

## Ökologie und Stoffwechselfysiologie

### Tiefstaucher

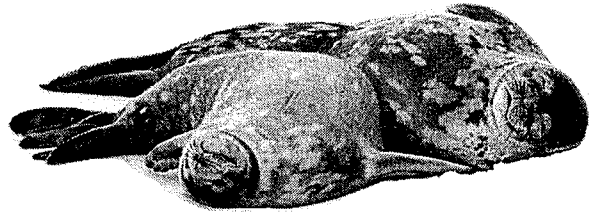
#### Aufgaben

1. Nennen Sie je ein Beispiel für ein ektothermes und ein endothermes Tier und geben Sie die Definitionen der Begriffe an. Nennen Sie je zwei charakteristische Vorteile für beide Arten der Thermoregulation.  
(10 BE)
2. Stellen Sie anhand der Ergebnisse aus Material 2 die Anpasstheit der Weddellrobbe an ihre Lebensweise dar. (Material 1 und 2)  
(14 BE)
3. Geben Sie die Gesamtsummengleichung der Zellatmung an. Beschreiben Sie den Vorgang der Milchsäuregärung (Abbildung 3.1) in einer Muskelzelle pro Molekül Glucose. (Material 3)  
(8 BE)
4. Beschreiben Sie anhand der Abbildungen 3.2 und 3.3 die Veränderungen des Sauerstoff- und Milchsäuregehalts im Blut und in der Muskulatur der Weddellrobbe während eines Tauchganges.  
Erklären Sie diese. (Material 2 und 3)  
(14 BE)
5. Entwickeln Sie eine begründete Hypothese zum Milchsäuregehalt des Blutes direkt nach dem Auftauchen und einige Zeit danach.  
(4 BE)

**Material 1****Leben unter Eis**

Die Weddellrobbe (*Leptonychotes weddelli*) gibt es nur in der Antarktis. Sie ist das am südlichsten lebende Säugetier überhaupt. Die Weddellrobbe gehört mit drei Metern Länge und einem Gewicht von gut 450 Kilogramm zu den größten Hundsrobben.

Die Weddellrobbe ist ein wahrer Tauchkünstler. Über eine Stunde können die Tiere, ohne Atem zu holen, auf Beutejagd gehen und erreichen dabei Tiefen von bis zu 700 Metern. Hier stellen sie vor allem dem 1,5 Meter langen und rund 70 Kilogramm schweren Antarktis-Dorsch bei einer Wassertemperatur von maximal 5° C nach. Bei der Jagd entfernen sich die Weddellrobben oft Kilometer weit von ihrem Atemloch in der geschlossenen Eisdecke, das sie immer wieder mit ihren Zähnen offen halten.



[http://www.spektrum.de/page/fe\\_seiten?article\\_id=612389](http://www.spektrum.de/page/fe_seiten?article_id=612389)  
(abgerufen am 01.03.2013).

**Weddellrobbe**

Bild: <http://animal.memozee.com/view.php?tid=2&did=2869&lang=kr> (abgerufen am 01.03.2013).

**Material 2****Tabelle 2.1****Blutvolumen und Sauerstoffangebot von Mensch und Weddellrobbe**

	Weddellrobbe	Mensch
Blutvolumen [ml/kg Körpergewicht]	148	93
Verfügbarer Sauerstoff im Muskelgewebe (Organismus an der Meeresoberfläche im Ruhezustand) [ml/kg Körpergewicht]	74	14

Fortsetzung Material 2 auf S. 4

## Fortsetzung Material 2

Tabelle 2.2

**Hämatologische Parameter und Myoglobingehalt der Muskulatur von Mensch und Robbe**

Myoglobin bindet Sauerstoff ähnlich wie das Hämoglobin der roten Blutkörperchen. Myoglobin kann Sauerstoff aufnehmen und wieder abgeben und ist der wichtigste Sauerstoffspeicher im Muskelgewebe. Es übernimmt den Sauerstoff vom Hämoglobin aus dem Blut und gibt ihn u.a. am Ort der physiologischen Verbrennungsprozesse in den Muskelzellen wieder ab.

