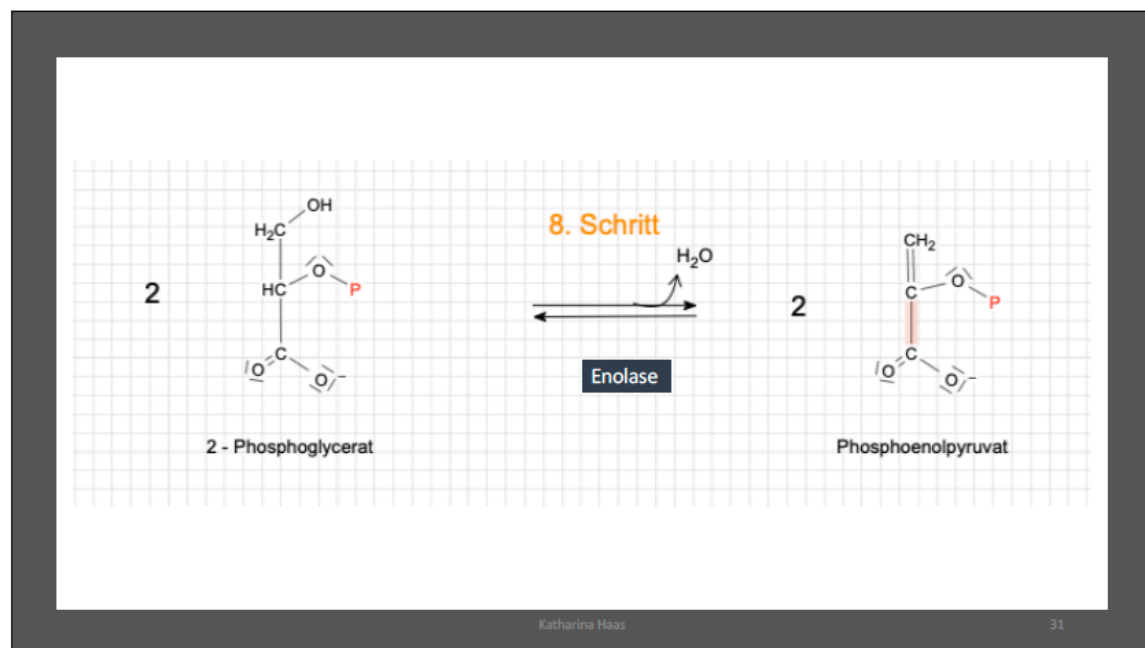




**Aufgabe:**

Zeichne die Strukturformel des entstandenen Enols.

Enolphosphate besitzen ein hohes Phosphorylgruppenübertragungspotential.



**Aufgabe:**

Zeichne die Strukturformel des entstandenen Enols.

Enolphosphate besitzen ein hohes Phosphorylgruppenübertragungspotential



# Glykolyse

Schritt 1

Schritt 2

Schritt 3

Schritt 4

Schritt 5

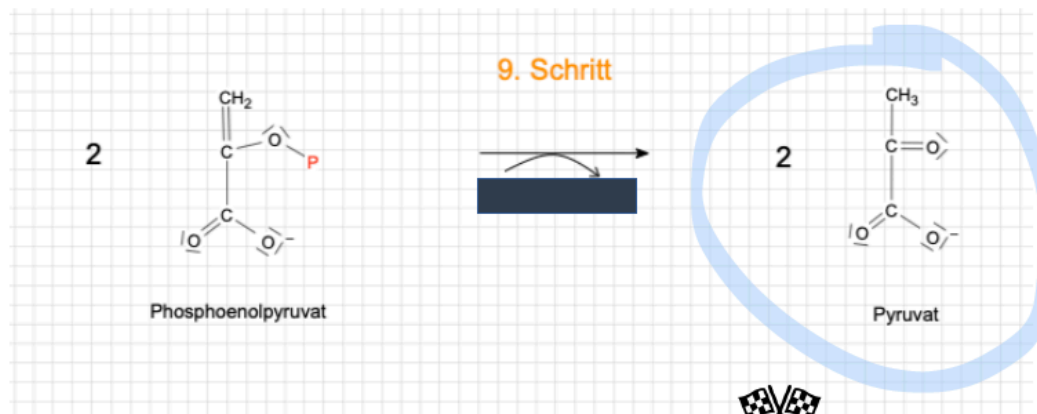
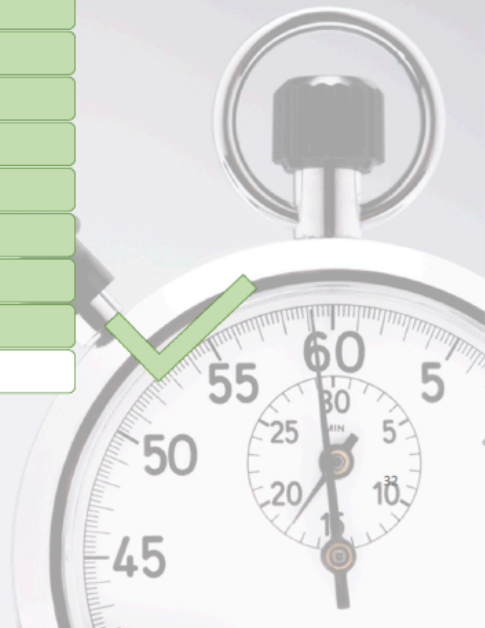
Schritt 6