	Weddellrobbe	Mensch
Hämoglobingehalt des Blutes [g/l]	250	ca. 150
Anteil der Blutzellen (vor allem rote Blutkörperchen) am Gesamtblut [%]	57	45
Myoglobinkonzentration [g/kg Muskelgewebe]	50	6

Tabelle 2.3

**Durchblutungsraten verschiedener Organe der Weddellrobbe**

	Leber	Nieren	Gehirn	Muskeln
	Alle Zahlenangaben in [ml/min]			
A) Vor einem Tauchgang	1000	4000	300	8000
B) Während eines 8-12 minütigen Tauchgangs	40	360	300	500

Text 2.4

**Herzschlagfrequenz einer Weddellrobbe beim Tauchen**

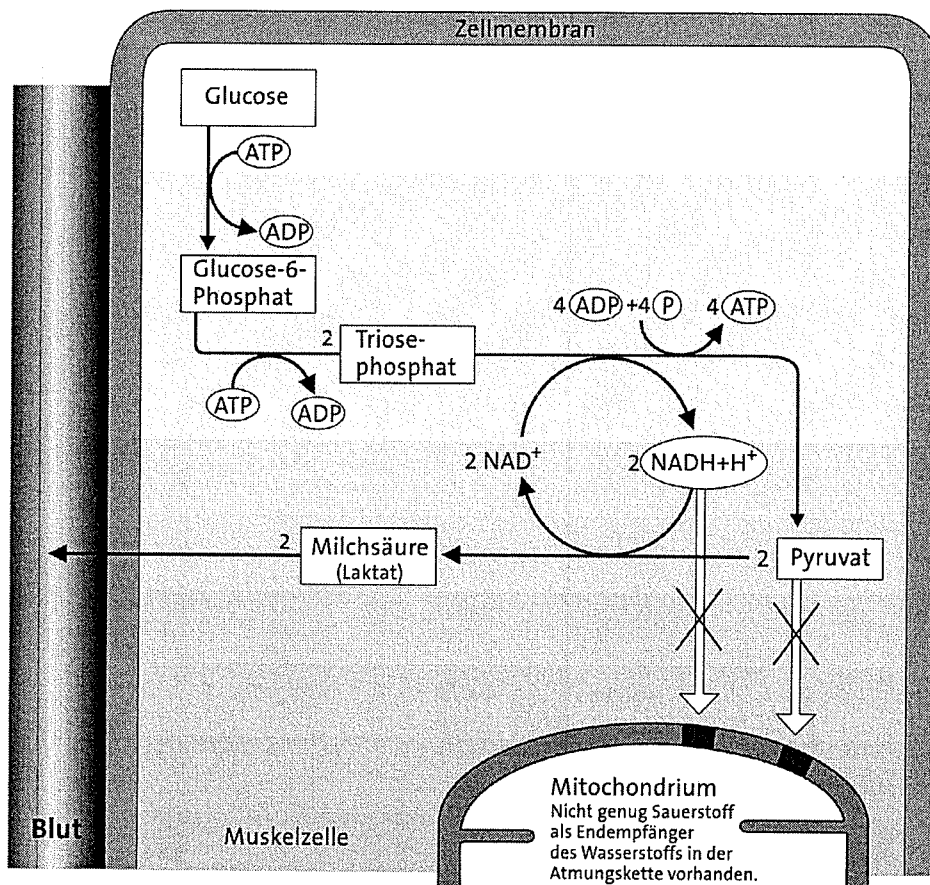
Sobald die Robben abtauchen, sinkt die Herzschlagfrequenz von ca. 150 Schlägen pro Minute auf etwa 20 ab. Der Blutdruck bleibt konstant.

Material 3

Milchsäuregärung

Gärung nennt man die Energiegewinnung durch anaeroben, d.h. ohne Sauerstoffeinwirkung, stattfindenden Abbau organischer Stoffe. Die meisten Gärungen werden nach ihrem Endprodukt benannt, z.B. Milchsäuregärung, bei der Laktat, das Anion der Milchsäure, als Produkt des Energiestoffwechsels entsteht, wenn der Muskel anaerob Energie erzeugen muss. Laktat kann in der Leber aerob abgebaut oder wieder zu Glucose aufgebaut werden.

Abbildung 3.1



Fortsetzung Material 3 siehe S. 6

Fortsetzung Material 3

Die Abbildungen 3.2 und 3.3 zeigen den durchschnittlichen Sauerstoff- und Milchsäuregehalt der Muskulatur und des arteriellen Blutes von Weddellrobben bei einem Tauchgang bei gleicher Temperatur.