Schritt 7

Schritt 8

Schritt 9

Katharina Haas

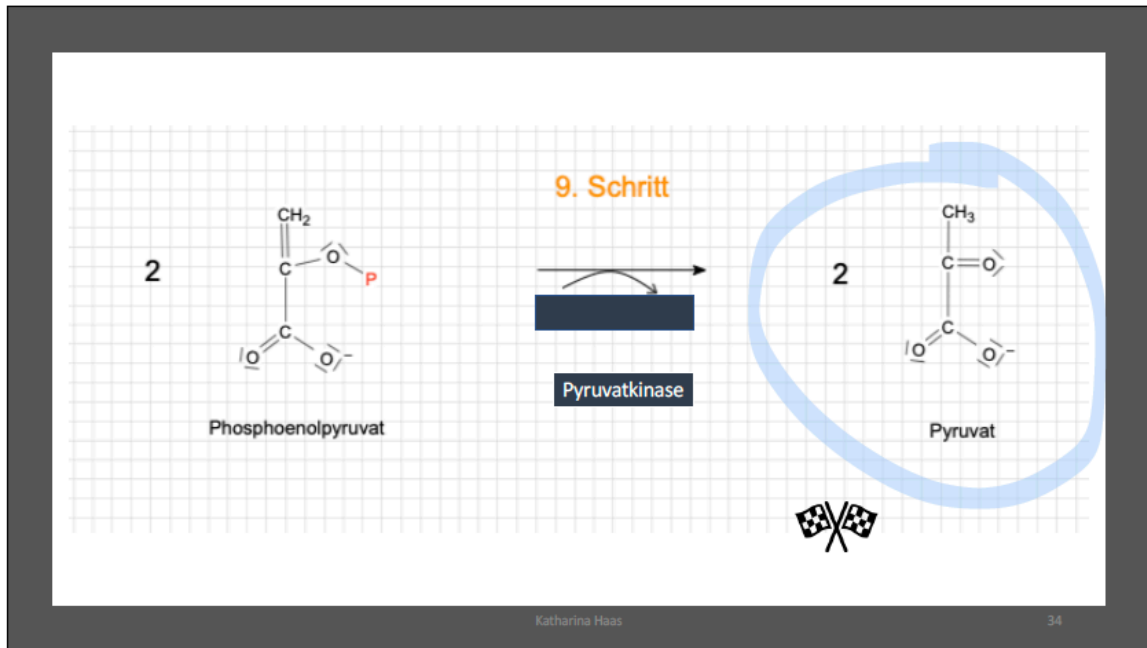


Katharina Haas

33

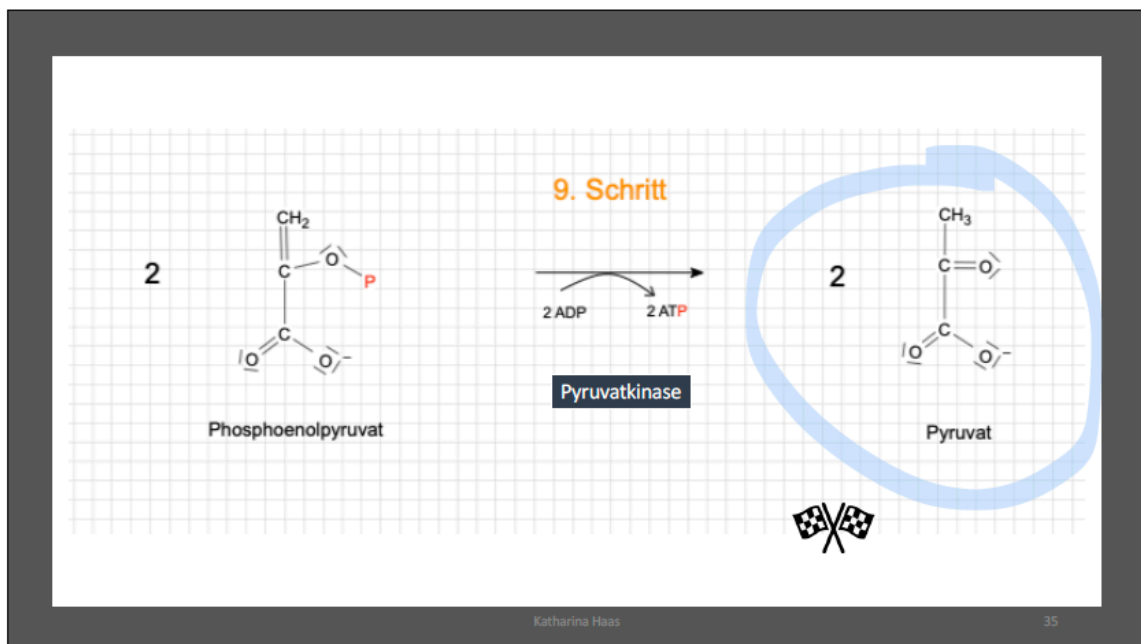
## Aufgabe:

Welches Enzym ist hier beteiligt?  
Was entsteht hier noch?



**Aufgabe:**

Welches Enzym ist hier beteiligt?  
Was entsteht hier noch?



**Aufgabe:**

Welches Enzym ist hier beteiligt?  
Was entsteht hier noch?