Abbildung 3.2  
Sauerstoffgehalt

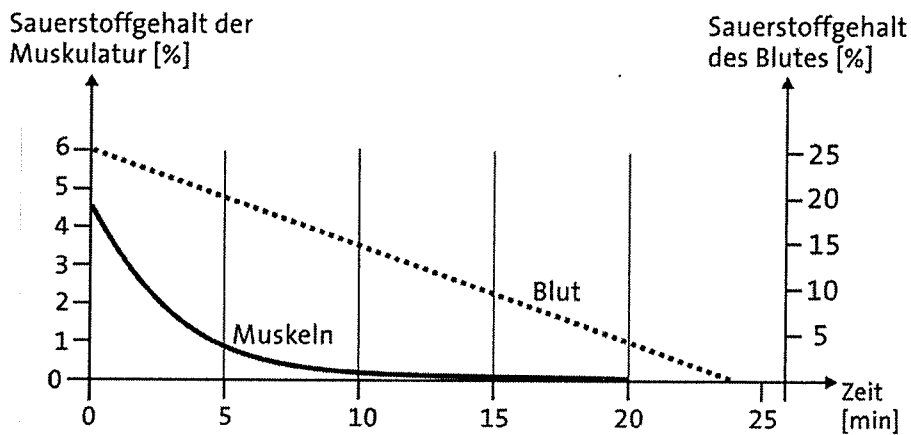
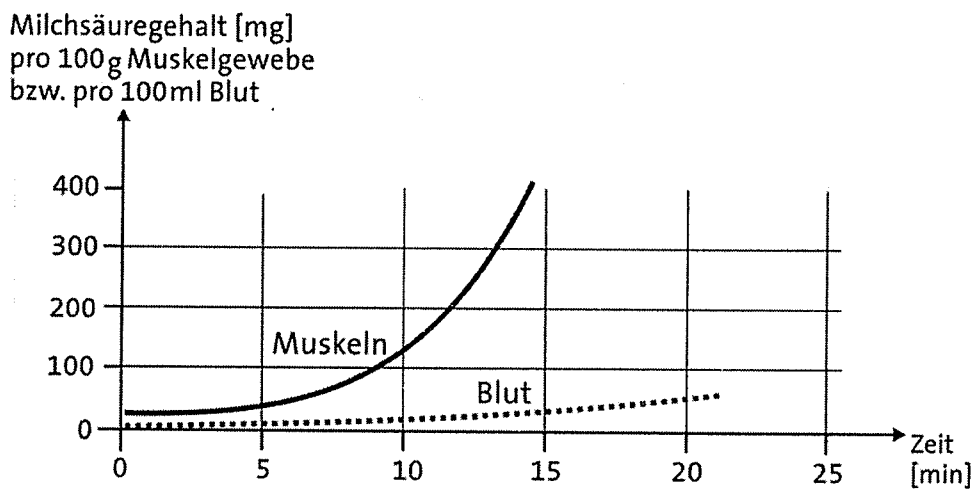


Abbildung 3.3  
Milchsäuregehalt



**I. Erläuterungen****Aufgabenart**

materialgebundene Aufgabenstellung

**Voraussetzungen gemäß Lehrplan und Erlass „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im Landesabitur 2014“ vom 20. Juni 2012****Vorschlag B2**

Q2 Ökologie und Stoffwechselphysiologie

1. Thermoregulation: ektotherm, endotherm
2. Strukturierung von Ökosystemen: Ökologische Nische
3. Übersicht über Stoffwechselzusammenhänge: Zellatmung, Gesamtsummengleichung
4. Siehe 3.
5. Siehe 3.

**II. Lösungshinweise und Bewertungsraster**

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE			
		I	II	III	Σ
1	<u>Benennung je eines Beispiels für ein „ektothermes“ und „endothermes“ Tier</u>  <u>Unterrichtsbezogene Definitionen der Begriffe „ektotherm“ und „endotherm“, z.B.:</u> Ektotherme Tiere gewinnen den größten Teil ihrer Körperwärme aus Wärmequellen, die außerhalb ihres Körpers liegen. Die Körpertemperatur endothermer Tiere geht hauptsächlich auf Wärmeenergie zurück, die durch den eigenen Körperstoffwechsel produziert wird.	2			
	<u>Benennung von je zwei charakteristischen Vorteilen für beide Arten der Thermoregulation:</u>  Vorteile Ektothermie, z.B.: – relativ geringer Energiebedarf, – keine Nahrungssuche im Winter nötig (Kältestarre), – Aufbau körpereigener Reserven (z.B. Fettpolster) nicht notwendig.	2			
	Vorteile Endothermie, z.B.: – Aktivität auch bei niedrigen Außentemperaturen möglich, – auch arktische Regionen sind ganzjährig bewohnbar, – der Toleranzbereich bzgl. des abiotischen Faktors Temperatur ist groß.	2			10