# Glykolyse



Schritt 1

Schritt 2

Schritt 3

Schritt 4

Schritt 5

Schritt 6

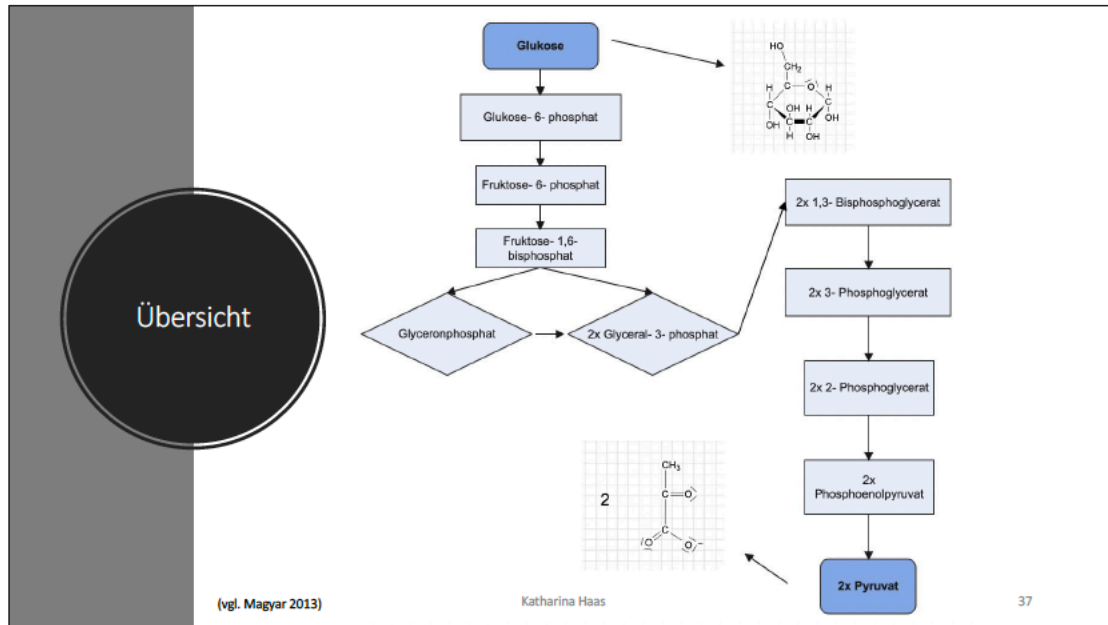
Schritt 7

Schritt 8

Schritt 9

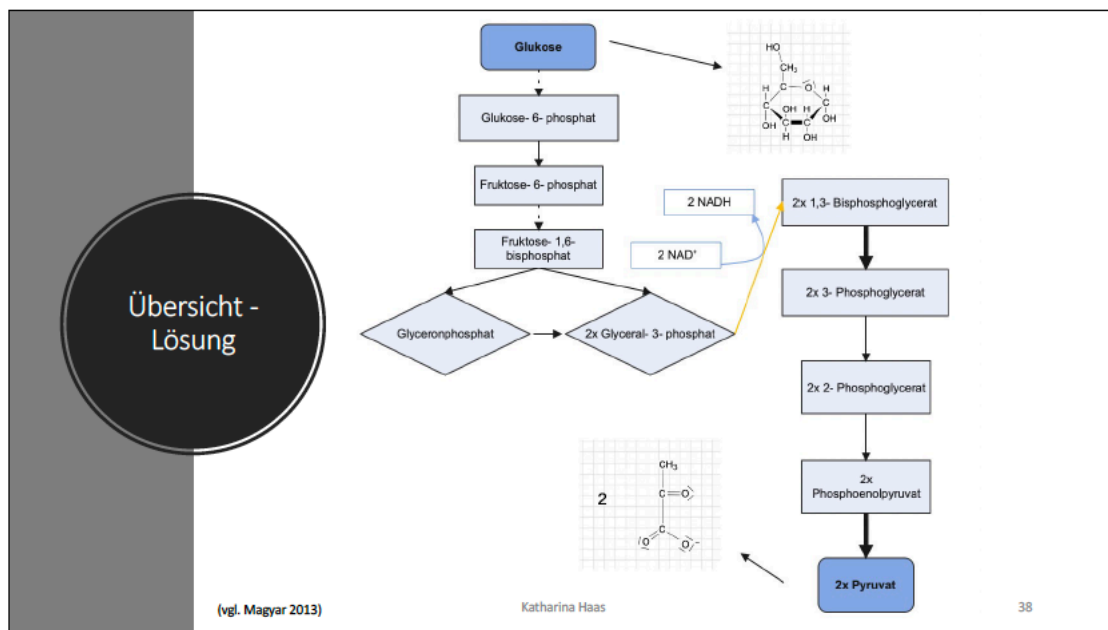
Katharina Haas





### Aufgabe:

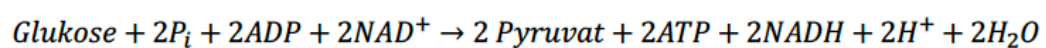
- Übertrage diese Übersicht in dein Heft.
- Gehe den Prozess im Kopf noch einmal durch.
- Male jene Pfeile dick bei den Schritten, wo ATP erzeugt wird.
- Male jene Pfeile strichliert bei den Schritten, wo ATP verbraucht wird.
- Markiere den Oxidationsschritt gelb und zeichne das Elektronencarrier-Molekül ein.



Erstelle nun die  
**Nettogleichung** für diese  
Reaktionsabfolge  
(ausgehend von einem  
Molekül Glukose):

39

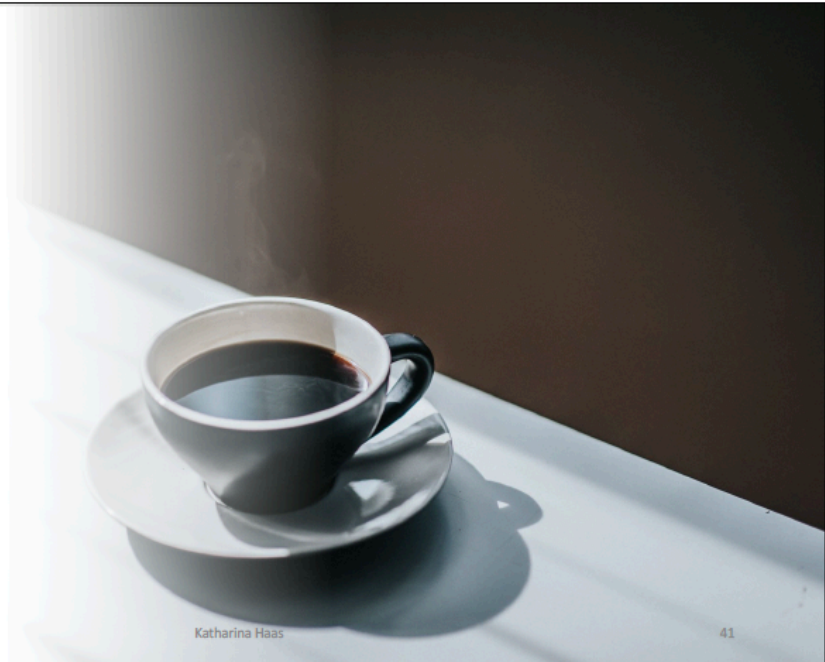
## Nettogleichung



Katharina Haas

40

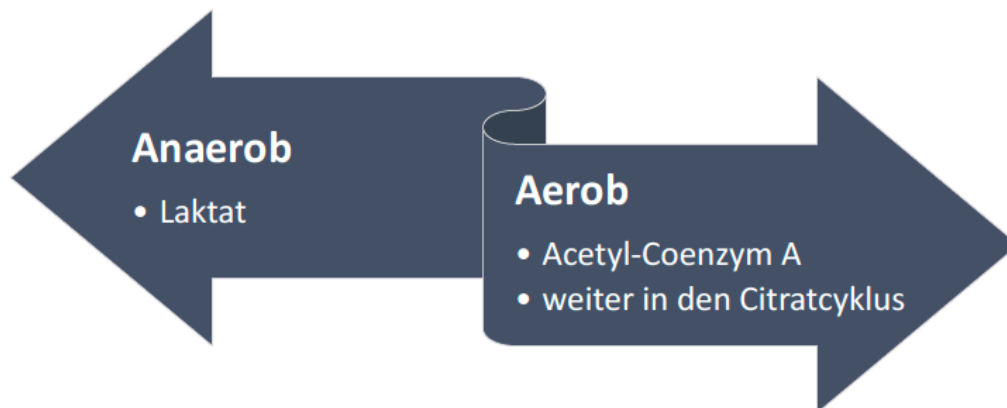
**Pause**  
(5 Min.)



Katharina Haas

41

## Die möglichen Wege des Pyruvats

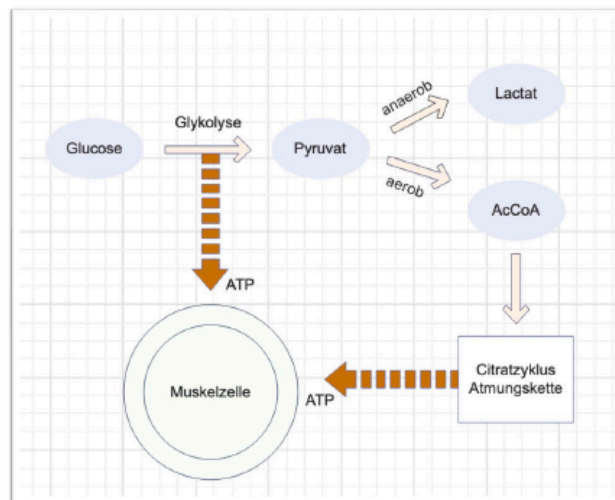


(vgl. Magyar 2013)

Katharina Haas

42

## Ablauf der ATP-Produktion



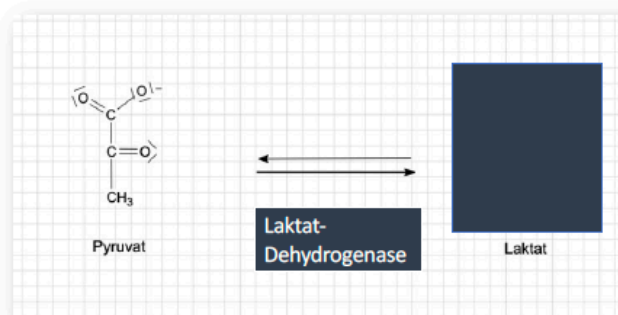
(vgl. Magyar 2013)

Katharina Haas

43

### Anaerobe Verstoffwechslung des Pyruvats

- Damit die Glykolyse immer weiter ablaufen kann, muss sichergestellt werden, dass das Reduktionsäquivalent  $\text{NAD}^+$  regeneriert wird.
- Bei hoher körperlicher Aktivität (hoher Muskelbeanspruchung) → Sauerstoff = limitierender Faktor
- Pyruvat wird durch  $\text{NADH}$  in Laktat überführt →  $\text{NAD}^+$  wird regeneriert



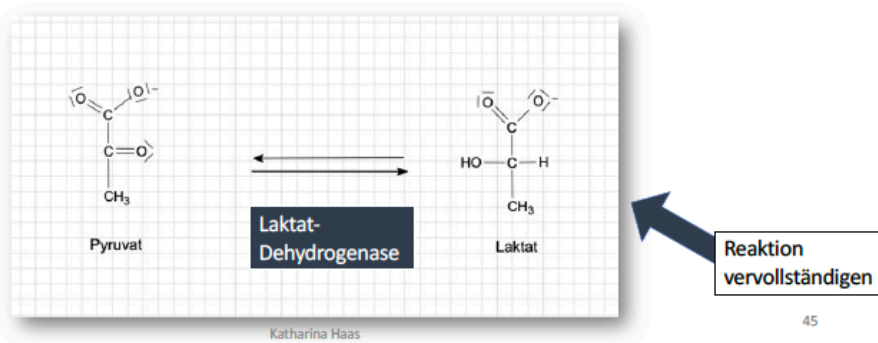
Reaktion vervollständigen

Katharina Haas

44

### Anaerobe Verstoffwechslung des Pyruvats

- Damit die Glykolyse immer weiter ablaufen kann, muss sichergestellt werden, dass das Reduktionsäquivalent  $\text{NAD}^+$  regeneriert wird.
- Bei hoher körperlicher Aktivität (hoher Muskelbeanspruchung) → Sauerstoff = limitierender Faktor
- Pyruvat wird durch  $\text{NADH}$  in Laktat überführt →  $\text{NAD}^+$  wird regeneriert