Aufg.	erwartete Leistungen	BE			
		I	II	III	Σ
2	<p><u>Darstellung der Angepasstheit der Weddellrobbe an ihre Lebensweise:</u> Zum Beuteerwerb muss die Weddellrobbe lange unter Wasser tauchen können. Aus diesem Grund besitzt sie Anpassungen, die ihr im Vergleich zum Menschen ein besseres Haushalten mit dem lebenswichtigen Sauerstoff möglich machen: Nach vorliegender Tabelle besitzt die Weddellrobbe ein Blutvolumen, das um 55 ml/kg Körpergewicht größer ist als das beim Menschen. Im Ruhezustand hat die Robbe im Muskelgewebe ca. fünfmal so viel Sauerstoff wie ein Mensch verfügbar. Allein schon diese Werte zeigen, dass Weddellrobben mehr Sauerstoff in ihrem Blut binden und in die Tiefe mitnehmen können als der Mensch. Zudem lassen sich ein fast doppelt so hoher Hämoglobingehalt im Blut und ein um etwa 12% höherer Anteil roter Blutkörperchen feststellen. Diese Werte verdeutlichen ebenfalls die sehr große Sauerstoff-Bindekapazität des Blutes der Weddellrobben. Außerdem kann bei den Robben ein großer Vorrat Sauerstoff an Myoglobingebunden sein, da der Myoglobingehalt im Muskel der Weddellrobbe um mehr als das 8-fache höher ist. Vor einem Tauchgang werden die Muskeln besonders stark durchblutet. Auf diese Weise kann das Myoglobin viel Sauerstoff aufnehmen und speichern. Während eines Tauchgangs der Weddellrobbe bleibt die Durchblutung des Gehirns genauso hoch wie vor einem Tauchgang. Somit bleibt die zentrale Verhaltenssteuerung der Jäger in vollem Umfang auch unter Wasser erhalten. Im Gegensatz dazu reduziert sich die Durchblutung in der Leber auf 1/25, in der Niere auf mehr als 1/11 und in den Muskeln deutlich auf 1/16 der ursprünglichen Versorgung. Die Minderdurchblutung vieler Organe führt auch zu einer Einschränkung in der Sauerstoffversorgung und somit zur Einsparung von Sauerstoff während eines Tauchgangs. Die minderdurchbluteten Muskeln können trotz reduzierter Sauerstoffversorgung Energie bereitstellen, da sie einen O<sub>2</sub>-Vorrat an Myoglobingebunden haben, der während des Tauchgangs genutzt wird. Beim Tauchen setzt eine sehr deutliche Verminderung der Herzschlagfrequenz ein. Auf diese Weise gelangt weniger Sauerstoff zu den Sauerstoffverbrauchern im Körper. Die verlängerte Tauchzeit ermöglicht so eine längere Jagddauer auch in tiefer gelegenen Jagdrevieren.</p> <p>Material 2 basiert auf: Florian Johannes Schweigert: Anpassungen der Meeressäuger an den Lebensraum Wasser. In: Udo Gansloßer: Die unglaublichen Fähigkeiten der Tiere, Fürth, 1999, S. 268. Peter William Hochachka: Diving marine mammals. In: Peter Hochachka (Ed.): Living without oxygen, Harvard (USA), 1980, S. 147. Friedrich Verlag, UB, CD-ROM Atmung &amp; Kreislauf – Äußere Atmung, CD-ROM 2002.</p>		7		
			7		14