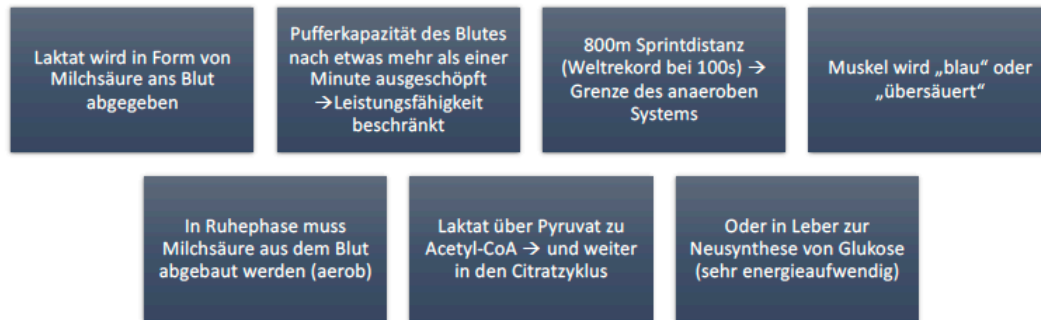


Katharina Haas

45



# Anaerobe Verstoffwechslung des Pyruvats



(vgl. Magyar, 2013)

Katharina Haas

46

## Erklärung + hinführen an das nachfolgende Experiment:

Wenn ein Muskel übersäuert ist, bedeutet dies, dass ein Anstieg des Laktat-Spiegels im Blut auftritt. Ein Anstieg des Laktat-Spiegels kann dazu führen, dass das Säure-Base-Gleichgewicht im Blut gestört wird und eine **Milchsäure-Acidose** entsteht. Um dies auszugleichen, muss das respiratorische System die Kohlenstoffdioxidproduktion erhöhen, um den pH-Wert im Blut zu regulieren.

Die Milchsäure, die bei körperlicher Anstrengung durch den anaeroben Stoffwechsel gebildet wird, kann eine Senkung des Blut-pH-Werts bewirken, bei starker körperlicher Anstrengung sogar unter 6,9. Das Blut enthält Puffer, wie das Kohlensäure/Hydrogencarbonat-System, um eine pH-Änderung nicht lebensbedrohlich zu machen. Wenn Milchsäure im Körper produziert wird, werden die Wasserstoffionen von der Pufferbase (Hydrogencarbonat) aufgenommen, was zu einer Abnahme ihrer Konzentration und einer Zunahme der Puffersäure (Kohlensäure) im venösen Blut führt. Der Körper reagiert darauf, indem er das Atemvolumen erhöht, um Kohlenstoffdioxid über die Lunge abzutransportieren und somit dem chemische Gleichgewicht zu entziehen bis das anfängliche Puffersäure-Basen-Verhältnis wieder hergestellt wurde.

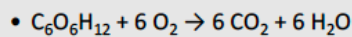
# Zellatmung

## Aerobe Verstoffwechslung des Pyruvats

- Unter aeroben Bedingungen können alle weiteren Stoffwechselwege der Zellatmung durchlaufen werden.
- Regeneration von  $\text{NAD}^+$  über die Atmungskette
- Pyruvatoxidation
- Citratzyklus
- Atmungskette

30-32 Moleküle ATP

## Reaktionsgleichung der Zellatmung



(vgl. Magyar, 2013)

Katharina Haas

47

Die Zellatmung ist ein kataboler (= abbauender) Stoffwechselweg, bei dem Energie in Form von 30 bis 32 ATP-Molekülen gewonnen wird. Aus Zucker und Sauerstoff entstehen in Redoxreaktionen Kohlenstoffdioxid und Wasser.

Sie setzt sich zusammen aus den Teilprozessen:

- Glykolyse
- oxidative Decarboxylierung (Pyruvatoxidation)
- Citratzyklus
- Atmungskette

### Zur Reaktionsgleichung der Zellatmung:

Der Wasserstoff aus der Glukose wird auf den eingeatmeten Sauerstoff übertragen  $\rightarrow \text{H}_2\text{O}$  entsteht + das  $\text{CO}_2$  wird ausgeatmet.

### Frage:

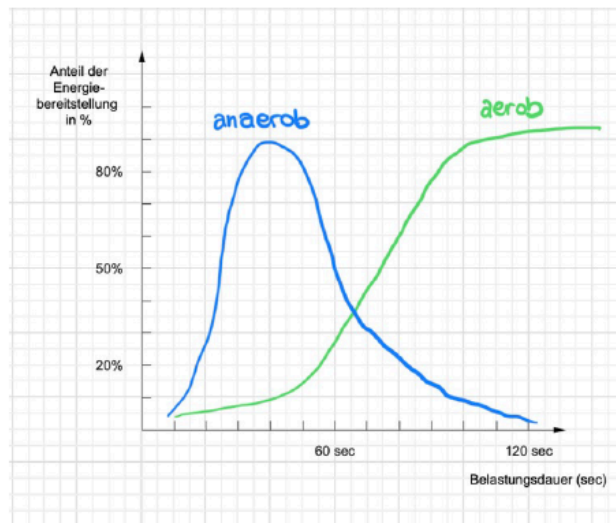
Warum werden die Elektronen nicht sofort auf den Sauerstoff übertragen?

**Antwort:**  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  (Knallgasreaktion)

Wenn diese Reaktion in unseren Zellen ablaufen würde, könnten wir mit den entstehenden großen Energiemengen nicht umgehen und diese nicht bändigen.

Deshalb muss die Reaktionsenergie kontrolliert und stufenweise abgegeben werden, um den Aufbau von ATP zu ermöglichen (viele katalysierte Einzelschritte).

## Aerob / anaerobe Energie- bereitstellung



Katharina Haas

48

### Anaerob:

Die benötigte Energie steht dabei schnell zur Verfügung, die Energieausbeute ist aber gering, da das Zuckermolekül nicht vollständig zerlegt wird. Es entsteht Milchsäure (Laktat), die schnell zur Ermüdung führt, wenn sie sich verstärkt anhäuft.

### Aerob:

Nur wenn genug Sauerstoff zur Verfügung steht, kann die Glukose vollständig abgebaut werden.

Dieser Vorgang dauert aber deutlich länger (wie man der Grafik entnehmen kann).

Die Energieausbeute ist aber deutlich größer (36-38 Moleküle ATP aus einem Molekül Glukose).

### Was bedeutet das für mich als Sportler?

Beim aeroben Stoffwechsel erzeugt der Körper Energie durch die Verbrennung von Kohlenhydraten (und Fetten) in Gegenwart von Sauerstoff und produziert Kohlendioxid und Wasser. Die meisten unserer täglichen Aktivitäten werden durch den aeroben Stoffwechsel gesteuert.

Der anaerobe Stoffwechsel setzt ein, wenn die Trainingsintensität ein bestimmtes Level übersteigt und das aerobe System nicht mehr den benötigten Energiebedarf des Körpers decken kann. Das ist der Punkt, an dem wir die anaerobe Schwelle überschreiten. Während des anaeroben Stoffwechsels verbrennt der Körper gespeicherten Zucker, um die zusätzlich benötigte Energie zu liefern, und es entsteht schneller Laktat, als es abgebaut werden kann. Muskelbrennen und Leistungsminderung sind die Folge. Dies macht es schwierig, den

anaeroben Energieverbrauch länger als ein paar Minuten aufrechtzuerhalten.

Je trainierter man ist, desto länger kann man den Körper mit dem aeroben System versorgen, bevor das anaerobe System übernehmen muss. Man kann seine aerobe Effizienz verbessern und damit die anaerobe Schwelle verschieben.

Anzeichen:

→ Muskeln versteifen – brennendes Gefühl

→ Leistungsminderung

### **Beispiel:**

- Wenn wir 45 Sekunden lang in unserem Höchsttempo laufen, beziehen wir etwa 50 % der Energie aus aeroben und 50 % aus anaeroben Quellen.
- Wenn wir 2 Minuten laufen, verwenden wir circa 65 % aerobe und 35 % anaerobe Energie.
- Bei 4 Minuten sind es circa 80 % aerob und 20 % anaerob.
- Und bei 15 Minuten wird die benötigte Energie ungefähr zu 95 % über aerobe Prozesse und zu 5 % über anaerobe Prozesse gewonnen.

Bei der Zeit, die wir brauchen, um 5 km, 10 km, 21 km oder 42 km zu laufen, geht es also in erster Linie um unser aerobes System, um unsere Leistung zu steigern.

Wichtig: Die anaerobe Schwelle ist der Punkt, an dem wir mit unserem aeroben Energiebedarf nicht mehr nachhaltig sind.

Wenn wir also unsere anaerobe Schwelle erhöhen, können wir:

1. Unsere Leistung beim Langstreckenlauf deutlich verbessern (Ausdauersport)
2. Ein Training bei höherer Intensität absolvieren und trotzdem die Technik aufrecht erhalten (Turnen, Leichtathletik, ...)

### **Wie kann man die aerob-anaerobe Schwelle verschieben?**

- Intervalltraining (Ausdauertraining im aeroben Bereich mit hoch-intensiven Intervallen kombinieren (im Bereich der maximalen Herzfrequenz))
- Das effektivste Training zum Anheben der aerob-anaeroben Schwelle sind Trainingsläufe knapp unterhalb oder an der Schwelle.

**In Zusammenarbeit mit dem Sportunterricht → Herausfinden der max. Herzfrequenz (bzw. je nach Möglichkeit Identifikation der aerob-anaeroben Schwelle (Berechnung im darauffolgenden Chemieunterricht) – nach Möglichkeit auch Blutlaktatmessung – genauere Bestimmung möglich)**





Warum haben braune und grüne Bananen nicht denselben GI, obwohl es sich um dasselbe Lebensmittel handelt?

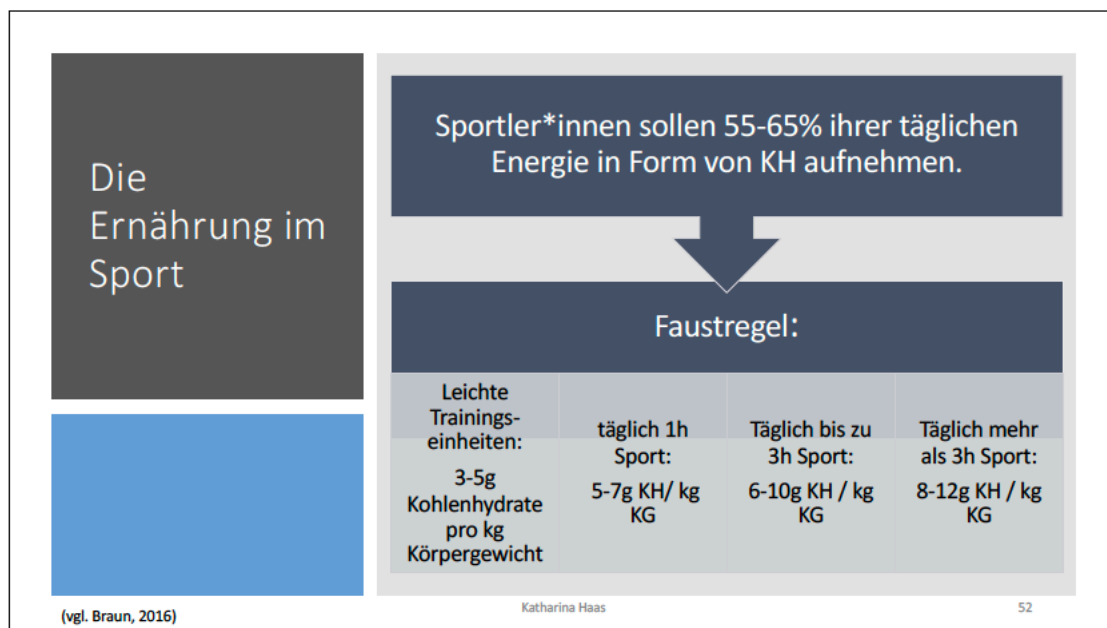
51

Grüne Bananen enthalten mehr Stärke (Polysaccharide) → Weg von Polysacchariden in die Zelle ist länger (Blutzuckerspiegel wird nicht so rasant beeinflusst)  
Braune Bananen → enthalten mehr Glukose (Monosaccharide) → gelangen viel schneller ins Blut

Während der Reifung wird Stärke in Monosaccharide umgebaut.