Aufg.	erwartete Leistungen	BE			
		I	II	III	Σ
3	<p><u>Unterrichtsbezogene Angabe der Gesamtsummengleichung der Zellatmung, z.B.:</u></p> $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O}$ <p><u>Beschreibung der Milchsäuregärung in einer Muskelzelle:</u> Der Ausgangsstoff der Milchsäuregärung ist ein Molekül Glukose. Glukose wird zunächst unter Spaltung von 2 ATP über Glucose-6-Phosphat zu zwei Molekülen Triosephosphat abgebaut. Im weiteren Verlauf werden aus vier ADP und vier Phosphat insgesamt vier ATP-Moleküle synthetisiert sowie aus zwei <math>\text{NAD}^+</math> zwei <math>\text{NADH} + \text{H}^+</math>. Es entstehen zwei Moleküle Pyruvat. Anschließend werden mit Hilfe von zwei <math>\text{NADH} + \text{H}^+</math> zwei Moleküle Pyruvat zu zwei Molekülen Laktat reduziert.</p> <p>Material 3 basiert auf: Peter Markworth: Sportmedizin. Reinbek, 1998, S. 250, Abb. 5.</p>	2			
4	<p><u>Beschreibung der Veränderung des Sauerstoffgehaltes:</u> Während des Tauchgangs sinkt die Sauerstoffkonzentration im Blut kontinuierlich von 25% auf 0% nach etwa 24 Minuten. Der Sauerstoffgehalt im Muskel sinkt innerhalb der ersten 5 Minuten von ursprünglich etwa 4,5% auf unter 1% und liegt nach 15 Minuten nahe bei 0%.</p> <p><u>Beschreibung der Veränderung des Milchsäuregehaltes:</u> Die Milchsäurekonzentration im Blut steigt zwar kontinuierlich, aber nur gering an und liegt nach etwa 21 Minuten bei etwa 50mg/100ml Blut. Dagegen steigt die Milchsäurekonzentration in den Muskeln exponentiell an und liegt nach etwa 15 Minuten bei 400 mg/100g Muskelgewebe.</p> <p><u>Erklärung:</u> Während des Tauchvorgangs werden die körpereigenen Sauerstoffreserven kontinuierlich aufgebraucht. Da die Muskulatur nur gering durchblutet ist, werden dort in den ersten 5 Minuten vor allem die Sauerstoffreserven verbraucht, die im Muskel überwiegend an Myoglobin reversibel gebunden vorliegen. Daran anschließend erfolgt die muskuläre Energiebereitstellung nur noch über Milchsäuregärung, wodurch die Milchsäurekonzentration im Muskel im Verlauf des Tauchgangs ansteigt. Da die Muskeln nur noch zu etwa 1/16 ihres Normalwertes durchblutet werden, steigt die Milchsäurekonzentration im Blut hingegen kaum bzw. nur sehr langsam an. Aus demselben Grund sinkt der <math>\text{O}_2</math>-Gehalt des Blutes nur langsam ab.</p> <p>Die Abbildungen 3.2 und 3.3 basieren auf: Friedrich Verlag, UB, CD-ROM Atmung &amp; Kreislauf – Äußere Atmung, CD-ROM 2002.</p>	2	2		
		1	3		
				6	14



Aufg.	erwartete Leistungen	BE			
		I	II	III	$\Sigma$
5	<u>Entwicklung einer begründeten Hypothese zum Milchsäuregehalt des Blutes nach dem Auftauchen:</u> Nach dem Auftauchen werden alle Organe, auch die Muskulatur, wieder vollständig durchblutet. Deshalb wird die Milchsäure, die sich in den Muskeln angehäuft hat, abtransportiert und verteilt. Vermutlich wird hierbei der Milchsäuregehalt des Blutes deutlich steigen. Einige Zeit danach wird er vermutlich fallen, da in der Leber die Milchsäure mit dem nach dem Auftauchen wieder vorhandenen Sauerstoff entweder abgebaut oder zu Glucose aufgebaut wird.			4	4
	<b>Summe</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>50</b>

### III. Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt gemäß den Bestimmungen in der OAVO in der jeweils gültigen Fassung, insbesondere §33 OAVO in Verbindung mit den Anlagen 9a und ggf. 9b bis 9f, sowie in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA). Für die Umrechnung von Prozentanteilen der erbrachten Leistungen in Notenpunkte nach §9 Abs. 12 der OAVO gelten die Werte in der Anlage 9a der OAVO. Darüber hinaus sind die Vorgaben des Erlasses „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im Landesabitur 2014“ vom 20. Juni 2012 zu beachten.

Bei der Bewertung und Beurteilung ist auch die Intensität der Bearbeitung zu berücksichtigen. Als Bewertungskriterien dienen über das Inhaltliche hinaus qualitative Merkmale wie Strukturierung, Differenziertheit und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Biologie werden Vorschläge aus den Kategorien A und B vorgelegt, wobei die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung von zwei Vorschlägen aus zwei verschiedenen Kategorien besteht, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass insgesamt 46 BE, ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)**, dass insgesamt 76 BE erreicht werden.

#### Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	10			10
2		14		14
3	2	6		8
4	3	5	6	14
5			4	4
<b>Summe</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>50</b>

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.