#### Aufgabe:

Wie hängt das erstellte Schema vom Arbeitsblatt aus UE 1 mit dieser Fragestellung zusammen?



Kohlenhydratzufuhr soll auf die individuellen Trainingsbedürfnisse angepasst werden.

Seinen individuellen KH-Bedarf notieren!

## Die Ernährung rund um den Wettkampftag

Tage vor dem Wettkampf	Stufe	Vorgehensweise
7 - 4	Entleerung der Glykogenspeicher	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erschöpfende Aktivität</li> <li>- vermehrtes, längeres Training</li> <li>- normale Ernährung</li> </ul>
3 - 1	Kohlenhydratladen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohlenhydratreiche Ernährung</li> <li>- 70-80 % KH-Anteil</li> <li>- normaler Proteinanteil</li> <li>- fettarme Ernährung</li> <li>- Reduzierung des Trainings</li> </ul>
0	Wettkampftag	<ul style="list-style-type: none"> <li>- moderate Kohlenhydratzufuhr</li> <li>- 50-60 % KH-Anteil</li> </ul>

(vgl. Kluthe)

Katharina Haas

53

Das Füllen der Glykogenspeicher dauert in der Regel bis zu 48 Stunden. Dafür muss ein gewisses Schema eingehalten werden. In der Praxis wird oftmals die Methode des "Kohlenhydratladens" (Kohlenhydratsuperkompensation) angewendet. Dadurch kann die ursprüngliche Größe der Glykogenspeicher nochmals um 25-100 % gesteigert werden.

**Wichtig!** Ernährung kann nie auf einen Bestandteil reduziert werden (KH alleine sind nicht verantwortlich für eine gute Leistung – Flüssigkeitsaufnahme, Fette und Proteine, Mineralstoffe, ... spielen auch eine bedeutende Rolle), man muss es immer als Gesamtes betrachten.

Aber man kann die einzelnen Bausteine genauer unter die Lupe nehmen – und daraus lernen.

## Die Ernährung am Wettkampftag - Eckpunkte

(Soosten, 2014)

Weder hungrig noch mit unverdauter Nahrung im Magen in den Wettkampf starten!

- **3-4 h vor Wettkampfstart**
  - 140-300 g Kohlenhydrate (z.B. Brot, Nudeln, Reis, ...)
  - Niedriger GI
  - Fett- und ballaststoffarm
  - Moderater Proteingehalt
  - Ausreichend Flüssigkeit
- **30 min vor Wettkampfstart**
  - Nur noch kleinere Portionsgrößen (1 g/ kg KG)
  - Niedriger GI
  - Zu große Portionen → Ansammlung von Blut im Verdauungstrakt → verhindert optimale Durchblutung der Muskeln
  - Zwerchfellatmung behindert
- **Nicht auf nüchternen Magen starten**
  - Mangelnde Aufnahme von Kohlenhydraten → Absinken des Blutzuckerspiegels → Leistungsfähigkeit sinkt
  - Ziel: Blutzucker zwischen 70-100 mg/dl bzw. 3,9-5,5 mmol/l .

Katharina Haas

54

Lebensmittelwahl: Vertraute und persönlich gut verträgliche Lebensmittel

Der GI spielt gerade für Ausdauersportler eine zunehmend wichtigere Rolle. Je nachdem ob sich Sportler in Trainings- oder Wettkampfphasen befinden, sind unterschiedliche Kohlenhydrate sinnvoll. Ausdauersportler sollten während des Wettkampfes vor allem Lebensmittel mit einem hohen oder mittleren GI zu sich nehmen, um eine schnelle Energiebereitstellung zu gewährleisten. Nach dem Sport helfen Kohlenhydrate mit einem hohen GI, die Energiereserven wieder aufzufüllen. Für eine Mahlzeit etwa 30 bis 60 Minuten vor dem Wettkampf werden Lebensmittel mit einem niedrigen GI empfohlen, da dadurch eine gleichmäßige und langanhaltende Versorgung mit Energie gewährleistet ist und der Glykogenspeicher gefüllt ist.

## Die Ernährung während des Wettkampfes

(Soosten, 2014)

- Bei **Sportarten mit Pause(n)**, oder mehreren Einsätzen am Tag:
  - Verlust von Flüssigkeit, Mineralstoffen und Kohlenhydraten in Pause kompensieren
  - Blutglukosespiegel aufrecht halten → Leistungsfähigkeit bewahren (leistungsbeeinflussend ab 60 min.)
  - Bsp. durch geeignete Sportgetränke oder Aufnahme leicht verdaulicher Kohlenhydrate (z. B. Banane)
  - Bei Belastungen ab 70 min. kann ein **stündlicher Verzehr von 30 bis 50 g Kohlenhydraten** die ausdauernde Leistungsfähigkeit verbessern.
  - Hoher – mittlerer GI
- Der Ausgleich der **Flüssigkeitsaufnahme** spielt bei einer Belastung ab 45 min. eine wichtig Rolle:
  - Es wird empfohlen, **alle 15 min. ~ 200 ml** Flüssigkeit aufzunehmen

Katharina Haas

55

**Ernährungsbedingte Fehler** in der Vorbereitungsphase lassen sich **nicht** am Tag des Wettkampfs **kompensieren!**



## Erstelle deinen persönlichen Ernährungsplan für deinen nächsten Wettkampftag

- Erinnere dich dabei an deinen letzten Wettkampf:
  - Wie habe ich mich beim letzten Wettkampf ernährt?
  - Was habe ich an Lebensmitteln wann zu mir genommen?
  - Wie wurde mein Blutzuckerspiegel beeinflusst (über GI bzw. GL eruieren)?
- Verwende dafür die Tabelle für den Glykämischen Index bzw. die Glykämische Last bestimmter Lebensmittel.

(Müller, 2023)

Katharina Haas

20 min



GI Liste

## Quellenverzeichnis

- Braun, H. (2016). Die Besonderheiten der Ernährung im Leistungssport – von Freizeit- bis zu Hochleistungsaktivitäten. Sportverletz Sportschaden, 30, 153. <https://doi.org/10.1055/s-0042-110450>
- Kluthe, B. Sporternährung-Wettkampf. DEBInet Deutsches Ernährungsberatungs- & Informationsnetz. <https://www.ernaehrung.de/tipps/sport/wettkampf-workout-nutrition.php>
- Magyar, R., Liebhart, W., & Jelinek, G. (2013). EL-MO : Elemente und Moleküle. In EL-MO / DUA (pp. 1 CD-ROM, 12 cm, in Behälter 19 x 14 x 12 cm). Wien: Österr. Bundesverl. Schulbuch.
- Soosten, J. v. (2014). Sport und Ernährung: Ernährungsformen sowie Leistungsphysiologische und medizinische Grundlagen.
- Müller, D. (2023). Glykämischer Index. Retrieved from <https://www.villavita-med.de/downloads/provita-glykaemischer-index.pdf>

57

# Versuchsanleitung (Überarbeitetes Unterrichtskonzept)

## Versuchsanleitung

### Respiratorische Kompensation einer Laktat-Acidose



#### Hintergrund:

Die Milchsäure, die bei körperlicher Anstrengung durch den anaeroben Stoffwechsel produziert wird, kann den Blut-pH-Wert senken. Das Blut hat Puffer wie das Kohlensäure/Hydrogencarbonat-System, um eine pH-Änderung nicht lebensbedrohlich zu machen. Der Körper reagiert darauf durch erhöhtes Atemvolumen, um Kohlenstoffdioxid über die Lunge abzutransportieren und das chemische Gleichgewicht wieder herzustellen.

Im nachfolgenden Versuch werden wir diese Zusammenhänge veranschaulichen:

#### Geräte

- ☐ Magnetrührer
- ☐ Rührfisch
- ☐ 2 Bechergläser (250 ml)
- ☐ pH-Messgerät
- ☐ Waage + Spatel

#### Chemikalien

- ☐ Natriumhydrogencarbonat
- ☐ Milchsäure (w = 1 %)
- ☐ Salzsäure (c = 0,1 mol/l)
- ☐ Destilliertes Wasser

#### Sicherheitshinweise



Salzsäure - GHS05

Milchsäure - GHS05

#### Durchführung:

1. **Löse** 2,5 g Natriumhydrogencarbonat in einem Becherglas in 100 ml destilliertem Wasser.
2. **Ermittle** den pH-Wert der Lösung.
3. **Füge** der Lösung unter leichtem magnetischem Rühren 18 ml 0,1 mol/l Salzsäure und danach tropfenweise weitere Säure **zu**, bis der pH-Wert 7,4 beträgt.
4. **Setze** der Pufferlösung 10 ml Milchsäure **zu** und **notiere** den pH-Wert.
5. Nun **rühre** 1-2 Minuten etwas kräftiger und **beobachte** das Reaktionsgeschehen.
6. **Notiere** dir nach 2 Minuten erneut den pH-Wert.

#### Fragen für das Protokoll:

1. **Erläutere** den Unterschied zwischen aerober und anaerober Energiebereitstellung. **Nenne** auch die jeweiligen Edukte und Produkte.
2. **Definiere** die Milchsäure-Acidose und beschreibe die damit verbundenen physiologischen Prozesse im Körper.
3. **Erkläre** den Mechanismus der respiratorischen Kompensation bei einer Änderung des pH-Werts im Blut und **beziehe** deine gemessenen pH-Werte in die Erklärung mit ein.
4. **Beschreibe** den Beitrag des Puffersystems im Blut zur Regulierung des Säure-Base-Gleichgewichts.
5. **Begründe** die Bedeutung der Regulierung des Säure-Base-Gleichgewichts für den menschlichen Körper.

(vgl. Holfeld et al., 2005)

**Antworten für das Protokoll:**

1. Die aerobe Energiebereitstellung nutzt Sauerstoff und es wird ermöglicht, dass der gesamte Zellatmungsprozess durchlaufen werden kann. Die Reaktionsprodukte sind Wasser und Kohlenstoffdioxid. Die anaerobe Energiebereitstellung findet in Abwesenheit von Sauerstoff statt. Die Reaktionsprodukte sind Laktat und Wasser.
2. Bei einer Milchsäure-Acidose produzieren die Muskelzellen im Rahmen des anaeroben Stoffwechsels zu viel Laktat. Dies kann den pH-Wert im Blut senken und zu einer Störung des Säure-Base-Gleichgewichts führen.
3. Die respiratorische Kompensation beeinflusst den pH-Wert im Blut, indem sie den Kohlenstoffdioxidgehalt im Blut reguliert. Wenn der pH-Wert im Blut sinkt, weil zu viel Säure vorhanden ist, nimmt die Atmung zu, was zu einer Freisetzung von Kohlenstoffdioxid aus dem Körper führt. Dies hilft, den pH-Wert wieder auszugleichen.
4. Diese chemischen Reaktionen gewährleisten, dass eine Änderung des pH-Werts im Blut schnell ausgeglichen wird und das Säure-Base-Gleichgewicht stabil bleibt. Ein stabiles Säure-Base-Gleichgewicht ist für den normalen Funktionsablauf des Körpers von größter Bedeutung, da es den pH-Wert im Blut auf einem optimalen Niveau hält. Ein zu hoher oder zu niedriger pH-Wert kann zu einer Reihe von gesundheitlichen Problemen führen, einschließlich Muskelkraftverlust, Atemproblemen, Herzrhythmusstörungen und anderen Funktionsstörungen. Daher ist es wichtig, dass das Puffersystem im Blut einwandfrei funktioniert, um ein stabiles Säure-Base-Gleichgewicht zu gewährleisten.
5. Das Säure-Base-Gleichgewicht muss reguliert werden, weil es ein wichtiger Indikator für die Gesundheit des Körpers ist. Ein gestörtes Säure-Base-Gleichgewicht kann zu einer Reihe von gesundheitlichen Problemen führen, einschließlich Schäden an den Zellen und Organen.

---

(vgl. Holfeld et al., 2005)